

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

А. М. АНДРЕЄВ

**ПІДГОТОВКА
МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ
ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
УЧНІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

Монографія

**ЗАПОРІЖЖЯ
2018**

УДК 378.091.313:37.091.2:53
А 655

Рецензенти:

Атаманчук Петро Сергійович – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри методики викладання фізики і дисциплін технологічної освітньої галузі Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка;

Сосницька Наталя Леонідівна – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету;

Шарко Валентина Дмитрівна – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри фізики та методики її навчання Херсонського державного університету.

Рекомендовано вченою радою Запорізького національного університету
(протокол № 6 від 26.12.2017 р.)

На обкладинці зображені медалі,
якими нагороджені учні – переможці міжнародних конкурсів,
підготовку й наукове керівництво якими здійснював автор монографії.

Андрєєв А. М.

А 655 Підготовка майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі : монографія. Запоріжжя : СТАТУС, 2018. 378 с.

ISBN 978-617-7353-82-VIII

У монографії висвітлено теоретико-методологічні та методичні засади професійної підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання. Розглянуто зміст і структуру поняття «інноваційна діяльність учнів» та визначено психолого-педагогічні засади її організації в навчальному процесі з фізики. Обґрунтовано й описано методичну систему підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі. Представлено авторську технологію, спрямовану на створення умов для прояву учнями інноваційної ініціативи як на уроках, так і в позаурочній роботі з фізики, та орієнтовану на фізичні основи енергозбереження як важливий напрям пошукової діяльності учнів. Наведено результати педагогічного експерименту щодо визначення ефективності запропонованої методичної системи.

Для науковців, викладачів вищих навчальних закладів, учителів і студентів.

УДК 378.091.313:37.091.2:53

ISBN 978-617-7353-82-VIII

© Андрєєв А. М., 2018

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ, МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЗДАТНОСТІ ДО ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ З ФІЗИКИ	27
1.1. Сучасні тенденції розвитку педагогічної освіти в Україні	27
1.2. Інноваційна діяльність у навчанні як важливий напрям сучасної системи освіти	38
1.3. Соціально-економічні аспекти формування здатності до організації інноваційної діяльності учнів у майбутнього вчителя фізики	56
1.4. Методологічні засади формування здатності до інноваційної діяльності в навчанні фізики	65
1.5. Психолого-педагогічні умови організації інноваційної діяльності в навчальному процесі з фізики	83
Висновки до розділу 1	103
РОЗДІЛ 2. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ	105
2.1. Професійна готовність учителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі	105
2.2. Концептуальні засади підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів	117
2.3. Організаційно-педагогічні умови розвитку в майбутніх учителів фізики здатності до організації інноваційної діяльності учнів	130
2.4. Аналіз змістових компонентів інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики	137

2.5. Вимоги до методів, форм і засобів навчання, що уможлиблюють організацію інноваційної діяльності учнів	156
Висновки до розділу 2	169
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ	173
3.1. Структурно-функціональна модель підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів	173
3.2. Методи й прийоми теоретичної підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів	185
3.2.1. Задачний підхід у процесі теоретичної підготовки	185
3.2.2. Метод проблемних ситуацій як реалізація задачного підходу	188
3.3. Методичні особливості підготовки майбутніх учителів фізики до розроблення та проведення лабораторних робіт, що уможлиблюють залучення учнів до інноваційної діяльності	213
3.3.1. Методичне вдосконалення лабораторних робіт з фізики для забезпечення можливості залучення учнів до інноваційної діяльності ...	213
3.3.2. Методичні підходи до організації інноваційної діяльності учнів на лабораторних заняттях з фізики	231
3.4. Формування в майбутніх учителів фізики здатності застосовувати методи й прийоми активізації інноваційної діяльності учнів у навчанні	238
3.4.1. Розвиток здатності до виявлення фізико-технічних проблем та вибору тем для учнівських досліджень	238
3.4.2. Подання теоретичних та експериментальних досліджень учнів у вигляді циклу взаємопов'язаних фізичних задач	251
3.4.3. Використання завдань на конструювання та моделювання в навчальній діяльності учнів	266
3.5. Використання інформаційних технологій у процесі підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів	276
3.5.1. Місце інформаційних технологій у процесі формування	

в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів	276
3.5.2. Методичні особливості використання інформаційних засобів в інноваційній діяльності майбутніх учителів фізики та учнів	288
3.6. Самостійна навчальна діяльність студентів як необхідна складова методичної системи їх підготовки до організації інноваційної діяльності учнів	306
Висновки до розділу 3	322
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ (НА ПРИКЛАДІ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У СФЕРІ ФІЗИЧНИХ ОСНОВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ)	326
4.1. Фізичні основи енергозбереження як важливий напрям інноваційної діяльності	326
4.2. Методичні особливості підготовки учнів до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження	338
4.2.1. Передумови ефективного використання матеріалу з енергозбереження в навчальному процесі з фізики	338
4.2.2. Методи й організаційні форми навчання, що сприяють підготовці учнів до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження	346
4.2.3. Навчальні засоби для теоретичної підготовки учнів до інноваційної діяльності з фізичних основ енергозбереження	362
4.3. Особливості створення навчального середовища для формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів	378
4.3.1. Навчально-наукова лабораторія енергоефективності та енергозбереження як полігон для організації інноваційної діяльності ...	378
4.3.2. Методичні особливості організації інноваційної діяльності лабораторії в контексті професійної підготовки майбутніх	

учителів фізики	382
4.4. Особливості організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики	393
4.4.1. Навчальна програма для організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики	393
4.4.2. Розвиток інноваційної діяльності учнів у процесі підготовки до всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсів	404
4.4.3. Складові успішного представлення учнями інноваційних розробок на всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсах	418
4.5. Створення дидактичних засобів у процесі інноваційної діяльності учнів та особливості їх упровадження в навчальний процес з фізики	424
4.5.1. Навчально-пізнавальні задачі для активізації інноваційної діяльності учнів при вивченні фізики	424
4.5.2. Нові демонстраційні пристрої та особливості їх використання в навчальному процесі з фізики	429
Висновки до розділу 4	460
РОЗДІЛ 5. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ	465
5.1. Організація педагогічного експерименту та особливості проведення його констатувального етапу	465
5.2. Особливості проведення пошукового етапу педагогічного експерименту	469
5.2.1. Запровадження навчальної дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» у процес підготовки майбутніх учителів	470
5.2.2. Діагностичний інструментарій для з'ясування рівня сформованості у студентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів з фізики	474
5.2.3. Апробація авторської технології організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики	478

5.3. Організація та аналіз результатів формувального етапу педагогічного експерименту	496
Висновки до розділу 5	516
ВИСНОВКИ	519
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	525
ДОДАТКИ	573

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВНЗ – вищий навчальний заклад

ЄС – Європейський Союз

ЗНУ – Запорізький національний університет

МАН України – Мала академія наук України

МОН України – Міністерство освіти і науки України

MOODLE (Moodle) – навчальна платформа Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (модульне об'єктно-орієнтоване динамічне середовище)

НМКД – навчально-методичний комплекс дисципліни

ВСТУП

Актуальність теми. У Законі України «Про освіту» наголошується на тому, що головною метою сучасної освіти є «... всебічний розвиток людини як особистості та найвищої цінності суспільства, її талантів, інтелектуальних, творчих і фізичних здібностей, формування цінностей і необхідних для успішної самореалізації компетентностей, виховання відповідальних громадян, які здатні до свідомого суспільного вибору та спрямування своєї діяльності на користь іншим людям і суспільству, збагачення на цій основі інтелектуального, економічного, творчого, культурного потенціалу Українського народу, підвищення освітнього рівня громадян задля забезпечення сталого розвитку України та її європейського вибору» [311]. Досягнення цієї мети відбувається в умовах інтеграції освітньої галузі України в Європейський освітній простір, а також із урахуванням тенденцій розвитку науки й техніки, високих темпів поширення інформаційних технологій у різних сферах людської діяльності, постійно оновлюваних реалій суспільного буття. Саме це й зумовлює зміни в сучасній системі освіти. Їй дедалі більше властива перспективна спрямованість, що передбачає перенесення акценту в навчанні з того, що існує зараз, на те, що буде в майбутньому. Реалізація цієї тенденції потребує розв'язання низки завдань:

- пошук ефективних методів мотивування молоді до самоосвіти й самореалізації;
- створення умов для розвитку в учнів і студентів здібностей до вияву інноваційної ініціативи в навчанні та в подальшій професійній діяльності;
- виховання готовності до освоєння та впровадження наукоємних технологій, нових джерел інформації та зв'язку;
- засвоєння нових норм поведінки та діяльності, що відповідали б гармонійній взаємодії людини з природою й суспільством, враховували б сучасні вимоги до раціонального природокористування тощо.

Окреслені завдання мають враховуватися у процесі фахової підготовки майбутніх учителів у вищих навчальних закладах (ВНЗ). І певні передумови для цього вже закладені в сучасній системі вищої освіти. У Законі України «Про вищу освіту» [306] вказано, що обов'язковою складовою освітньої діяльності у ВНЗ є наукова, науково-технічна та інноваційна діяльність, мета якої, серед іншого, – підготовка *фахівців інноваційного типу*, а її основними завданнями є формування сучасного наукового кадрового потенціалу, здатного забезпечити створення та впровадження інноваційних наукових розробок. Важливі напрями державної політики в науковій і науково-технічній діяльності відображені в Законі України «Про наукову і науково-технічну діяльність» [310]. Це, зокрема:

- створення сучасної наукової інфраструктури й системи інформаційного забезпечення наукової та науково-технічної діяльності, інтеграція освіти, науки й виробництва;
- підвищення престижності наукової та науково-технічної діяльності, підтримка й заохочення молодих вчених;
- стимулювання наукової та науково-технічної творчості, винахідництва;
- пропагування наукових і науково-технічних досягнень, винаходів, нових сучасних технологій, внеску України в розвиток світової науки й техніки.

Важлива роль у формуванні в молоді здатності до *інноваційної діяльності* належить *навчальному процесу з фізики* в загальноосвітніх навчальних закладах, оскільки, по-перше, саме середню освіту отримує майже кожна людина, і, по-друге, якраз фізика є теоретичною основою техніки й у системі середньої освіти – обов'язковий навчальний предмет.

Запровадження елементів інноваційної діяльності в навчальний процес з фізики потребує від сучасного вчителя багатьох навичок, умінь, стилю мислення, відмінних від попередньо набутих. А це передбачає модернізацію цілей, змісту, форм, методів і засобів професійної підготовки майбутнього вчителя.

Проблема розвитку творчого потенціалу особистості, активізації її творчого мислення досліджувалася відомими вітчизняними й закордонними вченими. Філософські аспекти цієї проблеми вивчали П. Ф. Кравчук [210], К. К. Платонов [292], О. К. Чаплигін [234; 413] та інші. Психолого-педагогічні – В. І. Андрєєв [50; 51], Д. Б. Богоявленська [85], Л. С. Виготський [117; 118], В. М. Дружинін [154], Д. Дьюї [155], В. В. Клименко [194], А. Коста (Arthur L. Costa) [447], В. О. Моляко [180], П. Я. Пономарьов [298], В. А. Роменець [328], С. Л. Рубінштейн [330], Д. Халперн (Diane F. Halpern) [449], В. Е. Чудновський [416; 417], В. С. Юркевич [417; 438] та багато інших.

Питання, присвячені розвитку творчих здібностей майбутніх фахівців, формуванню їх інноваційного стилю мислення, а також загальним засадам педагогічної інноватики, розглядали В. І. Андрєєв [50], М. М. Анісімов [53], І. Д. Бех [72], Л. І. Даниленко [145], І. М. Дичківська [151], В. В. Докучаєва [153], М. Д. Дяченко [156], І. А. Зязюн [287], Т. М. Ковальова [196], С. М. Ніколаєнко [268], М. М. Поташник [300], В. О. Сластьонін [357], Т. І. Сущенко [379], А. В. Хуторської [407; 412], Н. Р. Юсуфбекова [439; 440] та інші.

Проблемі формування в майбутніх учителів готовності до використання інноваційних методів у подальшій професійній діяльності, а також питанням їх фахової підготовки до організації навчально-пізнавальної діяльності учнів присвячені докторські дисертації М. Ю. Вайндорф-Сисоєвої [97], І. В. Гавриш [120], Ю. І. Завалевського [169], М. К. Курманова [223], Л. С. Подимової [295], С. О. Сисоєвої [351], М. М. Солдатенка [364], М. Г. Чобітька [415], О. І. Шапран [418] та інших, а також кандидатські дисертації О. Ф. Балакірева [67], І. Б. Бєлявської [70], О. М. Гнезділової [129], Т. М. Іванової [186], Н. І. Клокар [195], О. Г. Козлової [198], О. В. Кузнецової [221], Н. В. Неводніченко [266], Н. І. Раїтіної [321] та інших.

Фаховій підготовці майбутнього вчителя фізики приділено значну увагу вченими-методистами. Теоретико-методологічні аспекти цієї проблеми було розроблено О. І. Бугайовим [89], С. У. Гончаренком [130–132], О. І. Ляшенком

[235; 237], О. В. Сергєєвим [346–348]. Проблему підготовки майбутнього вчителя фізики до впровадження інноваційних технологій навчання та здійснення інноваційної методичної діяльності досліджували П. С. Атаманчук [58; 59], В. О. Бєлянїн [71], О. І. Іваницький [182–184], О. А. Крисанова [219; 220], Н. Л. Сосницька [66; 367], І. І. Хініч [405]. Удосконаленню методичної системи експериментальної підготовки майбутніх учителів фізики, яка передбачає поєднання традиційних та інноваційних форм організації навчального процесу, методів і засобів навчання, присвячені дослідження В. В. Мендерецького [251; 252], М. В. Калачова [191]. Методична підготовка вчителя фізики, що сприяє реалізації інноваційної спрямованості його фахової діяльності, була предметом дослідження В. Ф. Заболотного [167; 168], В. Д. Шарко [420; 423]. Питанням фундаментальної фахової підготовки вчителя фізики були присвячені дослідження І. Т. Богданова [83], Г. Ф. Бушка [96], А. В. Касперського [192], В. І. Коломіна [199], В. П. Сергієнка [344; 345], Б. А. Суся [375; 377], М. І. Шута [232; 377; 432; 434]. Дослідженням змісту й структури фізичної освіти займалися Л. Ю. Благодаренко [80], Б. Є. Будний [90], М. Т. Мартинюк [245], М. І. Садовий [339] та інші.

Вітчизняними й закордонними вченими-методистами зроблено значний внесок у розв'язання проблеми організації творчої пізнавальної діяльності учнів, активізації їх творчого мислення у процесі навчання фізики. А. А. Давиденко [140; 143] запропонував методичну систему розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики на основі моделі повного циклу творчості. Теоретико-методичні засади роботи з інтелектуально обдарованою учнівською та студентською молоддю, а також відповідну методичну систему навчання фізики запропоновано Б. Г. Кремінським [216; 217]. Дослідженню творчої діяльності учнів присвячені праці В. Г. Разумовського [318; 319]. Проблема розвитку креативності учнів у процесі навчання фізики знайшла своє відображення в наукових працях Р. І. Швай [426; 427], у яких, зокрема, розроблено модель навчання фізики з застосуванням тренінгів творчості як педагогічної технології.

Активізації та розвитку навчально-пізнавальної діяльності учнів у навчанні фізики присвячені дослідження П. С. Атаманчука [59] (дидактична система управління цією діяльністю), І. В. Бургун [92; 93] (розвиток навчально-пізнавальних компетенцій учнів у навчанні фізики), Р. В. Гуріної [139] (підготовка учнів до професійної діяльності в галузі фізики), А. І. Павленка [281] (навчання учнів складання й розв'язування фізичних задач), С. Б. Рижикова [335] (розвиток дослідницьких здібностей обдарованих школярів); розвитку системи навчального фізичного експерименту – дослідження С. П. Величка [99], В. П. Вовкотруба [113], Є. В. Коршака [207], О. А. Румбешти [332] та інших.

Різним аспектам організації дослідницької роботи учнів, розвитку їх творчих здібностей та питанням активізації технічної творчості школярів у процесі навчання фізики були присвячені кандидатські дисертації О. О. Белошицького [73], С. Ю. Білоус [76], М. А. Віднічука [109], Ю. М. Галатюка [121], В. В. Іллюшка [187], Г. О. Котельнікова [208], Р. П. Кухарчука [224], Н. І. Поліхун [296], А. В. Рибалка [324] та багатьох інших. Методичні підходи, методи, прийоми та організаційні форми навчання фізики, розроблені в цих дослідженнях, можна використовувати для організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі.

Усі ці дослідження сприяли інноваційним змінам у професійній підготовці майбутніх учителів, широкому впровадженню системного, діяльнісного, особистісно орієнтованого, акмеологічного, компетентнісного та інших підходів до процесу фахової підготовки майбутніх учителів фізики. Разом із цим на сьогодні бракує робіт, що присвячені їх підготовці до здійснення інноваційної освітньої діяльності. Зокрема, малодослідженою залишається проблема формування в майбутніх учителів фізики професійної готовності до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі.

Вивчення широкого спектру психолого-педагогічних та методичних публікацій щодо досвіду підготовки вчителів фізики у ВНЗ і наші попередні дослідження свідчать про те, що студенти – майбутні вчителі фізики, а також ті,

хто вже розпочав свою педагогічну діяльність, мають недостатній рівень підготовки (або є зовсім не підготовленими) до організації в навчальному процесі з фізики учнівської пізнавальної діяльності, яка мала б ознаки інноваційної.

Аналіз психолого-педагогічної, науково-методичної, нормативно-правової літератури, вивчення передового педагогічного досвіду дозволили нам зробити висновок про наявність *суперечностей* між:

- потребами суспільства в особистостях, які здатні до інноваційної діяльності та творчого мислення у процесі розв'язання професійних завдань і життєвих проблем та відсутністю належних умов для прояву інноваційної ініціативи в реальному навчальному процесі як у школі, так і у ВНЗ;

- важливістю залучення учнівської молоді до інноваційної діяльності у процесі навчання фізики та низьким рівнем фахової підготовки вчителів до організації такої діяльності;

- необхідністю набуття майбутніми вчителями досвіду інноваційної діяльності й здатності її організації у процесі навчання учнів фізики в школі та недостатнім рівнем розробленості відповідного теоретичного та навчально-методичного забезпечення процесу фахової підготовки студентів – майбутніх учителів фізики;

- потребою врахування рівня індивідуального пізнавального розвитку особистості у процесі формування в неї здібностей до інноваційної діяльності й педагогічної підтримки розвитку її творчого потенціалу та традиційними підходами в навчанні, що не в усьому задовольняють цю умову.

Крім того, у сучасній методичній науці залишаються майже не розробленими питання, пов'язані з організацією різних форм залучення учнів до *практичної* (а тим більше до такої, що має ознаки інноваційної) діяльності за конкретними фізико-технічними напрямками. Прикладами актуальних напрямків практичного залучення учнів є природоохоронна та природодослідницька діяльність (насамперед, пов'язана з фізичними основами енергозбереження та екологічною інженерією). Під час наших попередніх

досліджень встановлено, що саме діяльність, присвячена розв'язанню актуальних фізико-технічних проблем, не лише сприяє формуванню в учнів нових знань і вмінь у відповідній сфері застосування фізики, але й створює сприятливі передумови для формування в них сучасного світогляду та активної життєвої позиції (зокрема, щодо заощадливого використання енергетичних ресурсів, дбайливого ставлення до природи), а також сприяє підготовці в майбутньому кваліфікованих кадрів, які здатні освоювати наявні та створювати власні розробки в різних галузях науки й техніки.

Усунення наведених суперечностей обумовлює необхідність проведення спеціального дослідження, пов'язаного з теоретичним обґрунтуванням та емпіричною перевіркою теоретичних і методичних засад цілеспрямованої підготовки майбутніх учителів фізики, що має на меті сформувати в них готовність до організації інноваційної діяльності учнів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема цього дослідження пов'язана з реалізацією основних положень Законів України «Про освіту» (2017), «Про загальну середню освіту» (1999), «Про вищу освіту» (2014), «Про наукову і науково-технічну діяльність» (2015), Концепції реформування державної політики в інноваційній сфері (2015), Концепції нової української школи (2017), а також освітніх вимог Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти.

Робота виконана відповідно до тематичного плану наукових досліджень кафедри фізики та методики її викладання Запорізького національного університету (ЗНУ). Окремі частини монографії ґрунтуються та є логічним продовженням досліджень, проведених у межах держбюджетних тем «Акмеологічний підхід до професійної підготовки майбутнього вчителя» (номер державної реєстрації 0109У002527) та «Теоретико-методичні основи розробки й застосування інноваційного інформаційно-освітнього середовища у професійній підготовці майбутнього вчителя фізики» (номер державної реєстрації 0112U003065) (автор був співрозробником цих тем).

Мета й завдання дослідження. Мета дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні, дидактичному забезпеченні та експериментальній перевірці ефективності методичної системи підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання:

1. З'ясувати стан розробленості проблеми організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики, а також проблеми фахової підготовки майбутніх учителів фізики до організації такої діяльності, з метою виділення проблем, що потребують розв'язання.

2. Визначити зміст і структуру поняття «інноваційна діяльність учнів» та психолого-педагогічні засади організації учнівської інноваційної діяльності в навчальному процесі з фізики.

3. Обґрунтувати теоретичні засади підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання. Визначити структуру й зміст поняття «готовність вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів», встановити рівні, критерії та показники цієї готовності.

4. Обґрунтувати науково-методичні та організаційні засади й розробити методичну систему підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання.

5. Розробити технологію організації інноваційної діяльності учнів у процесі навчання фізики, що ґрунтується на системному, діяльнісному й компетентнісному підходах і становить собою узгоджене поєднання форм, методів і засобів навчання на інноваційній основі (на прикладі учнівської пізнавальної діяльності у сфері енергозбереження).

6. Експериментально перевірити ефективність розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання.

Об'єкт дослідження – процес фахової підготовки майбутнього вчителя фізики.

Предмет дослідження – теоретичні та методичні засади підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі.

Концепція дослідження ґрунтується на осмисленні процесу підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів, що є важливим компонентом сучасної професійної освіти, оскільки дозволяє сформувати вчителя як конкурентоспроможного фахівця, здатного до творчої педагогічної діяльності.

Головною концептуальною ідеєю дослідження є положення про те, що цілеспрямована підготовка майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі є передумовою ефективної творчої роботи вчителя в закладах загальної середньої та позашкільної освіти, сприяє його подальшому професійному саморозвитку та розвиває в нього здатність до формування в учнів творчих здібностей. Концепція дослідження ґрунтується на двох взаємопов'язаних концептах – методологічному й теоретичному, які забезпечують реалізацію головної ідеї дослідження.

Методологічний концепт містить філософські ідеї та положення (насамперед, про діяльність як спосіб людського буття, про особистість як суб'єкт діяльності й відносин; філософські аспекти творчості та формування творчого потенціалу особистості); дидактичні підходи:

- системний підхід – як методологічний напрям пізнання системних об'єктів, що передбачає розгляд об'єкту дослідження як системи, розкриття його цілісності та виявлення різних зв'язків у ньому – був методологічною базою у процесі побудови структурно-функціональної моделі підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів, а також під час визначення концептуальних засад здійснення цієї підготовки;

- діяльнісний підхід – згідно з яким продуктивне засвоєння знань, розвиток психічних процесів у людини, формування її особистісних якостей (розумових, емоційних, вольових), розвиток здібностей відбувається у процесі активної діяльності – обумовив розроблення авторської технології організації

інноваційної діяльності учнів у процесі навчання фізики (зокрема, створення навчального середовища для формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів; дослідження методичних особливостей організації цієї діяльності на уроках з фізики та в позаурочній роботі);

– компетентнісний підхід – що спрямовує освітній процес на формування в молодій людини здатності практично діяти, розв’язувати проблеми в різних сферах життєдіяльності, використовуючи власний досвід – було враховано під час дослідження професійної готовності вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі, а також на етапі виявлення організаційно-педагогічних умов формування у студентів цієї готовності;

– особистісно орієнтований підхід – що забезпечує таку організацію взаємодії учнів і вчителів, за якої створюються сприятливі умови для розвитку у школярів здатності до самоосвіти, самовизначення, самостійності й самореалізації – було враховано під час розроблення організаційно-методичного забезпечення процесу формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів, а також під час розроблення методів, форм і засобів навчання, що уможлиблюють організацію інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики (зокрема авторських форм позаурочної роботи учнів);

– акмеологічний підхід – що передбачає вивчення особистості як цілісного феномена в єдності її суттєвих сторін, в орієнтації людини на постійний саморозвиток і самовдосконалення – обумовив дослідження самостійної діяльності майбутніх учителів фізики, що є важливою складовою методичної системи їх підготовки до організації інноваційної діяльності учнів;

– аксіологічний підхід – що розглядає цінності як основу цілепокладання у діяльності людини – обумовив доцільність спрямування в авторській технології організаційних форм та змісту інноваційної діяльності учнів у

навчальному процесі з фізики на вивчення та розв'язання актуальних проблем сьогодення (зокрема, енергозбереження та екологічних проблем).

Теоретичний концепт визначає сукупність наукових ідей, положень та понять, що пояснюють суть досліджуваної проблеми. Насамперед, це ідеї модернізації освіти в контексті реалізації стратегії сталого розвитку, основні положення й поняття теорій педагогічної діяльності та освіти, педагогічної інноватики, теорії та методики навчання фізики, концептуальні положення сучасних теорій творчості та методик розвитку творчих здібностей у навчанні фізики, концепція гуманізації освіти, положення й вимоги щодо освіти, які відображені в державних нормативно-правових документах.

Теоретичний концепт конкретизує вихідні положення дослідження:

- здійснення цілеспрямованої підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів потребує внесення доповнень у професійну модель учителя, що мають враховувати інноваційний характер його професійної діяльності;

- формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів має носити цілісний характер, що передбачає запровадження у методичній системі професійної підготовки студентів методів, організаційних форм і засобів, що спрямовані на формування цієї готовності в єдності її психологічного, теоретичного та практичного компонентів;

- технологічна підготовка майбутніх учителів фізики до організації учнівської інноваційної діяльності має бути спрямована на формування в них цілісної системи методичних знань і вмінь, вона має сприяти цілеспрямованому формуванню у студентів елементів авторської системи діяльності, прискорювати психологічну адаптацію до ролі вчителя фізики, а також сприяти розвитку в них здатності до використання і створення освітніх інновацій, що уможлиблюють залучення учнів до інноваційної діяльності у навчанні фізики;

- передумовою набуття майбутніми вчителями фізики досвіду здійснення інноваційної діяльності у процесі фахової підготовки в університеті (зокрема досвіду організації інноваційної діяльності учнів з фізики) є створення

освітнього середовища, яке уможлиблювало б запровадження організаційних форм навчання, що сприяють продуктивній діяльності студентів (зокрема, науково-дослідної та інноваційної); спрямовують їх до створення авторських технологій навчання, формують їх індивідуальний стиль роботи з учнями;

– здатність до здійснення інноваційної діяльності, що притаманна кожному учневі, потрібно розвивати у процесі навчання (зокрема, фізики), створюючи для цього організаційно-педагогічні умови (які досягаються шляхом використання спеціальних методів, засобів, організаційних форм з відповідним змістовим наповненням).

В основу дослідження покладено **загальну гіпотезу**: рівень фахової підготовки майбутніх учителів фізики підвищиться за умови цілеспрямованого використання теоретично обґрунтованої й розробленої методичної системи їх підготовки до організації інноваційної діяльності учнів, що містить цілі, зміст, форми, методи й засоби цієї підготовки та забезпечує підвищення рівня пізнавальної активності учнів у процесі навчання фізики, сприяє розвитку їх творчих здібностей, а також створює умови для подальшої самоосвіти та самостійного наукового пізнання.

Для досягнення поставленої мети і розв’язання завдань були використані наступні **методи дослідження**.

Теоретичні – системний аналіз, порівняння, узагальнення даних філософської, психолого-педагогічної та науково-методичної літератури, дисертаційних робіт та авторефератів, монографій, навчальних планів, програм (для виявлення стану розробленості досліджуваної проблеми, формулювання завдань дослідження, висування його гіпотези та побудови психолого-педагогічного підґрунтя запропонованого підходу); класифікація, систематизація (з метою визначення поняттєво-категоріального апарату дослідження), аналіз власної педагогічної діяльності та моделювання процесу підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі (для розробки відповідної методичної системи фахової підготовки майбутніх учителів).

Емпіричні – спостереження за процесом навчання майбутніх учителів фізики та навчальним процесом з фізики в загальноосвітніх навчальних закладах (для отримання вихідних даних щодо підготовки вчителів до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики, для з'ясування особливостей (зокрема, змісту й структури) цієї діяльності, а також для отримання інформації про хід експериментального навчання); дидактичні опитування, бесіди зі студентами, вчителями та учнями шкіл, зокрема таких, де фізика є профільюючим предметом (для з'ясування проблем, що виникають у процесі організації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики, а також для розробки відповідних організаційних форм, методів і засобів навчання); педагогічний експеримент у різних формах (для аналізу стану розглядуваної проблеми та апробації окремих елементів запропонованої автором методичної системи підготовки майбутніх учителів); якісний та кількісний аналіз результатів педагогічного експерименту (для підтвердження гіпотези дослідження та доведення ефективності запропонованої методичної системи підготовки майбутніх учителів до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики, а також для доведення дієвості авторської технології організації цієї діяльності).

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

➤ *уперше обґрунтовано* теоретичні засади підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі; *запропоновано* методичну систему підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання, у якій загальнодидактичні підходи доповнені задачним підходом та принципами підсилення ролі самостійної навчальної діяльності студентів, забезпечення її виходу на продуктивний рівень, наближення форм організації діяльності студентів у процесі їх професійної підготовки до форм майбутньої педагогічної діяльності; *розроблено* технологію організації інноваційної діяльності учнів у процесі навчання фізики, що становить собою узгоджене поєднання форм, методів і засобів навчання, які уможливають прояв інноваційної ініціативи

учнів як на уроках, так і в позаурочній роботі з фізики, та використовує фізичні основи енергозбереження як важливий напрям пошукової діяльності учнів; *визначено* структуру й зміст понять «інноваційна діяльність учнів» як різновиду їх навчально-пізнавальної діяльності, «готовність учителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів», встановлено рівні, критерії та показники цієї готовності; *запропоновано* психолого-педагогічні засади організації учнівської інноваційної діяльності в навчальному процесі з фізики;

➤ *удосконалено* процес фахової підготовки майбутніх учителів фізики шляхом використання методичних засад формування в них готовності до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання; способи відбору й використання фізичних задач, що сприяють підготовці учнів до інноваційної діяльності в навчанні фізики;

➤ *дістали подальшого розвитку* форми, методи та прийоми організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики (зокрема, у процесі вивчення фізичних основ енергозбереження), а також дидактичні засоби (зокрема, демонстраційні пристрої, система дидактичних завдань, програмні засоби), що спрямовують учнів до інноваційного пошуку.

Практичне значення одержаних результатів визначається таким:

- розроблено та впроваджено у процес професійної підготовки майбутніх учителів фізики методiku їх підготовки до організації інноваційної діяльності учнів у процесі навчання;
- підготовлено та впроваджено у процес підготовки майбутніх учителів фізики навчальний посібник «Фізика. Лабораторні роботи з творчими завданнями» (гриф Міністерства освіти і науки України (МОН України) «Рекомендовано», лист № 1/11-9544 від 05.06.2013), що містить цикл лабораторних робіт, а також дидактичні матеріали (творчі задачі винахідницького, експериментального та конструкторського характеру), що сприяють організації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики (зокрема в позаурочній роботі);

- розроблено та впроваджено у процес професійної підготовки майбутніх учителів фізики та у процес навчання фізики учнів загальноосвітньої школи вимірювальні та демонстраційні пристрої (інноваційні продукти, створені у співавторстві зі студентами й учнями експериментальної групи), що сприяють організації практичної діяльності студентів і учнів. Серед них: анемометр (патент України № 43782); пристрій для демонстрації перетворення енергії (патент України № 85622); пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну (патент України № 78031); система опалення (патент України № 91992); хвильова енергетична установка (патент України № 59023); демонстраційний магазин опорів (патент України № 44726); рідинна самоцентруюча опора (патент України № 82979).

- створено та впроваджено у процес фахової підготовки майбутніх учителів фізики інноваційну структуру – «Навчально-наукову лабораторію енергоефективності та енергозбереження» (структурний науковий підрозділ ЗНУ), що провадить не лише науково-практичну діяльність у сфері заощадження енергетичних ресурсів, але й функціонує як експериментальний майданчик для залучення студентів-фізиків та учнів до інноваційної діяльності, яка пов'язана з фізичними основами енергозбереження;

- розроблено та впроваджено у ЗНУ авторський спецкурс «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики», що є стрижневим елементом розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів;

- розроблено навчальну програму з позашкільної освіти науково-технічного напрямку «Підготовка учнів до інноваційної діяльності (на матеріалі фізики)», яка є основою для організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики;

- запроваджено в педагогічну практику такі нові форми позаурочної роботи учнів з фізики як *Обласний конкурс юних фізиків для учнів професійно-технічних навчальних закладів* (Запорізька область) та *Міський конкурс творчих робіт з удосконалення фізичного демонстраційного експерименту*

(м. Запоріжжя), метою яких є розвиток творчих здібностей учнів, набуття ними досвіду інноваційної діяльності, популяризація знань з фізики.

Основні положення та результати дослідження **впроваджено** в освітній процес ЗНУ (довідка № 01.01-14/173 від 04.12.2017 р.), Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (довідка № 4/18 від 23.01.2018), Бердянського державного педагогічного університету (довідка № 54-08/105 від 24.01.2018 р.), Криворізького державного педагогічного університету (довідка № 09/1-23/3 від 18.01.2018 р.), Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (довідка № 67/01 від 16.01.2018 р.), **Херсонського державного університету (довідка № від)**, а також у навчально-виховний процес закладів загальної середньої та позашкільної освіти м. Запоріжжя та Запорізької області (довідка Комунального закладу «Запорізький обласний центр науково-технічної творчості учнівської молоді «Грані» Запорізької обласної ради № 173 від 26.12.2017; **довідка ...**).

Апробація результатів дослідження. Основні положення й результати дослідження оприлюднювалися та обговорювалися на наукових, науково-практичних та науково-методичних конференціях:

– *міжнародних*: «Новий час. Сталий розвиток під час змін» (м. Севастополь, 2009 р.); «Запоріжжя – минуле і сьогодення. Перспективи та пріоритети розвитку» (м. Запоріжжя, 2009 р.); «Особистість в єдиному освітньому просторі» (м. Запоріжжя, 2011 р.); «Формування професійних компетентностей майбутніх учителів фізико-технологічного профілю в умовах євроінтеграції» (м. Кам'янець-Подільський, 2010 р.); «Інноваційні процеси в освітньому просторі: доступність, ефективність, якість» (м. Луганськ, 2012 р.); «Інновації в навчанні фізики: національний та міжнародний досвід» (м. Кам'янець-Подільський, 2012 р.); «Актуальні проблеми природничо-математичної освіти в середній і вищій школі», (м. Херсон, 2012 р.); «Засоби і технології сучасного навчального середовища» (м. Кіровоград, 2013 р.); «Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю» (м. Кам'янець-Подільський, 2013 р.);

«Підвищення ефективності навчання фізики через поєднання різних форм і методів» (м. Чернігів, 2013 р.); «Патріотичне виховання громадян в умовах інтеграційних процесів» (м. Запоріжжя, 2013 р.); «Сучасні тенденції навчання фізики в загальноосвітній та вищій школі» (м. Кіровоград, 2015 р.); «Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технологічних спеціальностей» (м. Кам'янець-Подільський, 2016 р.); «Проблеми та інновації в природничо-математичній, технологічній і професійній освіті» (м. Кропивницький, 2017 р.); «Теоретичні і практичні основи управління процесами компетентнісного становлення майбутнього вчителя фізико-технологічного профілю» (м. Кам'янець-Подільський, 2017 р.);

– *всукраїнських*: «Засоби і технології сучасного навчального середовища» (м. Кіровоград, 2008–2010 рр.); «Чернігівські методичні читання з фізики» (м. Чернігів, 2008–2010; 2012; 2016; 2017 рр.); «Енергоефективні університети» (м. Запоріжжя, 2010 р.); «Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців-педагогів у природничій та технологічній галузях» (м. Бердянськ, 2013 р.); «Розвиток сучасної природничо-математичної освіти: реалії, проблеми якості, інновації» (м. Запоріжжя, 2013 р.); «Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців-педагогів у природничій, технологічній і комп'ютерній галузях» (м. Бердянськ, 2017 р.);

– *щорічних звітних наукових конференцій* викладачів, докторантів та аспірантів ЗНУ (м. Запоріжжя, 2008–2017 рр.).



Слова глибокої вдячності автор висловлює своєму науковому консультанту О. І. Іваницькому, доктору педагогічних наук, професору, завідувачу кафедри фізики та методики її викладання ЗНУ за всебічну допомогу в проведенні дослідження та за професійні поради у процесі підготовки монографії. Велике значення для автора мав творчий вплив наукових наставників – Ю. П. Мінаєва,

кандидата фізико-математичних наук, професора кафедри фізики та методики її викладання ЗНУ та О. Ю. Осипова, кандидата фізико-математичних наук, колишнього декана фізичного факультету ЗНУ. Автор щиро вдячний їм за допомогу та неоціненний досвід, отриманий у процесі спілкування.

Автор дякує рецензентам – П. С. Атаманчуку, доктору педагогічних наук, професору, завідувачу кафедри методики викладання фізики і дисциплін технологічної освітньої галузі Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка; Н. Л. Сосницькій, доктору педагогічних наук, професору, завідувачу кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету; В. Д. Шарко, доктору педагогічних наук, професору, завідувачу кафедри фізики та методики її навчання Херсонського державного університету за експертну оцінку результатів, висвітлених у монографії. Автор виражає особливу вдячність завідувачу науково-технічного відділу Запорізького обласного центру науково-технічної творчості «Грані» О. Н. П'янковій і вчителям фізики В. М. Карповій, Л. П. Лиско, В. В. Мусі, С. Г. Сергєєву, Н. Д. Терещенко, які сприяли апробації авторської технології організації інноваційної діяльності учнів як на уроках, так і в позаурочній роботі з фізики.

Автор зауважує, що ця робота не відбулася б без постійної підтримки та розуміння з боку його батьків, рідних і близьких людей. З неабиякою вдячністю автор згадує свого дідуся – винахідника С. М. Мошкова, який завжди виховував у ньому творче ставлення до праці та допомагав у науковій діяльності. Саме завдяки йому дитяче захоплення інноваціями знайшло своє втілення впродовж подальших років в цій науковій праці.

РОЗДІЛ 1

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ, МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ПСИХОЛОГО- ПЕДАГОГІЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЗДАТНОСТІ ДО ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ З ФІЗИКИ

1.1. Сучасні тенденції розвитку педагогічної освіти в Україні

Освітні процеси, що відбуваються в Україні й у світі. У наш час пріоритетним напрямом розвитку України, як і країн Європейського Союзу (ЄС), є інноваційний розвиток. Водночас ключовими складовими продуктивного зростання є *наукові дослідження, інновації та освіта* [149, с. 588]. У статті 5 Закону України «Про освіту» підкреслюється, що «освіта є державним пріоритетом, що забезпечує інноваційний, соціально-економічний і культурний розвиток суспільства. Фінансування освіти є інвестицією в людський потенціал, сталий розвиток суспільства і держави» [311]. Сучасна філософія розглядає *освіту* як реалізацію невід’ємних прав людини на освоєння цінностей культури; як невід’ємну складову духовного життя людства; як необхідну сходинку соціалізації особистості [392, с. 344]. У зв’язку з цим, зазначається там же, у сучасній освіті, окрім складової навчання, є також складова збереження й передачі традицій та складова евристичної й пошукової діяльності.

Висновок про важливість певної проблеми в галузі сучасної педагогічної освіти України можна зробити лише з урахуванням співвіднесення цієї проблеми з тими освітніми процесами, що відбуваються сьогодні у світі. До головних світових тенденцій, які визначають розвиток освіти в наш час, Л. І. Мозговий, І. В. Бичко, Р. О. Додонов та інші [392, с. 415–424] відносять такі:

1. *Глобалізація освіти* пов’язана, насамперед, з її інтернаціоналізацією. Остання передбачає розширення двосторонніх і багатосторонніх зв’язків і контактів між навчальними закладами різних країн, вільний академічний обмін

викладачами й студентами між ВНЗ різних країн, створення єдиних навчальних програм тощо.

2. *Неперервність освіти* охоплює навчання для досягнення особистих, громадських і соціальних цілей, а також з метою професійної підготовки. *Неперервним навчанням* вважають навчальну діяльність, що здійснюється впродовж усього життя людини з метою здобуття знань, навичок та підвищення кваліфікації й компетентності в межах її особистої, громадської, соціальної та/або професійної перспективи [149, с. 318]. Розглядаючи суть неперервної освіти, Л. І. Мозговий, І. В. Бичко, Р. О. Додонов та інші [392, с. 420] використовують також терміни «освіта через усе життя», «освіта, тривалістю у життя», а також вказують на те, що за такої освіти відбувається стирання меж між різними стадіями освітнього процесу, що супроводжується залученням виробництва до сфери базової підготовки й проникненням навчання у виробничий процес.

На нашу думку, важливе значення для педагогічної освіти України взагалі й для нашого дослідження зокрема має те, що безперервне навчання стосується [149, с. 322]:

- набуття та удосконалення всіх видів умінь та навичок, захоплень, знань і кваліфікацій у період від дошкільної підготовки до навчання після виходу на пенсію. Ця можливість сприяє засвоєнню знань та формуванню компетентностей, які дозволяють кожному громадянину адаптуватись до вимог суспільства знань та брати активну участь у всіх сферах соціально-економічного життя;

- усіх форм навчання, зокрема формального (наприклад, фахова підготовка в університеті), неформального (наприклад, розвиток певних професійних компетентностей на робочому місці), або природного навчання, що відбувається в процесі взаємодії представників різних поколінь (наприклад, коли батьки навчають дітей певному виду діяльності).

Реалізація можливості отримання освіти упродовж життя потребує, на думку О. А. Крисанової, заміщення культури засвоєння культурою пошуку,

дискусії та оновлення. За такої умови мотивація, інтерес, нахили тих, хто навчається, розглядаються як ключовий ресурс результативності освіти. Відповідно до цього формується новий образ педагога. Ним стає дослідник, вихователь, консультант, керівник проектів [220, с. 14]. Тому важливою умовою реалізації стратегії безперервної освіти є стимулювання інновацій в освіті; розширення можливостей для застосування інноваційних форм навчання. Відповідно до розглянутої вище тенденції розвитку освіти, навчання молодшої людини тепер може відбуватися й поза освітнім процесом у школі та університеті. Великого значення набуває також самоосвіта.

3. *Демократизація освіти* полягає у впровадженні в освітню практику демократичних принципів. Такими, зокрема, є [392, с. 417]: доступність освіти; гендерна рівність (рівність за статтю у праві на отримання освіти та у праві займатися освітньою діяльністю); перехід у педагогічних відносинах від системи підпорядкування до системи співробітництва; сприймання особистості як вищої цінності; гуманізація та гуманітаризація навчально-виховного процесу; децентралізація системи освіти.

4. *Національна спрямованість освітнього процесу*. На думку Л. І. Мозгового, І. В. Бичка, Р. О. Додонова та інших [392, с. 421], ця тенденція полягає в невіддільності освіти від національної основи, в органічному поєднанні освіти з історією та народними традиціями, у збереженні та збагаченні надбань національної культури.

5. *Фундаменталізація освіти*, що передбачає узгодження змісту освіти із сучасними досягненнями науки, новітніми уявленнями культури й соціальної практики.

6. *Упровадження інформаційно-телекомунікаційних технологій в освітньому процесі*. Останні змінюють людину як суб'єкта навчання. У зв'язку з цим Л. І. Мозговий, І. В. Бичко, Р. О. Додонов та інші [392, с. 423] справедливо зазначають: «Сучасна освіта своєю задачею вбачає розкриття можливостей учня, студента для самореалізації. Тобто головним є не пряма

передача готового знання учням, студентам, а напрямок, яким останні повинні рухатися у просторі освіти».

7. *Поява нетрадиційної сфери освіти.* Такою може бути, наприклад, дозвілєва освіта за інтересами (скажімо, освіта для людей похилого віку) [392, с. 424].

Тенденції розвитку сучасної освіти в Україні слід розглядати в єдності з закордонними освітніми процесами. З огляду на провідні настанови, цілі, засоби, що задіяні в закордонних педагогічних течіях, О. В. Попова виділяє такі їх напрями: консервативний, ірраціоналістичний, сцієнтично-технократичний та гуманістичний [299, с. 64].

Консервативний напрям містить прагматичну та утилітаристську концепції освіти й виховання. Він ґрунтується на філософських ідеях прагматизму та неопрагматизму (Дж. Дьюї, К. Роджерс, Е. Келлі та інші). Методологічною основою консервативного напрямку є твердження про те, що інтелектуальні та моральні якості особистості закладені в її унікальній природі. Їх виявлення пов'язане, насамперед, з індивідуальним досвідом людини. Тому основним завданням освіти, на думку представників прагматизму, є не формування моральних якостей, ціннісних орієнтацій особистості, а лише кількісний розвиток природних здібностей, якостей та індивідуального досвіду як головної умови самореалізації особистості. Представники ж неопрагматизму вважали, що процес виховання передбачає також розвиток творчих здібностей людини, які потребують вмілої організації людської діяльності [299, с. 65].

Ірраціоналістичний підхід. Наголошуючи на неповторності та унікальності особистості, представники цього напрямку не визнають ролі соціального середовища у формуванні особистості. Вони вважають, що формування неповторної, унікальної особистості відбувається у процесі саморозвитку й самовиховання.

Сцієнтично-технократичний напрям в освіті заперечує самореалізацію особистості як головну мету виховання. Представники цього напрямку виходять із того, що саме в процесі навчання формуються всі сфери особистості (за такої

умови виховання підпорядковується суто утилітарним цілям). За словами О. В. Попової, технократична концепція, спираючись на систему заохочень і покарань (за відхилення від заданої програми), намагається досягти «гармонії» між свідомістю індивіда й суспільства.

Гуманістичний напрям пов'язаний з ідеями позитивізму. Відповідно до концептуальних ідей гуманістичної парадигми, основними рисами навчально-виховного процесу (за О. В. Поповою) є, зокрема, такі [299, с. 67]:

- заперечення регламентованості;
- критичне ставлення до жорсткої орієнтації освіти й виховання на виконання соціального замовлення, що виявляється в певному відборі повідомлюваних знань і настанов тим, хто навчається;
- створення умов для досягнення усвідомлення й реалізації молодою людиною своїх потреб та інтересів; за цих обставин той, хто навчається, має право на помилки, на вільний творчий пошук, який педагог стимулює не оцінкою або покаранням, а педагогічною підтримкою;
- здатність педагога до організації різних форм навчальної роботи – від спонтанних і гнучких (наприклад, відкрите навчання) до чітко регламентованих (наприклад, програмоване навчання);
- засвоєння молоддю змісту навчальних дисциплін лише за умови усвідомлення ними особистісної значущості знань;
- широке використання різних форм і методів активізації навчання тощо.

Ми поділяємо думку О. В. Попової про те, що найпрогресивнішим, а тому найактуальнішим для сучасної освіти (зокрема, педагогічної), є саме гуманістичний напрям. Щодо процесів, які вже відбуваються в освітній галузі в Україні, І. В. Гавриш робить висновок про початок системних перетворень, пов'язаних із модернізацією на засадах особистісно орієнтованої інноваційної педагогіки, із переходом на новий зміст і структуру загальної середньої освіти, із започаткуванням громадянської, правової та економічної освіти учнів, із розбудовою старшої школи на засадах профільності та із упровадженням єдиних стандартів освіти [120, с. 24].

Підготовка до інноваційної діяльності як важливий напрям сучасної педагогічної освіти. На сучасному етапі освіта в нашій країні набуває інноваційного характеру. С. М. Ніколаєнко у дослідженні, присвяченому теоретико-методологічним основам управління інноваційним розвитком системи освіти України [268], вказує на те, що «у сучасному суспільстві зросли вимоги до якості освіти, яку отримують громадяни України на всіх рівнях – від дошкільного виховання до підвищення кваліфікації й перепідготовки. Вони детерміновані потребою в оновленні всіх сфер суспільного життя, переходом України до суспільної моделі інноваційного розвитку, приєднанням до загальноєвропейських інтеграційних процесів, закономірностями глобальних перетворень в усьому світі». Випускник нової школи, зазначається в Концепції нової української школи [202, с. 6], має бути цілісною усебічно розвиненою особистістю, здатною до критичного мислення; патріотом з активною позицією, який діє згідно з морально-етичними принципами й здатний приймати відповідальні рішення, поважати гідність і права людини; інноватором, спроможним змінювати навколишній світ, розвивати економіку за принципами сталого розвитку, конкурувати на ринку праці, учитися впродовж життя.

Розвиток інноваційних процесів в освіті на сучасному етапі І. М. Дичківська також пов'язує з інтенсивним упровадженням інформаційних технологій в усіх сферах людського буття; оновленням змісту філософії сучасної освіти, центром якої став загальнолюдський цілісний аспект; гуманістично зорієнтованим характером взаємодії учасників навчально-виховного процесу; необхідністю підвищення рівня активності та відповідальності педагога за власну професійну діяльність, спрямовану на формування творчої особистості вихованця тощо [151, с. 247].

Учений С. М. Ніколаєнко виокремив три групи інноваційних тенденцій – для навчального, виховного й управлінського процесів, що вже відбуваються в закладах й установах систем вищої, професійно-технічної, загальної середньої, дошкільної й позашкільної освіти України [268, с. 12]. Розглянемо деякі з них:

– в *управлінні навчальним процесом* спостерігається поява нових навчальних систем та педагогічних інновацій, що якісно змінюють методи навчання, зростання інноваційного компонента у змісті, формах і методах навчання (нові навчальні модулі, спецкурси, теми; дистанційна форма навчання, інтерактивні методи навчання), збільшення ролі комп'ютерних і телекомунікаційних технологій навчання;

– в *управлінні виховним процесом* – поява нових концепцій виховання молоді (особистісного розвитку, особистісно орієнтованого навчання, розвитку творчого потенціалу тощо), поява педагогічних інновацій, що якісно змінюють рівень вихованості (від культури споживання до культури співпраці й співучасті) та інші;

– в *управлінській діяльності керівників закладів і установ освіти* – зростання кількості інноваційних освітніх структур і структур усередині освітніх організацій, відхід від стихійної інноваційної діяльності до управління нею, зростання ролі й значення педагогічної інноватики (під *педагогічною інноватикою* розуміють сферу науки про нерозривну єдність і взаємозв'язок трьох основних елементів інноваційного процесу у сфері освіти: створення педагогічних новацій, їх впровадження й засвоєння, використання та розповсюдження [409, с. 7]) та нових галузей управління, зростання кількості проектних груп з розробки освітніх інновацій та інші.

Серед основних принципів державної інноваційної політики, відображених у Законі України «Про інноваційну діяльність» [309], є й такі, що пов'язані з актуальними завданнями освітньої галузі:

- орієнтація на інноваційний шлях розвитку економіки України;
- створення умов для збереження, розвитку й використання вітчизняного науково-технічного та інноваційного потенціалу;
- забезпечення взаємодії науки, освіти, виробництва, фінансово-кредитної сфери у розвитку інноваційної діяльності;
- сприяння розвитку інноваційної інфраструктури;
- підготовка кадрів у сфері інноваційної діяльності.

У цьому ж документі зазначається, що головною метою державної інноваційної політики є створення соціально-економічних, організаційних і правових умов для ефективного відтворення, розвитку й використання науково-технічного потенціалу країни, забезпечення впровадження сучасних екологічно чистих, безпечних, енерго- та ресурсозберігаючих технологій, виробництва та реалізації нових видів конкурентоздатної продукції [309].

Водночас сьогодні спостерігається значне відставання національної економіки від економіки розвинутих держав світу за рівнем технологічного розвитку та продуктивністю виробництва [203]. Не останню роль у цьому відставанні відіграє відсутність комплексного розв'язання проблеми *формування інноваційної культури*. Серед напрямів розв'язання цієї проблеми наводяться такі:

- популяризація провадження наукової, винахідницької та інноваційної діяльності, а також створення цілісної системи безперервної освіти з урахуванням кадрового забезпечення інноваційної діяльності;
- удосконалення системи науково-технічної інформації, розширення доступу до інформації юридичних та фізичних осіб через Інтернет;
- оновлення навчальних програм, планів із метою формування інноваційного мислення, розвитку творчого потенціалу та позитивного ставлення фахівців до інновацій;
- залучення через дослідницькі центри вищих навчальних закладів студентів і слухачів до участі в реалізації інноваційних проектів;
- підвищення кваліфікації керівників державних підприємств, установ та організацій з питань формування та реалізації державної інноваційної політики, технологічного аудиту, управління інтелектуальною власністю, стратегічного маркетингу, стратегічного та інноваційного менеджменту;
- забезпечення підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців із питань інноваційного менеджменту [203].

На важливості впровадження інноваційних підходів у національній системі освіти наголошує І. В. Гавриш [120]. Зокрема, дослідниця вказує на те, що «у

XXI ст. освіта постала перед низкою історичних викликів, один з яких виявляється в тому, що національні освітні системи мають набути інноваційного характеру, а їх вихованці – здатності до інноваційного типу життя. У цих умовах готовність освітян до прийняття й продукування прогресивних інноваційних змін у культурі, соціумі та освіті набуває особливого значення. Тільки вчитель з високим інноваційним потенціалом здатний виховати особистість, спроможну до успішної та ефективної життєдіяльності в суспільстві, що перебуває в динамічному розвитку».

На створення новітньої парадигми освіти в Україні спрямовує зусилля й сучасна філософія освіти. На думку Л. І. Мозгового, І. В. Бичка, Р. О. Додонова та інших [392, с. 357], така парадигма має бути гуманістично орієнтованою, спрямованою на формування основ морально-демократичної поведінки, відповідати ідеалам розуму, краси й добра, а також передбачати особистісно орієнтований підхід у навчанні. Там же визначені принципові тези, на які повинна спиратися новітня парадигма, про яку йдеться. З них особливе значення для нашого дослідження мають такі:

- освіта має спиратися на наукову й культурну основу розвитку особистості, сприяти формуванню людини з інноваційним типом мислення, культури й поведінки, здатної розвиватися самостійно в контексті зростаючих обсягів інформації;

- забезпечення освітою можливості творчого застосування отриманих знань, втілення їх у практичній діяльності з усвідомленням максимальної відповідальності за наслідки своїх дій та вчинків;

- освіта має бути джерелом радості і задоволення для тих, *хто* навчає, та тих, *кого* навчають.

Відповідно до наведених положень, відбуваються зміни в підходах до здійснення освітньої діяльності. У Концепції нової української школи зазначається: «Будуть широко застосовуватися методи викладання, засновані на співпраці (ігри, проекти – соціальні, дослідницькі, експерименти, групові завдання тощо). Учні залучатимуться до спільної діяльності, що сприятиме

їхній соціалізації та успішному перейманню суспільного досвіду» [202, с. 15]. «Суттєвих змін зазнає процес і зміст підготовки вчителя. Учителі вивчатимуть особистісно-орієнтований та компетентнісний підходи до управління освітнім процесом, психологію групової динаміки тощо. У зв'язку з цим варто говорити про нову роль учителя – не як єдиного наставника та джерело знань, а як коуча, фасилітатора, тьютора, модератора в індивідуальній освітній траєкторії дитини» [202, с. 16].

Отже, беззаперечним є твердження про те, що майбутнє України залежить від розв'язання проблеми виховання значної кількості молодих людей, здатних на основі набутих здібностей до інноваційного мислення розв'язувати нові завдання. Проте цю проблему неможливо розв'язати без належної фахової підготовки як майбутніх учителів, так і підвищення кваліфікації вже працюючих [47]. Саме вони мають помітити обдарованих дітей і підтримати їх на першому етапі розвитку їх природних здібностей. Тому важливим напрямком розвитку сучасної педагогічної освіти України є фахова підготовка майбутніх учителів, здатних забезпечити особистісно орієнтоване навчання, виховання й розвиток учнів.

Оскільки духовно-культурні запити сучасної України можуть задовольнятися лише на міцному підґрунті розвиненої науки й виробництва, особливо значна кількість нових завдань очікується саме в науково-технічній сфері (ці завдання, зокрема, тісно пов'язані з кричущими проблемами енергетичної незалежності та обороноздатності нашої країни). Враховуючи вищезазначене, проблема підготовка вчителів фізики до здійснення інноваційного пошуку в подальшій професійній діяльності (зокрема у напрямку організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі) є особливо актуальною та для свого розв'язання потребує відповідного спрямування освітньої галузі.

Попри численні спроби перегляду професійної підготовки вчителів фізики, на сьогодні залишаються не подоланими принципові суперечності, пов'язані як із недостатньою підготовкою майбутніх учителів фізики до здійснення

інноваційної педагогічної діяльності, так і з відсутністю належних умов її організації в реальному навчальному процесі у школі. Інтенсивна технологізація навчального процесу в закладах середньої освіти, оснащення їх сучасними комп'ютерами, підключеними до мережі Інтернет, безумовно, значно розширюють можливості для пошукової діяльності учнів, проте на практиці суттєвого зростання її ролі в навчанні фізики не спостерігається через відсутність спеціальної підготовки вчителя до інноваційної діяльності (інші суперечності наведені у вступі). Подолання цих суперечностей, що вимагає перегляду змісту, форм, методів і засобів професійного навчання студентів-фізиків, дозволить розв'язати наукову проблему підготовки вчителя фізики до інноваційної діяльності, а також до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики.

Отже, на сучасному етапі розвитку освітня галузь в Україні має ґрунтуватись на засадах гуманістичного підходу та набувати інноваційного характеру. Це передбачає: забезпечення у процесі навчання можливості творчого пошуку знань та їх реалізацію у практичній діяльності; розширення можливостей для застосування інноваційних форм, методів і засобів навчання; забезпечення мотивації та врахування особистісних нахилів та інтересів того, хто навчається, як важливих чинників ефективності навчання; спрямування освітньої діяльності на формування в молоді здатності до інноваційної діяльності. Зважаючи на це, проблема підготовки фахівців інноваційного типу (зокрема, майбутніх учителів фізики), здатних забезпечити розроблення та впровадження інноваційних освітніх рішень, має першорядне значення для сучасної педагогічної освіти.

1.2. Інноваційна діяльність у навчанні як важливий напрям сучасної системи освіти

Інновації та інноваційна діяльність. Інноваційна діяльність у вищих навчальних закладах разом із науковою й науково-технічною є обов'язковою

складовою освітньої діяльності. Про це йдеться у статті 65 Закону України «Про вищу освіту» [306]. Там же зазначається, що суб'єктами наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності є наукові, науково-педагогічні працівники, особи, які навчаються у ВНЗ, інші працівники ВНЗ, а також працівники підприємств, які спільно з ВНЗ проводять наукову, науково-технічну та інноваційну діяльність. Основною метою цих видів діяльності у ВНЗ є здобуття нових наукових знань шляхом проведення наукових досліджень і розробок та їх спрямування на створення і впровадження нових конкурентоспроможних технологій, видів техніки, матеріалів тощо для забезпечення інноваційного розвитку суспільства та підготовки фахівців інноваційного типу. У наведеному Законі [306] також визначені основні завдання наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності у ВНЗ:

- одержання конкурентоспроможних наукових і науково-прикладних результатів;
- застосування нових наукових, науково-технічних знань під час підготовки фахівців з вищою освітою;
- формування сучасного наукового кадрового потенціалу, здатного забезпечити розробку та впровадження інноваційних наукових розробок.

У нашому дослідженні такі поняття як «інновації», «інноваційна діяльність», «освітні інновації», «інноваційне середовище» та інші є ключовими, тому слід навести їх визначення, спираючись на дані наукових джерел. Поняття «інновація» (англ. innovation, від лат. innovatio – оновлення, зміна) Енциклопедія сучасної України тлумачить як «результат розроблення та впровадження нової або вдосконаленої технології в галузях економіки, управлінській, комерційній, маркетинговій діяльності або соціальній сфері, який під час застосування дає можливість здобути комплексний ефект (економічний, соціальний, екологічний, науково-технічний тощо)» [162, с. 408]. Там же зазначається, що на відміну від *новацій* (нові ідеї, винаходи тощо) інновації передбачають комерціалізацію нових продуктів, їх практичне застосування. Щодо використання терміна «інновація», то, згідно з

Енциклопедією сучасної України [162, с. 408], його вперше застосував Й. Шумпетер у праці «Теорія економічного розвитку» (Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, Берлін, 1911 р.). Відповідно до запропонованого ним підходу, інновація – одночасний прояв двох світів: техніки й бізнесу (необхідною властивістю технічних інновацій є науково-технічна новизна, виробнича придатність, соціально-економічна результативність). Зміну лише на рівні технології Й. Шумпетер називав винаходом.

Слід зазначити, що в розглянутому нами тлумаченні поняття «інновація» акцент зміщено з *процесу* створення певної новини на отриманий *результат*. Ще більш звужене значення цього поняття наводить С. А. Лебедев [230, с. 115]: *наукові інновації* визначає як нові наукові ідеї, винаходи, корисні моделі, зразки нової техніки й технологій, прилади, інструменти, стандарти, публікації, нові науково-дослідницькі програми, способи організації наукових досліджень, патенти, ліцензії, договори. Усе це, на думку С. А. Лебедева, є головною метою наукової діяльності, а кількість і якість цих результатів – важлива складова частина інтелектуального капіталу нації (держави, регіону, закладу тощо).

У Великій універсальній енциклопедії [87, с. 405] *інновації* (або *нововведення*) тлумачать як «створення, розповсюдження та використання нового засобу (новини), що задовольняє потреби людей і викликає соціальні зміни». Там же вказується, що, зазвичай, поняття «інновації» використовується на противагу поняттю «традиції». Подібні пояснення інновації подані у словнику «Педагогіка вищої школи» (упорядник О. О. Фунтікова) [286, с. 129] та у посібнику Т. М. Ковальнової [196, с. 24]. Інноваціями у цих публікаціях називають створення, поширення й використання нового засобу, що покращує розвиток (перебіг) і результати певного процесу. Як бачимо, в останніх двох визначеннях поняття «інновації» включений і власне процес створення новини. Саме в такому варіанті будемо його розглядати в нашому дослідженні.

Інноваційну діяльність, услід за А. В. Хуторським, вважаємо сферою розробки та практичного освоєння технічних, технологічних та організаційно-економічних нововведень. Важливим її елементом є інноваційний пошук –

процес розробки, отримання нового знання та нової практики [409, с. 32]. Розглядаючи повний життєвий цикл нововведень, А. В. Хуторської виділяє такі його етапи: виникнення, зростання, зрілість, освоєння, поширення, насичення, рутинізація, криза, завершення [409, с. 57].

Для з'ясування правового контексту понять «інновації» та «інноваційна діяльність» звернімося до Закону України «Про інноваційну діяльність» [309], який визначає правові, економічні та організаційні засади державного регулювання інноваційної діяльності в Україні, встановлює форми стимулювання державою інноваційних процесів і спрямований на підтримку розвитку економіки України інноваційним шляхом.

Інноваціями в цьому документі вважають новостворені (застосовані) і (або) вдосконалені конкурентоздатні технології, продукція або послуги, а також організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного або іншого характеру, що істотно удосконалюють структуру та якість виробництва і (або) соціальної сфери.

Інноваційну діяльність розуміють як таку, що спрямована на використання й комерціалізацію результатів наукових досліджень та розробок і зумовлює випуск на ринок нових конкурентоздатних товарів і послуг. Об'єктами ж інноваційної діяльності, зазначається там же, виступають, зокрема, інноваційні програми й проекти, нові знання та інтелектуальні продукти, організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного або іншого характеру, що істотно покращують структуру та якість виробництва й (або) соціальної сфери. Як бачимо, наведене визначення інноваційної діяльності, порівняно з поданим вище (і прийнятим нами в дослідженні), є звуженим, оскільки охоплює лише один елемент інноваційного процесу – використання й поширення нововведень.

Результат науково-дослідної та (або) дослідно-конструкторської розробки визнається *інноваційним продуктом*, якщо він відповідає таким вимогам [309]:

- він є реалізацією (впровадженням) об'єкта інтелектуальної власності (винаходу, корисної моделі, промислового зразка, топографії інтегральної

мікросхеми, селекційного досягнення тощо), на які виробник продукту має державні охоронні документи (патенти, свідоцтва) чи одержані від власників цих об'єктів інтелектуальної власності ліцензії, або реалізацією (впровадженням) відкриттів. Важливо, що використаний об'єкт інтелектуальної власності має бути визначальним для цього продукту;

- розробка продукту підвищує вітчизняний науково-технічний і технологічний рівень;

- в Україні цей продукт вироблено (буде вироблено) вперше, або, якщо не вперше, то порівняно з іншим аналогічним продуктом, представленим на ринку, він є конкурентоздатним і має суттєво вищі техніко-економічні показники.

Інноваційний проект вважають комплексом усіх необхідних заходів, що передбачають розробку, виробництво й реалізацію інноваційного продукту (а також комплект документів, яким визначаються ці заходи та процедура їх здійснення).

Виникнення й розвиток інноватики (як нової міждисциплінарної галузі знань про нововведення та інноваційні процеси, що утворилася на стику філософії, педагогіки, психології, соціології, теорії управління, економіки та культурології [196, с. 9]), на думку авторів Філософського словника соціальних термінів (за загальною редакцією В. П. Андрущенка) [396, с. 333], пов'язані зі складними завданнями, які виникають у сучасних умовах для організації систем, підприємств щодо пристосування до змінюваних обставин, до динамічного оточуючого середовища, що передбачає пошук нових підходів, розробку й упровадження новацій у різні сфери життя. У вказаному джерелі інновації розрізняються: за сферою застосування (соціальні, освітні, політичні, економічні та ін.), за типом нововведення (матеріально-технічні й соціальні), за змістом (продуктивні, технологічні та послугові).

Освітні (педагогічні) інновації. У Положенні про порядок здійснення інноваційної освітньої діяльності [297] наведено означення *освітніх інновацій*. Такими є вперше створені, вдосконалені освітні, навчальні, виховні,

управлінські системи, їх компоненти, що мають істотно покращити результати освітньої діяльності. А *інноваційною освітньою діяльністю* вважається та, що спрямована на розроблення й використання у сфері освіти результатів наукових досліджень та розробок. Об'єктами ж інноваційної освітньої діяльності є: нові знання, інноваційні освітні програми й проекти, навчальний та виховний процеси, організаційні та адміністративні рішення, а також рішення іншого характеру, що істотно впливають на якість освіти.

Розглянемо підходи до розуміння суті розглядуваних понять у навчально-методичній літературі. С. С. Пальчевський вказує: «Поняттям *інновації* означають нові форми організації праці та управління, нові види технологій, які нерідко використовуються не лише в масштабах окремих установ чи організацій, а й цілих загальногосподарських галузей. *Інноваційна діяльність у системі освіти* передбачає процес змін у меті, змісті, формах, методах педагогічного процесу, стратегіальній його організації та управлінні ним під впливом нових вимог, висунутих соціально-економічним розвитком суспільства, з одного боку, і, з іншого боку – з глобальним обсягом змін, що зумовлює появу “планетарної освіти”, яка має виразний перспективний вимір, оскільки орієнтується не на те, що “маємо зараз”, а на те, що “буде” або “може бути”» [283, с. 545]. В. О. Ільїн та Т. О. Ширіна [428] під інновацією в освіті розуміють спосіб організації творчої діяльності учня й педагога, що орієнтований на використання активних методів навчання.

Учений І. В. Зайченко вважає, що *нововведення*, як педагогічне поняття, означає введення нового в навчально-виховну, освітню діяльність. Часто воно стосується використання нових методів, способів дії, засобів, нових концепцій, нових підходів реалізації навчальної літератури, нових навчальних програм, засобів виховання тощо [171, с. 78]. Аналогічні трактування понять *інновації* та *інноваційна діяльність у системі освіти (інновація освіти)* дає Н. П. Волкова [114, с. 458] та В. О. Сластьонін [356, с. 544].

Разом із термінами «інноваційна освітня діяльність» та «інноваційна діяльність в системі освіти» уживається термін «інноваційна педагогічна

діяльність» з подібним тлумаченням. Наприклад, І. М. Дичківська розглядає інноваційну педагогічну діяльність як засновану на осмисленні практичного педагогічного досвіду цілеспрямовану педагогічну діяльність, що орієнтована на зміну й розвиток навчально-виховного процесу з метою досягнення вищих результатів, одержання нового знання, формування якісно іншої педагогічної практики [151, с. 248]. У контексті підготовки викладачів вищої школи до інноваційної педагогічної діяльності В. М. Кравченко виділяє спрямованість останньої на проектування, створення й використання в освітньому процесі нових ідей, засобів, педагогічних технологій і проведення аналізу їх упровадження [209, с. 344]. До важливих функцій, що виконує інноваційна педагогічна діяльність, К. Й. Артамонова [56] відносить такі: виявлення актуальних потреб (виявлення проблем) щодо змін у педагогічній системі (освітніх програмах, технологіях, кадрах, матеріально-технічній базі тощо); виявлення сучасних розробок, використання яких мало б підвищити якість освітньої діяльності; самостійна розробка інновацій; проектування та практична реалізація нововведень.

Дослідниця В. В. Докучаєва звертає увагу на те, що інновацію (нововведення) розуміють як власне *новину*, так і *процес упровадження* цієї новини в практику [153, с. 12]. Ю. І. Завалевський [169, с. 12] вказує, що *суть інноваційної діяльності* в освіті полягає в оновленні педагогічного процесу, упровадженні новоутворень у традиційну систему, що передбачає досягнення найвищого ступеня педагогічної творчості. Також, як зрозуміло з дослідження М. М. Анісімова [53, с. 19], використання в педагогіці поняття інноваційної діяльності має здійснюватися не лише з точки зору розвитку здібностей того, хто навчається, але має враховувати властивості навчальної діяльності та їх прояви, які потрібно розглядати в комплексі з активною продуктивною діяльністю того, хто навчається, і в постійному взаємозв'язаному розвитку.

Як видно з наведених означень, на сьогодні ще не існує усталеного підходу до розуміння поняття освітньої інновації. На наш погляд, найповніше його тлумачення наведено у [160, с. 338] (саме в такому значенні будемо вживати

його в подальшому): «*Інновації в освіті* – процес творення, запровадження та поширення в освітній практиці нових ідей, засобів, педагогічних та управлінських технологій, у результаті яких підвищуються показники (рівні) досягнень структурних компонентів освіти». Там же звертається увага на те, що поняття «інновація» має комплексне значення, оскільки ним позначається власне ідея та процес її практичної реалізації.

У науковій та навчально-методичній літературі разом із терміном «освітня інновація» часто вживається термін «педагогічна інновація». Під час аналізу й порівняння значень цих понять (наведених, наприклад, у [286, с. 129], [362, с. 273], [360, с. 122], [409, с. 36]) суттєвих відмінностей між ними не виявлено. Як приклад наведемо тлумачення педагогічної інновації за словником «Педагогіка вищої школи» (упорядник О. О. Фунтікова) [286, с. 129]: «Педагогічна інновація – введення нового в цілі, зміст, форми і методи навчання та виховання, в організацію спільної діяльності викладача і студента. Це особлива організація навчально-виховної діяльності, мислення суб'єктів пізнання, що спрямовані на використання нововведень в освітньому просторі, або процес створення, засвоєння, впровадження та поширення нового у вихованні, навчанні, освіті».

Джерелами педагогічних інновацій, на думку Г. П. Новікової [271], можуть бути: несподівані події (наприклад, успіх чи поразка як поштовх до розвитку діяльності або до постановки проблеми); невідповідності (зокрема, між мотивами поведінки учнів, їх інтересами та практичними діями вчителя); потреби педагогічного процесу (пошук нових ідей, слабкі місця в методиці); поява нових освітніх моделей; нові знання (концепції, підходи, технології, методики) та інші.

Інноваційна діяльність майбутнього вчителя. Проблема підготовки фахівців інноваційного типу є однією з пріоритетних у системі сучасної освіти. У статті 68 Закону України «Про вищу освіту» [306] йдеться про організаційні форми провадження наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності у ВНЗ. Там зазначається, зокрема, що для цього ВНЗ можуть створювати

юридичні особи, предметом діяльності яких є доведення результатів наукової й науково-технічної діяльності ВНЗ до стану інноваційного продукту з його подальшою комерціалізацією. Цим же Законом передбачається, що до виконання наукових і науково-технічних робіт можуть залучатися науково-педагогічні, наукові й педагогічні працівники, інші працівники ВНЗ, особи які навчаються у ВНЗ, а також працівники інших організацій. На думку Ю. І. Завалевського [169, с. 12], потреба в інноваційній спрямованості педагогічної діяльності в умовах реформування освіти спричинена такими фактами:

1. Вхід України в гуманітарний контекст світової цивілізації викликало необхідність докорінної зміни системи освіти, методології та технології організації навчально-виховного процесу в навчальних закладах різного типу (загальноосвітній школі, ліцєях, гімназіях, авторських школах, коледжах).

2. Виконання соціального замовлення формування всебічно розвиненої особистості потребує постійного пошуку нових методів, організаційних форм, технологій навчання й виховання.

3. Змінився характер ставлення вчителів до факту засвоєння й застосування педагогічних нововведень.

4. Склалася реальна ситуація конкурентоспроможності закладів освіти, спричинена входженням загальноосвітніх навчальних закладів у ринкові відносини, створенням нових типів навчальних закладів, зокрема й недержавних.

У дослідженні Ю. І. Завалевського [169] наголошується на тому, що в умовах сучасної освіти ефективна підготовка вчителя як конкурентоспроможного фахівця унеможлиблюється без цілеспрямованого формування в нього готовності до інноваційної професійної діяльності. Саме інноваційне навчання майбутніх учителів, на думку І. В. Гавриш, має спрямовуватися на становлення їх як суб'єктів освітніх інновацій і забезпечувати підготовку до успішного впровадження у навчально-виховний

процес загальноосвітніх навчальних закладів технологій інноваційної та особистісно орієнтованої освіти; формування в учнів ключових компетентностей громадянина єдиної Європи, інформаційного суспільства та демократичної держави з ринковою економікою; створення освітніх інновацій, їх наукового обґрунтування та експериментальної перевірки; поширення освітніх нововведень у педагогічному співтоваристві; здійснення науково обґрунтованої оцінки різних освітніх технологій, методик тощо, прийняття професійно виваженого рішення щодо доцільності їх застосування у власній професійній діяльності [120, с. 24].

Науковець С. П. Величко [100] вказує на те, що залучення педагогів до активної участі в інноваційних процесах, формування професійної та психологічної готовності вчителів і учнів до нестандартного творчого мислення можна забезпечити шляхом упровадження різних педагогічних проєктів, що передбачають інноваційну діяльність. Підготовка педагогічних кадрів до інноваційної діяльності стає ефективнішою, на думку С. П. Величка, за умови використання діяльнісної технології навчання та широкого запровадження інформаційно-комунікативних технологій. Підготовка педагогічних працівників до інноваційної діяльності може здійснюватись також через запровадження в педагогічному процесі спеціальних курсів. Як приклад реалізації цього напрямку, вкажемо на розроблену А. В. Касперським, І. Т. Богдановим, О. М. Кучменком [193] програму вибіркової дисципліни «Патентознавство, авторське право та інтелектуальна власність», метою якої є професійна підготовка аспірантів технологічної освітньої галузі з відповідних питань для здійснення професійно-педагогічної діяльності, пов'язаної з використанням нормативно-правової бази освіти.

Важливу роль у розвитку інноваційних технологій відіграє саме фізична наука, яка є основою цих технологій. Це обумовлює важливість інноваційної підготовки фахівців фізичного й технічного профілів, а також відповідних кадрів у галузі освіти, зокрема фізичної. Проте, як свідчать результати проведеного нами констатувального педагогічного експерименту (підрозділ

5.1), на сьогодні спостерігається відносно низький рівень готовності вчителів (як майбутніх, так і тих, що мають педагогічний досвід) до здійснення інноваційного пошуку у власній професійній діяльності. Ці результати корелюють із даними, що наводять інші дослідники (зокрема С. У. Рустамова [333], Л. О. Харісова [451]). Усе це дає підстави стверджувати, що формування у студентів-фізиків (майбутніх учителів) готовності до інноваційної професійної діяльності є актуальним завданням.

З метою з'ясування стану розробленості проблеми фахової підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі розглянемо результати проведеного нами контент-аналітичного дослідження змістового конструкта «інноваційна діяльність у професійній педагогічній діяльності та в навчанні». У цьому дослідженні вивчалось представлення вказаного конструкта у вітчизняній та іноземній літературі. Вибірку склали наукові статті та структурні елементи дисертаційних досліджень і монографій, пов'язані з окресленою проблемою (загалом було проаналізовано 216 джерел, опублікованих упродовж десяти останніх років). Аналіз проводився за 12-ма одиницями (змістовими елементами), що були структуровані за наступними трьома напрямками.

1. Загальні питання педагогічної інноватики та інноваційної діяльності (43 % обсягу вибірки).

1.1. Інноваційна діяльність як важливий напрям сучасної освіти.

1.2. Інноватика як галузь знань (зокрема, предмет та термінологічна база інноватики).

1.3. Питання становлення педагогічної інноватики.

1.4. Управління інноваційним розвитком освіти (зокрема, вищої та середньої).

2. Інноваційна педагогічна діяльність учителя, зокрема й підготовка майбутнього вчителя до цієї діяльності (45 % обсягу вибірки).

2.1. Готовність учителя до здійснення інноваційної педагогічної діяльності (зокрема, цілі та завдання підготовки майбутніх учителів до цієї діяльності, а також критерії, показники, рівні відповідної готовності).

2.2. Концептуальні підходи в підготовці до інноваційної педагогічної діяльності.

2.3. Організаційно-методичні засади підготовки майбутнього вчителя до інноваційної педагогічної діяльності: методи, засоби, організаційні форми.

2.4. Підготовка вчителя до організації інноваційної діяльності учнів.

3. Організація інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі (12 % обсягу вибірки.)

3.1. Нові вимоги до навчання учнів у контексті інноваційного розвитку освіти.

3.2. Організаційно-методичні умови залучення учнів до інноваційної діяльності на уроках (зокрема, методи, засоби, організаційні форми).

3.3. Організаційно-методичні умови залучення учнів до інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі (зокрема, методи, засоби, організаційні форми).

3.4. Педагогічний досвід щодо залучення учнів до інноваційної діяльності в навчальному процесі (зокрема, результати інноваційної діяльності учнів, їх експертне оцінювання та впровадження).

Результати контент-аналізу подані на діаграмі (рис. 1.1). Виявлено, що тематичні напрямки значної кількості публікацій пов'язані з такими одиницями аналізу: «Інноваційна діяльність як важливий напрям сучасної освіти» (21,3 %), «Готовність учителя до здійснення інноваційної педагогічної діяльності (зокрема, цілі та завдання підготовки майбутніх учителів до цієї діяльності, а також критерії, показники, рівні відповідної готовності)» (14,8 %), «Концептуальні підходи в підготовці до інноваційної педагогічної діяльності» (12,5 %). Незначне висвітлення в публікаціях мають питання, пов'язані з підготовкою вчителя до організації інноваційної діяльності учнів (6,9 %), та з

організацією інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі (усі одиниці аналізу третього напрямку).

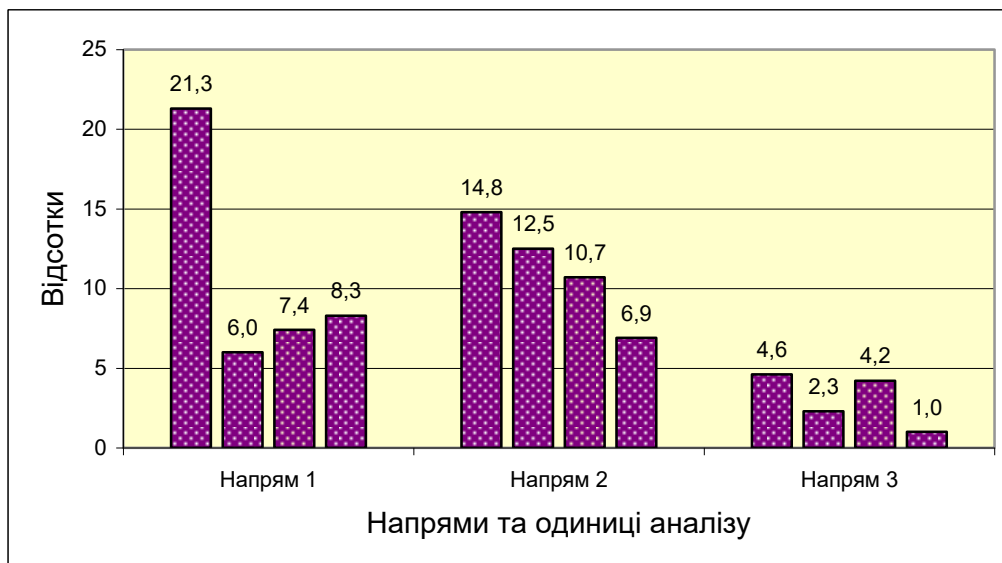


Рис. 1.1. Розподіл публікацій за виділеними одиницями аналізу

Отримані результати вказують на те, що на сьогодні бракує досліджень, присвячених організаційно-методичним засадам підготовки майбутнього вчителя (зокрема, вчителя фізики) до інноваційної педагогічної діяльності, а також методичним особливостям організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі (зокрема, з фізики).

Ці дані корелюють з результатами контент-аналітичного дослідження конструкта «інноваційна діяльність в освіті», проведеного О. А. Крисановою [220, с. 16] (у її дослідженні аналіз публікацій проводився за іншим переліком змістових елементів). На основі цього дослідження О. А. Крисанова робить висновок про недостатню розробленість питань, присвячених впливу предметної підготовки на формування різних якостей особистості вчителя в умовах інноваційної діяльності, а також досліджень, що вивчають структуру й зміст інноваційної методичної діяльності вчителів-предметників (зокрема, вчителів фізики).

Інноваційна діяльність учнів у навчальному процесі з фізики. У контексті проблеми професійної підготовки фахівців інноваційного типу

важливо наголосити на тому, що неабияке значення для цього має набуття молоддю досвіду інноваційної діяльності ще у *школі*, адже, як зазначається в Законі України «Про загальну середню освіту» [308], саме *загальна середня освіта є обов'язковою* складовою безперервної освіти й основою для подальшої освіти і трудової діяльності молодшої людини. Особливу роль у підготовці учнів до здійснення інноваційної діяльності має відігравати *освіта наукового спрямування*, яка, згідно з Законом України «Про освіту» [311] (стаття 21), є видом спеціалізованої освіти, що ґрунтується на дослідно-орієнтованому навчанні й спрямований на поглиблене вивчення профільних предметів та набуття компетентностей, необхідних для подальшої дослідно-експериментальної, конструкторської, винахідницької та раціоналізаторської діяльності. Там же зазначається, що освіта наукового спрямування здобувається на двох рівнях: *базовий* рівень здобувається у спеціалізованих закладах одночасно з базовою середньою освітою (на цьому рівні здобувач набуває початкові компетентності для дослідно-експериментальної, конструкторської, винахідницької та раціоналізаторської діяльності); *профільний* рівень здобувається у спеціалізованих закладах одночасно з повною загальною середньою освітою (цей рівень орієнтований на продовження навчання на наступних рівнях освіти).

Інноваційне навчання в сучасній загальноосвітній школі О. І. Іваницький і С. П. Ткаченко розглядають як процес, що значною мірою сприяє створенню й становленню тих суб'єктивних умов, які роблять реально можливою майбутню творчість як учителя, так і учнів у процесі навчання [185, с. 9]. На думку О. І. Ляшенка, саме інноваційне навчання формує особистість, здатну вносити інноваційні зміни в нинішні культуру й середовище, успішно розв'язувати проблемні ситуації, які постають як перед окремою людиною, так і перед суспільством. Учений також зазначає, що таке навчання передбачає постійне залучення учнів до активної навчально-пізнавальної діяльності, що характеризується інтенсивною багатосторонньою комунікацією суб'єктів

діяльності, обміном інформацією, результатами діяльності учнів між собою і вчителем [236].

На думку О. П. Усольцева й Т. М. Шамало [388], ядром інноваційної діяльності є специфічне інноваційне мислення, що спрямовується на забезпечення інноваційної діяльності та здійснюється на когнітивному (створення нового знання шляхом внутрішньої рефлексії) та інструментальному (об'єктивізація й реалізація нового знання у практичній діяльності) рівнях. Цими ж дослідниками виділені основні характеристики, властиві інноваційному мисленню. Таке мислення обов'язково має бути:

- творчим (призводить до суб'єктивно нових результатів);
- науково-теоретичним (відповідає сучасному рівню розвитку науки);
- соціально-позитивним (відповідає ідеям гуманізму; проблеми, що розв'язуються, мають соціальне значення);
- конструктивним (пов'язано зі здатністю реалістично й діагностично ставити задачі та вибирати адекватні методи та засоби для їх розв'язання, планувати послідовність дій, визначати ступінь досягнення мети і, за потреби, коригувати свої дії);
- перетворювальним (не обмежується лише розробкою моделей, зокрема креслень, схем, алгоритмів тощо; ці моделі мають знайти реальне втілення, що сприяє перетворенню матеріального світу й соціуму);
- прагматичним (не обмежується лише відкриттям та його теоретичним обґрунтуванням, але й передбачає впровадження інноваційного продукту та отримання від цього практичних результатів).

Ми поділяємо думку О. П. Усольцева і Т. М. Шамало [388] про те, що інноваційне мислення не виникає спонтанно, а формується протягом тривалого періоду в придатному середовищі, і тому підготовку молоді до інноваційної діяльності та формування відповідного мислення слід проводити якомога раніше, починаючи зі школи. Разом із цим ми вважаємо, що успішне здійснення інноваційної діяльності (як складного процесу) визначається не лише сформованістю в молодій людини інноваційного мислення, але й передбачає

наявність в особистості низки інших важливих якостей, що є необхідними на різних етапах інноваційної діяльності (наприклад, на етапах: теоретичного дослідження запропонованого технічного рішення; розроблення й виготовлення діючої моделі та її експериментального дослідження; експертного оцінювання розробки, зокрема, шляхом її представлення на всеукраїнських та міжнародних конкурсах і виставках тощо). Виокремлення етапів учнівської інноваційної діяльності проведено нами в підрозділі 2.4.

Ми згодні з висновком О. П. Усольцева і Т. М. Шамало [388] про те, що особливу увагу слід приділяти формуванню в учнів інноваційного мислення на базі таких предметів як фізика, хімія, математика, технологія, інформатика. Проте аналіз науково-методичної літератури виявив, що проблема *організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі, зокрема з фізики*, ще не була предметом окремих наукових досліджень у галузі теорії та методики навчання фізики. Окрім того, залишаються невизначеними зміст і структура самого поняття «інноваційна діяльність учнів». Зважаючи на це, одне з завдань нашого дослідження полягало у з'ясуванні змісту й структури цього поняття. Лише після розгляду авторського підходу до його тлумачення можна розробляти методичну систему підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі.

На нашу думку, *інноваційна діяльність учнів у навчальному процесі з фізики* – це різновид навчально-пізнавальної діяльності учнів, що організована вчителем і протікає у спеціально створеному навчальному середовищі та пов'язана з розробкою (створенням), теоретичним та експериментальним дослідженням і запровадженням у практику (наприклад, у навчально-виховний процес у школі, у діяльність наукової лабораторії, підприємства) певної новини (продукту або способу), що спричиняє корисний ефект від його використання [7]. Дослідження структури поняття «інноваційна діяльність учнів» (підрозділ 1.5) потребує аналізу понять «діяльність», «творча діяльність» та «інноваційна діяльність» із урахуванням їх філософського (підрозділ 1.4) та психологічного (підрозділ 1.5) аспектів.

Для розв'язання проблеми залучення учнів до інноваційної діяльності важливе значення мають завдання науково-методичного забезпечення системи загальної середньої освіти, що відображені у статті 41 Закону України «Про загальну середню освіту» [308]. Зокрема, вкажемо на такі з них:

- розроблення й видання навчальних програм, навчально-методичних та навчально-наочних посібників;
- організація підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації педагогічних працівників, зокрема керівних кадрів, системи загальної середньої освіти;
- організація співпраці з вищими навчальними закладами всіх рівнів акредитації для підвищення ефективності навчально-методичного забезпечення.

Ми цілком поділяємо думку С. А. Новосьолова і Л. І. Львової [272] про те, що підготовка учнів до майбутньої інноваційної діяльності має носити системний характер. Результативність цієї підготовки підвищується, зокрема, за умови інтеграції елементів науково-дослідницької, винахідницької та інноваційної діяльності в структуру, зміст та організаційні форми освітнього процесу в школі. До ефективних засобів підготовки учнів до інноваційної діяльності С. А. Новосьолов і Л. І. Львова відносять навчально-дослідницьку та проектну діяльність учнів. Особливу увагу вони приділяють можливості комерціалізації отриманого учнями творчого результату. Запропонована цими дослідниками структурно-функціональна модель підготовки учнів до інноваційної діяльності реалізується через послідовне перетворення суб'єктивно творчої проектної діяльності учнів в їх навчально-інноваційну, а потім – в об'єктивну інноваційну діяльність (рис. 1.2).

Навчально-інноваційну діяльність С. А. Новосьолов і Л. І. Львова трактують як різновид навчально-творчої діяльності, що спрямований на розв'язання навчально-творчих задач з перетворення творчих результатів проектної діяльності учнів у можливі варіанти суб'єктивно нових товарів і послуг для їх передбачуваної комерціалізації. Разом із цим у дослідженні

С. А. Новосьолова і Л. І. Львової [272] не розглядається предметний аспект підготовки учнів до інноваційної діяльності, а також відсутні вказівки на особливості підготовки майбутніх учителів до організації цієї діяльності.

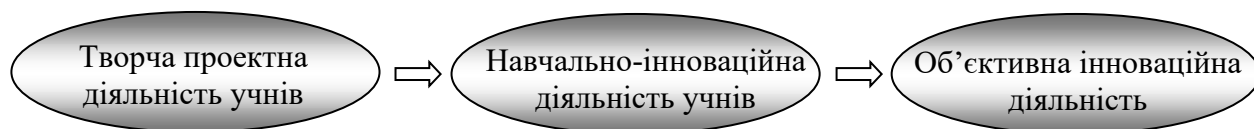


Рис. 1.2. Схема реалізації підготовки учнів до інноваційної діяльності

за С. А. Новосьоловим і Л. І. Львовою

Важливість останньої проблеми визнає С. М. Ніколаєнко: «У практичній площині подальшого вдосконалення і поглиблення наукового супроводу потребують технології безпосереднього здійснення інноваційної діяльності та управління цими процесами залежно від фахово-функціональної спрямованості, специфіки і рівня установи освіти або навчального закладу. Фактично відсутня система цілеспрямованої підготовки науково-педагогічних кадрів та підвищення їх фахового рівня до здійснення управління інноваційними процесами відповідно до вимог сьогодення» [268, с. 3].

Розглядаючи методичні особливості організації експериментально-дослідницької діяльності учнів з фізики, І. В. Сальник та О. І. Мірошніченко [340] вважають, що залучати учнів до дослідницької діяльності необхідно з перших уроків фізики, оскільки саме в цьому віці в учнів пробуджується інтерес до самостійного проведення досліджень. Вони також виділяють конструкторську діяльність як таку, що має широкі можливості для формування в учнів уміння думати, використовувати набуті знання, працювати з приладами та матеріалами, використовувати додаткову літературу тощо. Погоджуючись із думкою І. В. Сальник та О. І. Мірошніченка, зазначимо, що в нашому дослідженні ми виходимо з того, що дослідницька (зокрема й конструкторська) діяльність учнів є одним із компонентів більш складної, *інноваційної* діяльності.

У підсумку зауважимо: попри те, що проблема підготовки майбутнього вчителя до здійснення інноваційної педагогічної діяльності не нова (уже

ввійшла до тематичного поля педагогічної інноватики), нині спостерігається певна неузгодженість у підходах до розуміння основних категорій, пов'язаних із цим напрямом. Сучасний стан розробленості вказаної проблеми, зазначає І. В. Гавриш, характеризується співіснуванням різних підходів до її розв'язання, неоднозначністю трактування основних категорій і ключових положень. Дослідниця також вважає, що «традиційні підходи до організації навчально-виховного процесу в педагогічних вищих навчальних закладах не задовольняють потреб сьогодення в системній підготовці майбутніх учителів до створення, упровадження та розповсюдження освітніх нововведень» [120, с. 29].

Отже, під час аналізу науково-методичної літератури виявлено, що проблема *організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики* ще не була предметом окремих наукових досліджень у галузі теорії й методики навчання фізики. Запропоновано тлумачення *інноваційної діяльності учнів* як різновиду їх навчально-пізнавальної діяльності, що організована вчителем і відбувається у спеціально створеному навчальному середовищі та пов'язана з розробкою (створенням), теоретичним та експериментальним дослідженням і запровадженням у практику (наприклад, у навчально-виховний процес у школі, у діяльність наукової лабораторії, підприємства) певної новини (продукту або способу), що спричиняє корисний ефект від його використання.

1.3. Соціально-економічні аспекти формування здатності до організації інноваційної діяльності учнів у майбутнього вчителя фізики

Аналізуючи досвід країн, які домінують на ринку високих технологій, академіки В. М. Геєць і В. П. Семиноженко визначили деякі закономірності їх технологічного лідерства [126, с. 105]. Одна з них полягає в тому, що наука й інновації розглядаються не тільки як фундамент і одночасно інструмент підвищення конкурентоспроможності та безпеки, але й як базовий елемент суспільства нового типу, заснованого на знаннях. До пріоритетів інноваційної

політики ЄС вчені відносять три основні напрями діяльності: науково-технічний, інноваційний та освітній [126, с. 114]. А основними пріоритетами створення конкурентної економіки знань ЄС вважаються такі:

- покращення інноваційного середовища шляхом посилення інноваційної складової всіх напрямків національної політики та їх поступова інтеграція;
- стимулювання ринкового попиту на інновації та використання концепції «лідуючих» ринків, що припускає підтримку ринків, найсприйнятливіших до нововведень;
- стимулювання інновацій у держсекторі, подолання бюрократичного консерватизму державної адміністрації.

Відповідно до цих напрямів у наш час спостерігається тенденція до інтеграції освіти, науки та інновацій. Як вважають А. А. Мазаракі та К. С. Шклярчук [239], результатом посилення такого зв'язку стане підготовка кадрів, краще пристосованих до роботи в умовах швидких змін і високої конкуренції, здатних проявляти ініціативу й брати на себе відповідальність. Це сприятиме створенню нових наукомістких інноваційних виробництв та активізації підприємництва. Подібну думку висловлює О. А. Крисанова. До важливих елементів економічного зростання, що сприяють становленню нового суспільного устрою, вона відносить продуктивну тріаду «знання, інновації, технології» [220, с. 3]. Як наслідок, одним із важливих завдань, що виникають сьогодні перед ВНЗ, є, на думку А. Д. Педана та Н. І. Чухрая, підвищення ефективності продукування кількості нових ідей, які можуть бути трансформовані в об'єкти інтелектуальної власності з подальшою їх комерціалізацією [288].

Перехід нашої країни на інноваційний шлях розвитку потребує вдосконалення *національної інноваційної системи*. Остання в Концепції розвитку національної інноваційної системи [204], прийнятій у 2009 р., трактується як сукупність законодавчих, структурних і функціональних компонентів (інституцій), які задіяні у процесі створення та застосування

наукових знань та технологій і визначають правові, економічні, організаційні та соціальні умови для забезпечення інноваційного процесу.

Національна інноваційна система містить підсистеми: *державного регулювання; освіти* (ВНЗ, науково-методичні й методичні установи, науково-виробничі підприємства, державні та місцеві органи управління освітою та інші); *генерації знань* (наукові установи та організації незалежно від форми власності, державні наукові центри, академічні та галузеві інститути, наукові підрозділи ВНЗ та інші); *інноваційної інфраструктури* (технологічні та наукові парки, інноваційні центри, бізнес-інкубатори тощо); *виробництва* (організації та підприємства, що виробляють інноваційну продукцію тощо).

Серед основних завдань розвитку національної інноваційної системи, відображених у Концепції розвитку національної інноваційної системи [204], виділимо ті, що мають відношення до об'єкта нашого дослідження. Це, зокрема, такі:

- забезпечення інноваційної спрямованості системи освіти шляхом: підвищення рівня комп'ютеризації ВНЗ; активізації науково-технічної та інноваційної діяльності ВНЗ та збільшення обсягу її бюджетного фінансування; утворення інноваційних структур у системі освіти;

- підвищення результативності вітчизняного сектору наукових досліджень і розробок із метою посилення його ролі в забезпеченні інноваційного розвитку національної економіки (зокрема, шляхом збільшення частки наукових та науково-технічних досліджень, спрямованих на створення нових видів інноваційної продукції);

- забезпечення розширеного відтворення знань на основі інтеграції діяльності ВНЗ, академічних та галузевих наукових установ (зокрема, шляхом посилення взаємодії освіти та науки, створення університетів дослідницького типу на базі провідних ВНЗ);

- забезпечення розвитку виробничо-технологічної інноваційної інфраструктури;

- формування позитивного ставлення до інновацій у суспільстві (зокрема, шляхом популяризації інноваційної діяльності через засоби масової інформації; упровадження навчальних програм, спрямованих на виховання в дітей та молоді творчого мислення та позитивного ставлення до інновацій).

Учений С. С. Пальчевський зазначає, що прогресивні зміни у виробництві та професійній діяльності будуть загальмовані, якщо система освіти завчасно не готуватиме молодь до життя в інформаційному суспільстві. У ньому, на думку вченого, основним джерелом життєзабезпечення громадян країни стане високоінтелектуалізована діяльність в усіх секторах економіки. Перехід до такого суспільства, орієнтованого не лише на інтелектуалізацію, породжує групу вимог до сучасної освіти, зокрема:

- виховання в молоді готовності до освоєння нових джерел інформації та зв'язку не лише для побутових потреб та самонавчання, а й для використання їх у майбутній професійній діяльності;

- формування в молодого покоління інноваційної орієнтації на межі поєднання досягнень науково-технічної та суспільно-гуманістичної цивілізацій;

- засвоєння нових етичних норм поведінки та діяльності в сучасному «інформаційно глобалізованому» світі;

- формування низки компетентностей, політичних, суспільних та громадянських, необхідних для життя та діяльності в багатокультурному середовищі в умовах інтенсифікованої взаємодії з ним [283, с. 547].

Які підходи щодо реалізації окреслених вимог уже існують? І. В. Височин пропонує забезпечити інноваційний характер професійної освіти внаслідок створення й розвитку у ВНЗ інноваційної інфраструктури [106]. У структурі останньої дослідник виділяє п'ять груп елементів:

- центри (центри трансферу технологій, науково-освітні центри тощо);
- відділи (зокрема, відділи інноваційного розвитку);
- інститути (науково-дослідні інститути, інститути інноваційних технологій тощо);

- науково-виробничі комплекси (лабораторії, технопарки, бізнес-інкубатори, експериментальні майданчики тощо);
- інші елементи (наукові школи, тимчасові творчі колективи та інші).

Основними завданнями інноваційної діяльності, наприклад, науково-дослідних лабораторій І. В. Височин вважає такі: об'єднання інтелектуальних, фінансових і матеріально-технічних ресурсів під час виконання наукових досліджень; упровадження результатів наукових досліджень у виробництво та в освітній процес; кадрове, матеріально-технічне, правове та інформаційне забезпечення виконання наукових досліджень; оприлюднення результатів досліджень на конференціях, семінарах та в наукових виданнях; розвиток кадрового потенціалу університету та відповідних наукових шкіл.

Зазначимо, що в межах цього дослідження нам вдалося реалізувати один із наведених елементів інноваційної інфраструктури – на базі ЗНУ було створено навчально-наукову лабораторію енергоефективності та енергозбереження. Вона виявилася ефективним освітнім середовищем для формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів (про особливості використання цієї лабораторії у процесі професійної підготовки майбутніх учителів фізики йдеться в підрозділі 4.3).

З метою підготовки студентів до здійснення інноваційної діяльності А. Д. Педан і Н. І. Чухрай пропонують формувати в університеті академічні групи, яким додатково в позалекційний час читатимуться адаптовані до винахідницької діяльності курси з футурології, психології евристичного мислення, емоційного інтелекту, патентного права, права інтелектуальної власності, теорії розв'язання винахідницьких задач, інноваційного менеджменту та інших дисциплін творчого напрямку [288] (частково цей підхід нами використаний для підготовки майбутніх учителів до організації інноваційної діяльності учнів). З приводу мотивації відвідування студентами таких додаткових занять вчені висловлюють цікаву думку про те, що обдарованим особистостям апріорі притаманне прагнення самореалізації в

розвитку власної обдарованості, що супроводжується позитивними емоціями. І тому будь-які примусові заходи не потрібні.

Переконаємося, що інноваційну спрямованість педагогічної освіти зумовлюють соціально-економічні перетворення, які, як зазначає Н. П. Волкова, вимагають відповідного оновлення освітньої політики, прагнення вчителів до освоєння та застосування педагогічних новинок; конкуренція загальноосвітніх закладів, яка стимулює пошук нових форм, методів організації навчально-виховного процесу, диктує відповідні критерії щодо відбору вчителів. На думку дослідниці, «головною рушійною силою інноваційної діяльності є вчитель, оскільки суб'єктивний чинник є вирішальним і під час упровадження та поширення нововведень. Педагог-новатор є носієм конкретних нововведень, їх творцем, модифікатором. Він має широкі можливості і необмежене поле діяльності, оскільки на практиці переконується в ефективності наявних методик навчання і може коригувати їх, проводити докладну структурування досліджень навчально-виховного процесу, створювати нові методики» [114, с. 459].

Важливо, що право на здійснення вчителем авторської системи діяльності закріплене законодавчо. У статті 54 Закону України «Про освіту» зазначається: «Педагогічні, науково-педагогічні та наукові працівники мають право на: академічну свободу, включаючи свободу викладання, свободу від втручання в педагогічну, науково-педагогічну та наукову діяльність, вільний вибір форм, методів і засобів навчання, що відповідають освітній програмі; педагогічну ініціативу; розроблення та впровадження авторських навчальних програм, проектів, освітніх методик і технологій, методів і засобів, насамперед методик компетентнісного навчання» [311].

Необхідною умовою щодо здійснення педагогом пошукової діяльності є наявність у нього *інноваційного потенціалу* – сукупності соціокультурних і творчих характеристик особистості педагога, яка виявляє готовність вдосконалювати педагогічну діяльність, наявність внутрішніх засобів та

методів, здатних забезпечити цю готовність. Н. П. Волкова виділяє такі фактори, що визначають інноваційний потенціал педагога [114, с. 459]:

- творча здатність генерувати нові уявлення та ідеї, що зумовлюється професійною установкою на досягнення пріоритетних завдань освіти; вміннями проектувати й моделювати свої ідеї на практиці. Реалізація інноваційного потенціалу вчителя передбачає значну свободу дій і його незалежність у використанні конкретних методик, нове розуміння цінностей освіти, прагнення до змін, моделювання експериментальних систем;

- високий культурно-естетичний рівень, освіченість, інтелектуальна глибина й різнобічність інтересів педагога; на перший план виступає неповторна своєрідність кожної особистості, самооцінка соціокультурного та інтелектуального рівнів розвитку; вибір різних форм культурної та наукової, творчої активності;

- відкритість особистості педагога до нового розуміння й сприйняття різних ідей, думок, напрямів, течій, що ґрунтуються на толерантності особистості, гнучкості та широті мислення.

Соціокультурні зміни в суспільстві впливають також і на сучасну фізичну освіту. Відповідно до наведених вище вимог, з'являються нові професійні завдання вчителя фізики. О. А. Крисанова [220, с. 8] до них відносить такі:

- нове цілепокладання;
- проектування дидактичних засобів, спрямованих на досягнення учнями нових освітніх результатів з урахуванням різних видів знань, що представлені у предметному, міжпредметному та метапредметному контекстах;
- розроблення освітніх технологій (методик, прийомів) роботи з новими навчальними матеріалами, фізичними текстами (інформаційними, розповідними, дискусійними), новими експериментальними установками та різними базами даних;
- конструювання оцінювальних засобів.

Перелік нових завдань, що виникають перед учителем, розширює також орієнтація освітнього процесу в сучасній школі на активні форми пізнавальної

діяльності учнів. Типовими для вчителя фізики стають проблеми, підкреслює М. М. Анісімов [53, с. 3], пов'язані з проектуванням з учнями складних систем, їх модернізацією, діагностикою технічного стану. Розв'язання таких завдань потребує від учителя не лише професійних знань, але й здатності аналізувати фізичні явища, техніку й технологію, здійснювати пошук інформації, навчати школярів винахідницькій та інноваційній діяльності.

Зважаючи на ці завдання, методична діяльність учителя фізики набуває інноваційного характеру. У зв'язку з цим О. А. Крисановою сформульовано визначення *інноваційної методичної діяльності й інноваційної методичної діяльності вчителя фізики*. У першому випадку дослідниця розуміє діяльність з проектування освітнього процесу в умовах упровадження методичних інновацій, що містить етапи створення (або використання «готових» нововведень) та реалізації проекту (впровадження та розповсюдження інновацій). Інноваційна методична діяльність вчителя фізики вважається діяльністю з проектування дидактичних засобів навчання учнів з урахуванням контекстів, у яких відбувається процес навчання [220, с. 39].

Тематичний напрям учнівської інноваційної діяльності, по можливості, також має враховувати пріоритетні напрямки науково-технічних розробок в Україні та світі (аналіз напрямків наведено, наприклад, у [126, с. 140, 220], [149, с. 604], [94, с. 270–272]). Упродовж останнього десятиліття цими напрямками є такі:

1. *Енергетика сталого розвитку* (включно з розробкою поновлюваних джерел енергії, паливних гальванічних елементів, переробкою відходів ядерного циклу). Ми солідарні з думкою авторів [94, с. 271] відносно того, що важливість розв'язання цієї проблеми пов'язана зі значенням енергоносіїв та джерел сировини як необхідних передумов економічного зростання будь-якої країни, прогресу виробничих сил. Суть проблеми, зазначається в дослідженні, полягає в тому, що на сьогодні відсутні бази постачання суспільного виробництва (що адекватні його темпам) енергією та сировиною; освоєння альтернативних енергоносіїв відбувається з затримкою; енергозабезпечення

багатьох країн залежить від зовнішніх джерел тощо. Тому цілком виправдано, що (як зазначають О. В. Дзяд, О. М. Рудік та інші [149, с. 604]) розвиток відновлюваної енергетики, зокрема, таких джерел як вітер, вода, Сонце та біомаса є основною метою енергетичної політики ЄС, а власне енергетика має посісти центральне місце в усіх зовнішніх відносинах ЄС, оскільки це важливо для геополітичної безпеки, екологічної стабільності, соціального розвитку та міжнародних зусиль у боротьбі зі зміною клімату.

2. *Захист навколишнього середовища.* П. Ю. Буряк та О. Г. Гупало [94, с. 270] констатують, що на сьогодні людство не має єдиної програми розв'язання екологічної проблеми. Зусилля вчених та суб'єктів господарювання зосереджені на розробленні нових технологій (зокрема, ресурсозберігаючих та безвідходних); на пошуку засобів для фінансування заходів зі збереження навколишнього середовища; на розробленні національних програм раціонального природокористування. До головних екологічних проблем, з якими зіткнулося людство на початку ХХІ століття, вітчизняні та закордонні вчені (зокрема, О. В. Дзяд, О. М. Рудік та інші [149], Е. Енгер (Eldon Enger), Б. Сміт (Bradley Smith) [448], Л. Беттенкурт (Luis Bettencourt) та інші [446]) відносять: забруднення навколишнього середовища, накопичення відходів (побутових, промислових, сільськогосподарських), зміну клімату на Землі.

3. *Освоєння світового океану,* що дає людству біоресурси та мінеральну сировину [94, с. 272].

До наведених актуальних проблем сьогодення В. М. Гесць та В. П. Семиноженко [126, с. 140, 220] додають ще *інформаційні й комунікаційні технології*, а також *транспорт і життєвий простір*. Врахування вимоги щодо вибору пріоритетних напрямків для інноваційної діяльності учнів у процесі навчання фізики, обумовило необхідність спрямувати організаційні форми й зміст інноваційної діяльності учнів у розробленій авторській технології на ознайомлення, вивчення та розв'язання актуальних проблем сьогодення (розділ 4). Як тематичне поле для інноваційної діяльності учнів нами вибрано *фізичні основи енергозбереження*.

Проблему енергозбереження ми вибрали не випадково. З одного боку, нині це одна з актуальних всесвітніх проблем. І роль освіти в її розв'язанні є дуже важливою [158, с. 6]. Наприклад, одним із пріоритетних завдань сучасної освіти є формування в молоді свідомого ставлення до проблем навколишнього середовища, енергозбереження й енергоефективності; навчання учнів дієвих практичних заходів щодо раціонального використання енергії та природних ресурсів. Попри це в науково-методичній літературі бракує конкретних методичних розробок, спрямованих на розв'язання окреслених завдань.

З іншого боку, фізика як навчальний предмет має безпосереднє відношення до окресленої проблеми. Адже саме на заняттях з фізики учні вивчають основи сучасної техніки й виробничих технологій; знайомляться з різними видами енергії, теоретичними основами, конструкцією та принципом дії пристроїв для перетворення одного виду енергії в інший; досліджують технічні та екологічні проблеми, пов'язані з виробництвом, передачею та споживанням електричної енергії тощо. Крім того, практична діяльність учнів, пов'язана з енергозбереженням, за певних умов стає своєрідним полігоном для застосування теоретичних знань, набутих на уроках фізики. Важливо, що в учнів з'являється зацікавлення предметом, оскільки виникають додаткові мотиви до навчання, пов'язані з можливістю:

- побачити кінцевий продукт своєї діяльності (наприклад, методики підвищення енергоефективності, діючі моделі запропонованих пристроїв);
- впровадження розроблених заходів з енергозбереження в себе вдома;
- перенесення теоретичних знань на галузь практики у процесі розв'язування певної технічної проблеми;
- створення оригінальних (таких, що мають елементи об'єктивної новизни) пристроїв та способів з раціонального використання енергії та ресурсів.

Докладніше про фізичні основи енергозбереження як важливий напрям інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики йдеться в підрозділі 4.1.

Отже, у контексті розвитку національної інноваційної системи є актуальною проблема підготовки майбутніх учителів до здійснення інноваційної освітньої діяльності та формування в учнів позитивного ставлення до інновацій, розвитку в них творчих здібностей. Вибір тематичних напрямків інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики має враховувати пріоритетні напрямки науково-технічних розробок в Україні і світі. Останніми, зокрема, є: енергетика сталого розвитку, захист навколишнього середовища, освоєння світового океану, інформаційно-комунікаційні технології, транспорт, життєвий простір.

1.4. Методологічні засади формування здатності до інноваційної діяльності в навчанні фізики

Методологічним аспектом розроблюваної концепції підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі є філософські ідеї та положення (насамперед, про діяльність як спосіб людського буття, про особистість як суб'єкт діяльності й відносин; філософські аспекти творчості та формування творчого потенціалу особистості); загальнонаукові та конкретнонаукові підходи та принципи (із врахуванням їх взаємозв'язку).

Діяльність як спосіб людського буття. Досліджуючи зміст і структуру поняття «інноваційна діяльність учнів», ми виходили з визначення *діяльності* як філософської категорії, під якою розуміємо форму активного ставлення людини до оточуючого її світу з метою перетворення [396, с. 255] (подібне тлумачення діяльності наведено в Новітньому філософському словнику [201, с. 193]). Серед функціональних характеристик, що притаманні людській діяльності, В. Л. Петрушенко виділяє такі [290, с. 319]:

- людська діяльність має *перетворювальний* (а не пристосувальний) характер;
- спрямована до певної *мети* (тобто є цілеспрямованою);

- є *предметною* (людина виокремлює з природної цілості властивості, якості, сили, характеристики речей та процесів, залучаючи їх до змісту діяльності);

- є *соціально організованою* (передбачає людські об'єднання, спілкування, розподіл праці, обмін знаннями та навичками);

- має *свідомий* характер;

- набуває розвиненого вигляду лише тоді, коли переростає в *самодіяльність* (тобто спрямовується на власний розвиток та вдосконалення).

Задля з'ясування структури інноваційної діяльності учнів (підрозділ 1.5) ми врахували філософські підходи до структури діяльності загалом. Найпоширенішою, на думку Г. І. Рузавіна, В. П. Ляшенка, О. О. Мітрошенкова [331, с. 559], є структура, що розкриває елементи діяльності як процесу. До цих елементів вони відносять суб'єкт, об'єкт, мету, засоби й способи, результат діяльності. *Суб'єкт* діяльності – це людина, група людей, суспільство загалом, які реалізують у певних діях свої потреби та інтереси. *Об'єкт* діяльності – процеси та явища, на які спрямована активність суб'єкта. Під час активної взаємодії з навколишньою дійсністю жива істота є суб'єктом, який цілеспрямовано діє на об'єкт і задовольняє таким чином свої потреби [88, с. 135]. *Метою* діяльності є ідеальний образ бажаного результату. Вона є об'єктивною за змістом (оскільки виражає реальні потреби людини) і суб'єктивною за формою. *Засоби й способи* діяльності – це речі, процеси, явища, за допомогою яких досягається поставлена мета. *Результатом* діяльності є реалізована або нереалізована мета [331, с. 561].

Особистість як суб'єкт діяльності й відносин. Освіта неможлива без звернення до особистості [392, с. 403]. Філософи інтерпретують людину як суб'єкт історичного процесу, розвитку матеріальної й духовної культури, носія свідомості та самосвідомості, зі своїм внутрішнім суб'єктивним світом, соціальними орієнтаціями та настановами [368, с. 272]. Там же зазначається, що особистість поєднує в собі соціальне та індивідуальне, тобто містить

індивідуалізовану систему соціально значущих якостей людини (потреби, інтереси, здібності тощо).

Важливо, що фундаментальним фактором буття особистості, завдяки якому вона реалізує себе, є суб'єкт-суб'єктні відношення (спілкування, діалог, вільна духовна комунікація) [399, с. 321]. При цьому особистість діє відповідно до своїх потреб, інтересів, ціннісних орієнтацій, характеру й змісту власної життєвої позиції та вимог соціальних норм [393, с. 315].

Вважається, що *потреби* є першим і найпростішим елементом суті особистості (вони визначають те, що потрібно людині для життя). Задоволення її потреби відбувається через *мету* (ідеальний образ осмислення результату діяльності та шляхів і засобів його досягнення). Усвідомлення потреби, синтез потреби й мети утворюють *інтерес* [395, с. 620].

Життєва позиція особистості, зазначають В. П. Андрущенко, Л. В. Губерський, І. Ф. Надольний та інші [393, с. 314], визначає її орієнтацію в навколишньому світі, зокрема ціннісну орієнтацію, ставлення особистості до інших людей, установку й готовність до здійснення певних дій, форми та способи цього здійснення. Там же зазначається, що формування життєвої позиції відбувається під впливом комплексу об'єктивних і суб'єктивних умов. Серед них: засвоєння особистістю певного світогляду, різних знань, вироблення переконань, соціальних і професійних навичок, розвиток міжособових відносин, залучення особистості до трудової діяльності тощо.

Важливо, що в суспільних моделях майбутнього запитаним стає тип творчої та активної особистості, яка здатна швидко реагувати на зміни й діяти в мінливих обставинах. Відповідно до цього, перспективною тенденцією сучасної освіти Л. І. Мозговий, І. В. Бичко, Р. О. Додонов та інші [392, с. 403] справедливо вважають поступову відмову від передачі учням або студентам перевірених істин на користь їх самостійної культуротворчої діяльності, інновацій та відкритого діалогічного спілкування. На ці важливі завдання вказував відомий психолог Л. С. Виготський. Головною фігурою навчання він вважав учня як суб'єкта власної діяльності. Учитель же, користуючись

великими можливостями соціального середовища, у якому живе й діє учень, може спрямовувати й керувати особистою діяльністю учня з метою її подальшого розвитку [117, с. 599].

Філософські аспекти творчості та формування творчого потенціалу особистості. З точки зору творчої ролі розрізняють *репродуктивну* (відтворення вже відомого) і *продуктивну*, або *творчу* (створення нового) діяльність. *Творчість (творча діяльність)* взагалі у філософії вважається створенням (або виникненням) нового, що суттєво відрізняється за своїми властивостями, якостями, законами, характеристиками від того, що вже існує [230, с. 180]. *Наукова творчість* полягає у продукуванні наукових інновацій (ними, зокрема, є: ідеї, концепції, закони, теорії, принципи, методи, моделі, прилади, зразки техніки, технології) [230, с. 113]. У психології також існують різні підходи до розуміння природи творчості (творчої діяльності). Наприклад, Р. О. Семенова, Д. К. Корольов, М. О. Мельник та інші [105, с. 105] *творчістю* вважають діяльність, результатом якої є створення нових матеріальних та духовних цінностей.

Разом із цим, такі характерні ознаки творчої діяльності як соціальна значущість, цінність і новизна, на думку В. Г. Разумовського (наведено за: [242]), слід вважати суб'єктивними. Саме це, вважає вчений, є підґрунтям для організації творчої діяльності безпосередньо на уроках. Погоджуючись із такою думкою, під *творчістю (творчою діяльністю)* у нашому дослідженні вважаємо будь-яку практичну або теоретичну діяльність людини, у якій виникають нові (принаймні, для суб'єкта діяльності) результати (знання, розв'язки, способи дії, матеріальні продукти) [88, с. 536]. Отже, інноваційна діяльність учнів має ту особливість, що її результати відрізняються здебільшого *суб'єктивною новизною*. Хоча, як свідчать результати наших досліджень, учні спроможні продукувати технічні рішення, що мають елементи об'єктивної новизни (відповідні приклади наведено в наступних розділах монографії).

Часто, особливо на рівні буденної свідомості, вважають, що здатність до інноваційної діяльності, до творчості взагалі є особливістю небагатьох, обраних

(які мають природний талант, відповідну спадкоємність або творчі здібності). На нашу думку, це твердження хибне, адже відповідно до поглядів сучасної філософії [395, с. 535]: «творча активність – це визначальна риса людської свідомості, одна з основних її функцій. Однак у різних людей ступінь новизни й цінності результату творчості далеко не однакові. Це залежить від внутрішньої активності, ступеня соціалізації й характеру діяльності особи, від того, чи повністю володіє людина необхідними для творчості якостями». Спираючись на зазначене, у дослідженні ми виходимо з того, що творчість є специфічною здатністю кожної людини, і цю здатність можна й треба розвивати, застосовуючи спеціальні методи й технології. Аналогічну думку висловлюють Д. В. Чернілевський, О. Є. Антонова, Л. В. Барановська та інші [257, с. 64].

Припущення про те, що всі без винятку люди володіють творчим потенціалом лежить в основі *егалітарного підходу* до проблеми творчості. Цей підхід покладений в основу дисертаційного дослідження Р. І. Швай [426]. Зокрема, дослідниця вказує на те, що творчість є обов'язковою характеристикою й суттю дитинства: «Учні вільні від загальноприйнятих думок, поглядів, характеризуються оригінальністю мислення, пізнавальним інтересом, відкритістю, прагненням інтелектуальної активності. Однак їх творчість у процесі навчання може згасати під впливом зовнішніх чинників, які впливають на стабілізацію та репродукцію соціальної структури, передавання знань, але не стимулюють розвиток креативності. Освіта – найважливіший засіб і ресурс становлення креативної особистості, здатної до прийняття відповідальних рішень в умовах вільного вибору» [426, с. 12].

Дидактичні підходи та принципи. Розглянемо основні *дидактичні підходи*, що входять до методологічного концепту нашого дослідження. Важливими для процесу формування готовності майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі є такі підходи: системний, діяльнісний, компетентнісний, особистісно орієнтований, акмеологічний та аксіологічний.

1. *Системний підхід* – методологічний напрям пізнання системних об'єктів, що передбачає розгляд об'єкта дослідження як системи, орієнтує дослідника на розкриття цілісності об'єкта, на виявлення різних типів зв'язку в ньому і зведення їх в єдину теоретичну картину. Систему Д. В. Чернілевський, О. Є. Антонова, Л. В. Барановська та інші [257, с. 109] вважають комплексом взаємодіючих компонентів, які складають цілісне утворення, що має, крім властивостей елементів, свої особливі системні ознаки: ціле більше від суми своїх частин. Під час дослідження педагогічної системи, зазначають ці ж автори [257, с. 35], необхідно виявити компоненти й системоутворюючі зв'язки педагогічного процесу, визначити основні фактори, що впливають на функціонування цієї системи, визначити роль і місце такої системи в системі інших явищ, вивчити процеси управління, що забезпечують досягнення поставлених цілей, і в результаті – створити систему з покращеним функціонуванням, упровадити отримані результати в практику.

Розглядаючи методологічні основи формування готовності майбутніх учителів до інноваційної професійної діяльності, І. В. Гавриш наголошує на тому, що дослідження вказаної проблеми має здійснюватися з позицій *системного підходу* через призму об'єктивної необхідності її розв'язання відповідно до національного й цивілізаційного контекстів розвитку системи освіти в Україні. Дослідниця зазначає, що «... підготовка студентів педагогічних ВНЗ до створення, упровадження і розповсюдження освітніх інновацій має досліджуватися як відкрита, складна, динамічна, кібернетична система, побудована на основі органічної єдності загального, особливого та індивідуального. Як загальне вона є складовою загальнопедагогічної підготовки, як особливе – має певну специфіку, зумовлену закономірностями процесу формування готовності майбутніх учителів до інноваційної професійної діяльності, як індивідуальне – відображає залежність її організації від рівня розвитку інноваційного потенціалу студентів» [120, с. 30].

2. *Діяльнісний підхід* вказує на те, що продуктивне засвоєння знань відбувається у процесі активної діяльності. Саме у процесі діяльності

відбувається інтенсивний розвиток психічних процесів людини, формуються її особистісні якості (розумові, емоційні, вольові), розвиваються здібності. «Діяльність людини – необхідна умова її розвитку, в процесі якого набувається життєвий досвід, пізнається навколишня дійсність, засвоюються знання, виробляються уміння та навички, завдяки чому розвивається і сама діяльність» [257, с. 63].

У процесі реалізації діяльнісного підходу, зазначає І. В. Бургун [93, с. 78], учням відводиться роль активних учасників навчального процесу, а не роль слухачів, споживачів готових знань. Роль учителя зводиться не стільки до керівництва навчальним процесом, скільки до створення сприятливих умов для самостійного набуття учнями знань, умінь, навичок, способів діяльності, до надання їм допомоги. Дослідниця наводить сучасні погляди на організацію навчання, що ґрунтуються на ідеях діяльнісного підходу. Зокрема, вкажемо на такі з них:

- основною умовою ефективного здійснення навчально-пізнавальної діяльності є її самостійний характер;
- організація навчання в три етапи: мотиваційно-цільовий, операційно-функціональний, контрольно-рефлексивний;
- застосування активних методів навчання; розвиток умінь, необхідних для самостійної навчально-пізнавальної діяльності.

Конкретним виявом діяльнісного підходу до навчання є *дослідницький підхід*. З урахуванням його важливості для успішного здійснення інноваційної діяльності проаналізуємо цей підхід детальніше. У науково-методичній літературі розрізняється два види дослідницької діяльності учнів (студентів): науково-дослідницька й навчально-дослідницька. Перша пов'язана з виявленням *об'єктивних* закономірностей природних явищ і процесів. До особливостей другої І. В. Бургун відносить такі [93, с. 95]:

- спрямованість на розв'язання навчально-пізнавальних проблем;
- спрямованість на опанування знаннями й уміннями;

- спрямованість на засвоєння методів наукового пізнання навколишньої дійсності;
- вплив на розвиток особистості учня;
- керованість і самокерованість.

І. В. Бургун виокремлює мотиваційну, пізнавальну, розвивальну, виховну та пошукову функції навчально-пізнавальної діяльності. У процесі цієї діяльності відбувається розвиток пізнавального інтересу та ціннісного ставлення молодшої людини до пошукової діяльності (мотиваційна функція); засвоєння не лише предметних, а й методологічних знань (пізнавальна функція); розвиток творчої активності учнів (студентів), їх самостійності та інших особистісних якостей (розвивальна функція); формування світогляду та прагнення до творчого пошуку (виховна функція); розвиток загальнонавчальних умінь і здібностей (уміння організовувати дослідження, працювати з різними джерелами інформації, здійснювати контроль і коригування діяльності тощо (пошукова функція) [93, с. 95].

3. *Компетентнісний підхід* спрямовує освітній процес на формування в молодшої людини здатності практично діяти, розв'язувати проблеми в різних сферах життєдіяльності, використовуючи власний досвід. Він не заперечує роль знань, умінь і навичок, зазначає І. В. Бургун [92, с. 12], а підсилює практичну спрямованість освіти, її предметно-професійний аспект, важливість досвіду, умінь реалізувати знання на практиці, розв'язувати проблеми. У розумінні суті компетентнісного підходу І. В. Коробова, разом із підсиленням практичної спрямованості навчання та підвищенням активності студентів (учнів), виділяє також такі аспекти як набуття майбутніми фахівцями мінімального досвіду цілісної професійної діяльності ще у процесі навчання; врахування індивідуальності студентів, їх ціннісних орієнтацій; а також те, що оцінюватися мають не знання, а компетентності [206, с. 5].

На доцільності осмислення питань практичної реалізації основних положень *компетентнісного підходу* вказує І. В. Гавриш [120]. На її думку це дозволить запобігти слабкій практичній підготовці вчителів, попередити

формування в них недієвих і незатребуваних професійних знань. Особливостям застосування компетентнісного підходу в навчально-виховному процесі з фізики присвячені наукові праці П. С. Атаманчука [64], І. В. Бургун [92], В. Д. Шарко [421], М. Ю. Галатюка [122], О. І. Ляшенка [238] та інших. Різні аспекти фахової підготовки майбутніх учителів фізики на основі компетентнісного підходу досліджували П. С. Атаманчук [63], В. Ф. Заболотний [167], І. В. Коробова [206], О. М. Ніколаєв [267] та інші.

Основними поняттями компетентнісного підходу є *компетентність* і *компетенція*. У Законі України «Про освіту» [311] *компетентність* визначається як динамічна комбінація знань, умінь, навичок, способів мислення, поглядів, цінностей, інших особистих якостей, що визначає здатність особи успішно соціалізуватися, провадити професійну та/або подальшу навчальну діяльність. Подібне визначення компетентності наведено також у Законі України «Про вищу освіту» [306] із вказівкою на те, що компетентність є результатом навчання на певному рівні вищої освіти.

Нині у світі реалізується підтриманий Європейською Комісією Проект «Гармонізація освітніх структур у Європі» (Tuning Educational Structures in Europe, TUNING) [459; 452], у якому беруть участь більшість країн, що підписали Болонську декларацію. У проекті TUNING компетентнісний підхід є основою для методології розроблення навчальних програм та внесення до них змін, щоб зробити їх порівнянними. Кінцеві результати навчання в цьому проекті формуються в термінах *компетентностей*, тобто динамічного поєднання знань, розуміння, навичок, умінь та здатностей. Розвиток компетентностей є метою навчальних програм. У проекті TUNING компетентності поділяються на дві групи: *загальні* (складаються з інструментальних, міжособистісних та системних компетентностей, що мають свою структуру) та *спеціальні (предметні, фахові)*, останні є специфічними для певної галузі навчання.

Досліджуючи розвиток загальнонавчальних умінь учнів основної школи в контексті компетентнісного підходу до навчання фізики, І. В. Бургун [92, с. 16]

під *компетентністю* розуміє найвищий рівень освіченості особистості, її інтегровану якість, що виявляється в здатності особистості до діяльності, спрямованої на розв'язання проблем, і забезпечується психологічною, теоретичною, практичною готовністю до неї, й досягається через організацію досвіду цієї діяльності. *Компетенцію* ж вважають відчуженою, наперед заданою соціальною вимогою (нормою) до освітньої підготовки учня, що стандартизована для багатьох учнів, і необхідна для їх якісної продуктивної діяльності в певній сфері. У такому розумінні компетенція є заданим змістом компетентності, який необхідно опанувати, щоб бути компетентним. Подібні означення компетентності і компетенції подані в Державному стандарті базової і повної загальної середньої освіти [147]. Компетентність є набута у процесі навчання інтегрована здатність учня, що складається зі 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.

Серед ключових компетентностей, виділених у статті 12 Закону України «Про освіту» [311] стосовно загальної середньої освіти, особливе значення в контексті нашого дослідження відіграють такі: компетентності в галузі природничих наук, техніки й технологій; інноваційність; екологічна компетентність; інформаційно-комунікаційна компетентність; навчання впродовж життя. Там же зазначається, що «спільними для всіх компетентностей є такі вміння: читання з розумінням, уміння висловлювати власну думку усно і письмово, критичне та системне мислення, здатність логічно обґрунтовувати позицію, творчість, ініціативність, вміння конструктивно керувати емоціями, оцінювати ризики, приймати рішення, розв'язувати проблеми, здатність співпрацювати з іншими людьми».

Відзначимо, що в сучасних галузевих стандартах підготовки фахівців, зокрема у Стандарті спеціальності 014 Середня освіта, та його складової стосовно предметної спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика) для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти [314], поняття «компетенція» не

застосовується, на відміну від поняття «компетентність». Виділяються загальні та фахові (предметні) компетентності, формування яких забезпечується досягненням програмних результатів навчання, поданих за групами згідно з дескрипторами Національної рамки кваліфікацій [264]: знання, уміння, комунікація, автономія та відповідальність.

Услід за О. І. Гурою *професійною компетентністю* (зокрема, вчителя) вважаємо професійну підготовку й здатність суб'єкта праці до виконання завдань і обов'язків діяльності, міру й основний критерій його відповідності вимогам професійної діяльності [137, с. 59]. У структурі компетентності В. Д. Шарко виокремлює три компоненти: когнітивний (знаннєвий), діяльнісний, особистісний (цілі, мотиви, цінності, рефлексія). Їх склад має забезпечувати суб'єкта навчання знаннями про особливості конкретного виду діяльності; набором способів дій, що необхідні для її виконання, і потребою у здійсненні [421]. Вказується, що компетентнісний підхід зміщує акценти з накопичування нормативно визначених знань, умінь і навичок на формування й розвиток здатності практично діяти, застосовувати досвід успішних дій у конкретних ситуаціях. За такої умови викладач ВНЗ (учитель), зазначає В. Д. Шарко, повинен не примушувати, а мотивувати студентів (учнів) до певної діяльності, формувати потребу у виконанні завдань, сприяти отриманню досвіду творчої діяльності та емоційного ставлення до знань і до процесу їх отримання. Тобто педагог має бути не стільки джерелом знань та контролюючим суб'єктом, скільки організатором активної пізнавальної діяльності того, хто навчається, консультантом і помічником (фасилітатором).

4. *Особистісно орієнтований підхід* передбачає організацію навчання на засадах всебічного врахування індивідуальних потреб і можливостей того, хто навчається, глибокої поваги до його особистості, ставлення до нього як до свідомого й відповідального суб'єкта навчально-виховної взаємодії [160, с. 626]. Завдяки організації такої взаємодії (наприклад, учнів і вчителів) створюються сприятливі умови для розвитку в суб'єктів навчання здатності до самоосвіти, самовизначення, самостійності й самореалізації. Як зазначається в

Державному стандарті базової і повної загальної середньої освіти [147], особистісно орієнтований підхід передбачає спрямованість навчально-виховного процесу на взаємодію й плідний розвиток особистості педагога та його учнів на основі рівності у спілкуванні та партнерства в навчанні.

Серед основних положень особистісно орієнтованого підходу О. І. Іваницький і С. П. Ткаченко виділяють такі [185, с. 7]:

- головною метою навчання є розвиток особистості учня. Це положення змінює місце суб'єкта учіння на всіх етапах навчального процесу й передбачає суб'єктивну активність;

- орієнтація на індивідуальну траєкторію розвитку особистості учня, відповідність вимозі щодо самовизначення, самоосвіти, самостійності в навчально-професійних видах діяльності, посилення особистісної компоненти освіти;

- запорукою повноцінної організації навчального процесу є творча індивідуальність викладача, нормою стають авторські педагогічні технології.

До цих положень слід додати ще одну ознаку особистісно орієнтованого підходу, виділену А. В. Хуторським [409, с. 170] (вона є особливо важливою для нашого дослідження): спрямованість на продуктивну діяльність суб'єктів навчання, характерною рисою якої є створення освітніх продуктів.

5. *Акмеологічний підхід* (з грецької *akme* – вища точка, зрілість; *logos* – вчення, слово) полягає у вивченні особистості як цілісного феномена в єдності її суттєвих сторін (індивід, особистість, індивідуальність); орієнтації людини на постійний саморозвиток і самовдосконалення, мотивації високих досягнень, прагненні високих результатів, життєвих успіхів; організації творчої діяльності особистості на всіх етапах її неперервної освіти, створенні необхідних умов для самореалізації її творчого потенціалу [257, с. 111]. Акмеологічний підхід здебільшого стосується різних аспектів діяльності дорослої людини-фахівця, проте в нашому дослідженні важливе місце належить одному з центральних методів дослідження акмеології – порівняльному аналізу різнорівневих систем діяльності як учителів фізики, так і студентів.

6. *Аксіологічний підхід* (з грецької *axia* – цінність, *logos* – вчення, слово) розглядає цінності як основу цілепокладання в діяльності людини. А воно, на думку А. В. Хуторського, є одним з основних процесів в інноваційному мисленні [409, с. 62]. Поняття *цінностей* педагогічна аксіологія пояснює як специфічні утворення у структурі індивідуальної свідомості, що постають ідеальними зразками та орієнтирами діяльності особистості й суспільства [358, с. 100]. Система цінностей як світоглядна основа будь-якої діяльності визначає міру соціальної та ідеальної значущості її результату, набір використовуваних засобів тощо [400, с. 592]. Цінності визначають важливий аспект існування людини – її здатність до активного й свідомого перетворення світу й самої себе відповідно до значущих для неї ідеальних уявлень [361, с. 4].

Зазвичай цінності поділяють на *матеріальні* (речі та процеси навколишнього світу, що є значущими для задоволення життєво важливих потреб людини) та *духовні* (завдяки ним людина реалізує себе як творчу та моральну індивідуальність). Інколи виокремлюють ще й *соціальні* цінності (тобто такі, що забезпечують діяльність людини як соціальної істоти). Серед прикладів матеріальних цінностей С. П. Щерба і О. А. Заглада [435, с. 514] наводять, зокрема, знаряддя виробництва, техніку й технології, умови проживання індивіда, побутову сторону його життєдіяльності. А серед прикладів духовних цінностей – інформацію, пізнавальну, моральну, естетичну, наукову, релігійну діяльності та способи й форми їх матеріального втілення (виставки, салони, бібліотеки, ВНЗ тощо).

Окрім наведених дидактичних підходів, у процесі розроблення методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів нами були враховані основні *дидактичні принципи*. Останні розуміють як категорії дидактики, що характеризують способи застосування законів навчання відповідно до цілей виховання й освіти [89, с. 102]. У контексті нашого дослідження принципи навчання є вимогами до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики. З огляду на наведені Є. С. Рапацевичем [322, с. 137–140] дидактичні принципи навчання,

розглянемо особливості їх використання в нашому дослідженні (слід зазначити, що деякі з принципів навчання були сформульовані ще Я. А. Коменським [200, с. 383–390]).

1. *Принцип спрямованості навчання на розв'язання у взаємозв'язку задач навчання, виховання й загального розвитку особистості.* Принцип обумовлений вимогою суспільства у всебічно й гармонійно розвиненій особистості. Врахування цього принципу шляхом підвищення значення цілепокладання робить навчання більш цілеспрямованим. У нашому дослідженні реалізація цього принципу пов'язана, насамперед, із розвитком творчих здібностей молодшої людини (студента або учня) у процесі залучення їх до інноваційної діяльності.

2. *Принцип науковості навчання.* Принцип вимагає, щоб зміст навчання ґрунтувався на об'єктивних наукових фактах, поняттях, законах, теоріях основних розділів відповідної галузі знань із врахуванням її сучасних досягнень і перспектив розвитку. Як наголошує Є. С. Рапацевич, принцип науковості передбачає розвиток у студентів (учнів) здатностей до наукового пошуку, ознайомлення їх зі способами наукової організації праці [322, с. 137]. Цьому сприяє впровадження в навчання елементів проблемності, дослідницьких лабораторних і практичних робіт, уміння доводити свою точку зору, спираючись на наукові факти, тощо. Дотримання цього принципу мало місце, наприклад, у процесі розробки навчального посібника з тематики нашого дослідження (пункт 3.3.2), умов навчально-пізнавальних задач, що визначали тематичні напрямки інноваційної діяльності учнів тощо.

3. *Принцип зв'язку навчання з практичною діяльністю.* Відповідно до цього принципу формування певних знань, умінь, досвіду та якостей має відбуватися з урахуванням їх прикладного значення для науки, виробництва, сільського господарства тощо.

4. *Принцип системності й послідовності в навчанні* акцентує на тому, що формування знань, умінь, якостей має відбуватися системно й водночас у певній послідовності (коли наступний елемент спирається на попередній).

Особливу роль він відігравав, зокрема, на етапі створення навчальних програм дисциплін, що сприяють підготовці майбутніх учителів до організації інноваційної діяльності учнів з фізики, а також при розробленні програм для організації цієї діяльності у процесі позаурочної роботи учнів.

5. *Принцип доступності навчання.* Будь-яке навчання не повинно призводити до інтелектуальних, фізичних, моральних перевантажень, що негативно впливають на фізичний та психічний стан здоров'я молодої людини. Проте, цей принцип не означає, що навчання має бути спрощеним (елементарним), адже в цьому разі воно не матиме розвивального впливу на особистість. Як справедливо зазначає І. В. Зайченко: «Оволодіння життєвим досвідом завжди було й буде для дітей серйозною працею. Становлення дитини соціально ціннісною особистістю відбувається тільки в умовах подолання зовнішніх і внутрішніх перешкод, вольового самостимулювання, самоподолання й самообмеження. Питання не в тому, чи треба організувати дитячий розвиток як подолання перешкод і працю, а в тому, як зробити цю працю бажаною і радісною» [172, с. 83]. Цього принципу ми дотримувались, наприклад, при розробленні засобів навчання: навчально-пізнавальних задач, творчих завдань, проблемних ситуацій тощо. Уможливлення індивідуального підходу у процесі виконання учнями творчих робіт, що мають інноваційну складову, також було покликане цим принципом.

6. *Принцип свідомості й активного ставлення до навчання* спрямований на те, що той, хто навчається, має виступати суб'єктом, а не пасивним об'єктом навчання. Активність молоді має зорієнтовуватися на самостійне здобування знань. Вимога ж свідомого навчання допомагає у боротьбі з формалізмом і сприяє перетворенню знань на глибокі та стійкі переконання особистості. Ця вимога змусила нас передбачити такі форми й методи роботи зі студентами (учнями), які дають можливість активізувати навчальний процес, уможливити їх самостійну роботу.

7. *Принцип наочності.* Із психології відомо, що ефективність навчання підвищується, якщо воно супроводжується залученням до сприйняття всіх

органів відчуття людини. До наочних засобів навчання відносять, зокрема, лабораторне обладнання, навчальні посібники, демонстрації, творчі роботи. Унаочнення навчального процесу з фізики під час інноваційної діяльності учнів відбувається, зокрема, через створення ними діючих моделей, макетів, експериментальних зразків, презентацій, через проведення експериментальних досліджень. Разом із цим, ми згодні з Є. С. Рапацевичем [322, с. 139] у тому, що використання наочних засобів не повинно бути надмірним, позаяк в особистості має бути розвинене не лише наочно-образне, але й абстрактно-логічне мислення.

8. *Принцип поєднання різних методів, засобів і форм організації навчання.* Відповідно до цього принципу вибір методів, засобів і форм навчання має залежати від конкретних педагогічних завдань, а також від конкретної психолого-педагогічної ситуації. Розроблена нами технологія організації інноваційної діяльності учнів (розділ 4) охоплює не лише урочну, а й позаурочну форми навчання. У цій технології передбачаються як групові (фронтальні), так і парні та індивідуальні структурні організаційні форми роботи учнів.

9. *Принцип створення необхідних умов для навчання.* Є. С. Рапацевич наводить чотири основні групи таких умов: навчально-матеріальні, шкільно-гігієнічні, морально-психологічні й естетичні [322, с. 139].

10. *Принцип ґрунтовності та дієвості результатів навчання.* Аби знання добре засвоїлись, вони мають бути усвідомлені молодого людиною. Крім того, набуті нею знання, здатності та досвід мають спрямовуватися на розв'язання життєвих проблем. Про конкреті підходи щодо реалізації цього принципу йтиметься в підрозділі 2.5.

Окремо слід розглянути *принцип гуманізації освіти*. У наш час він набув особливої актуальності. Як зазначає С. М. Ніколаєнко, стратегію сучасної педагогічної освіти визначає розвиток і саморозвиток особистості педагогічного працівника, здатного не тільки обслуговувати наявні педагогічні й соціальні технології, але й виходити за межі нормативної діяльності,

здійснювати інноваційні процеси, процеси творчості в широкому розумінні [268, с. 36]. Саме на основі принципу *гуманізації освіти* можна вести розбудову такої стратегії. Адже він орієнтує розвиток системи освіти на гуманні відносини в суспільстві як загальнолюдську цінність і передбачає відповідну зміну змісту, методів, організаційних форм, засобів навчання. Конкретні передумови щодо такої зміни О. І. Іваницький [185, с. 6] вбачає в такому:

- підвищенні в учнів і студентів задоволення від навчання, що ґрунтується на взаємозв'язку економічних і педагогічних механізмів стимулювання освіти й конкретної навчальної діяльності;
- формуванні гуманних відносин між учнями, студентами та педагогічними працівниками;
- збагаченні процесу навчання шляхом упровадження інноваційних педагогічних технологій;
- розробленні правових основ соціального захисту прав молоді в умовах ринкової економіки.

Серед найхарактерніших ознак гуманістичної педагогіки, ідеї якої відповідають принципу гуманізації освіти, І. В. Зайченко наводить, зокрема, такі [171, с. 81]:

- пріоритет розвитку фізичних, психічних, інтелектуальних, моральних та інших сфер особистості;
- зосередження зусиль на формуванні вільної, самостійно мислячої та діючої особистості, громадянина-гуманіста, здатного здійснювати обґрунтований вибір у різних навчальних і життєвих ситуаціях;
- забезпечення належних організаційних умов для успішного досягнення переорієнтації навчально-виховного процесу.

Ми поділяємо думку Р. І. Швай [426, с. 3] про те, що, попри важливість проблеми оволодіння молоддю гуманістичною методологією творчого перетворення світу, розвитку її творчого потенціалу, на сьогодні бракує практико-орієнтованих праць з педагогіки творчості, альтернативних моделей і

методів навчання, в основу яких покладено теоретичні та методологічні засади сучасних теорій творчості.

Окрім наведених загальнодидактичних принципів навчання, у нашому дослідженні враховані також принципи, що визначаються специфікою інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі. Деякі з цих принципів розглянуто А. В. Хуторським у контексті особистісно орієнтованого навчання [408, с. 27–35]:

- *принцип продуктивності навчання* передбачає особистий приріст учня (що складається з внутрішніх і зовнішніх освітніх продуктів його навчальної діяльності) як головний орієнтир навчання;

- *принцип первинності освітньої продукції учня* вказує на те, що створюваний учнем особистісний зміст освіти може випереджати вивчення освітніх стандартів і загальновизначених досягнень у певній галузі;

- *принцип побудови навчання на освітніх ситуаціях*. В останньому випадку А. В. Хуторської передбачає ситуації освітнього напруження, що виникають спонтанно або організовуються вчителем і потребують свого розв’язання через спільну діяльність усіх учасників навчального процесу [410, с. 430]. Їх метою є формування мотиву в учнів і спрямування їх діяльності в напрямку пізнання освітніх об’єктів і розв’язання пов’язаних із ними проблем; при цьому вчитель супроводжує учня в його освітньому русі.

На окремих етапах дослідження ми використали й конкретніші принципи. Наприклад, під час створення авторської технології організації інноваційної діяльності учнів ми визначили принципи ознайомлення учнів з фізичними основами енергозбереження як конкретним тематичним напрямком їх інноваційної діяльності (пункт 4.2.1 монографії). Це, зокрема: принцип реалізації міжпредметних зв’язків, принцип неперервності освіти у сфері енергозбереження, принцип політехнізму, принцип поєднання глобального, регіонального та краєзнавчого підходів у розв’язанні проблеми енергозбереження.

Отже, ми визначили методологічні засади щодо підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів та до створення методів, засобів і форм навчання, що уможливлюють організацію цієї діяльності в навчанні фізики. Ці засади конкретизовано в дидактичних підходах: системному, діяльнісному, компетентнісному, особистісно орієнтованому, акмеологічному та аксіологічному; та принципах навчання: спрямованості навчання на розв'язання у взаємозв'язку задач навчання, виховання й загального розвитку особистості; науковості навчання; зв'язку навчання з практичною діяльністю; системності й послідовності в навчанні; доступності навчання; свідомості й активного ставлення до навчання; наочності; сполучення різних методів, засобів і форм організації навчання; створення необхідних умов для навчання; ґрунтовності та дієвості результатів навчання; гуманізації освіти.

1.5. Психолого-педагогічні умови організації інноваційної діяльності в навчальному процесі з фізики

Ми досліджували особливості організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики з огляду на те, що останній притаманні дві важливі риси: навчально-пізнавальний характер і приналежність до категорії творчої діяльності. Це потребує, по-перше, визначення психолого-педагогічних умов організації навчальної діяльності учнів, що має уможливлювати їх активне залучення до інноваційного пошуку в навчанні фізики, а, по-друге, з'ясування структури інноваційної діяльності учнів [8].

Психолого-педагогічні умови організації навчальної діяльності. Їх визначення потребувало вивчення основних положень психологічної теорії діяльності, що досліджувалася у працях Л. С. Виготського, П. Я. Гальперіна, В. В. Давидова, О. М. Леонтєва, С. Л. Рубінштейна, Н. Ф. Талізінної та інших. У цій теорії *діяльність* у загальному розумінні трактується як система процесів, що здійснюють відношення суб'єкта до дійсності [233, с. 202]. Розглянемо за

О. М. Леонтьєвим [233] деякі важливі аспекти діяльнісної теорії, на які ми спиралися в дослідженні.

За словами О. М. Леонтьєва, окремі діяльності виділяє *мотив*, що їх спонукає (без мотиву діяльність не можлива). *Мотив* (лат. *motus* – рух) є причиною, що спонукає до діяльності, яка спрямована на задоволення певних потреб [316, с. 212]. Основними складовими будь-якої діяльності виступають *дії* – процес, підпорядкований уявленню про бажаний результат, тобто процес, підконтрольний свідомій цілі. Поняття *цілі* співвідноситься з поняттям дії так само, як поняття мотиву співвідноситься із поняттям діяльності. Важливо, що мотив дії знаходиться поза нею. Остання ознака й відрізняє дію від діяльності. О. М. Леонтьєв зазначає: «Виділення цілей і формування підпорядкованих їм дій призводить до того, що відбувається розщеплення злитих між собою в мотиві функцій. Функція спонукання при цьому повністю залишається за мотивом. Функція спрямованості: дії, що здійснюють діяльність, спонукаються її мотивом, але спрямовані вони на ціль» [233, с. 81]. Там же зазначається, що якщо з діяльності подумки прибрати всі дії, то від першої нічого не залишиться. Одна й та ж дія може здійснювати різні діяльності, у цьому виявляється її відносна самостійність.

Як відбувається виділення цілей суб'єктом діяльності? У теорії діяльності зазначається, що цілі не винаходяться, а подаються в об'єктивних умовах. Інакше, будь-яка ціль об'єктивно існує в певній предметній ситуації. І їх виділення й усвідомлення відбувається не автоматично, а під час відносно тривалого процесу їх апробації дією. Отже, дія має враховувати не лише те, *що* треба досягти, але й те, *як* це зробити. Зважаючи на це, О. М. Леонтьєв виділяє в дії особливу якість (складову) – спосіб, яким вона здійснюється. Ці способи здійснення дій він назвав *операціями* [233, с. 84]. Результатом діяльності є певний *продукт*. Проте він не завжди є тим, до чого прагне суб'єкт діяльності.

Умови успішного формування розумових дій були досліджені П. Я. Гальперіним [124] та Н. Ф. Тализіною [380]. Згідно з результатами їх

досліджень у процесі засвоєння нових видів пізнавальної діяльності можна виділити такі етапи.

1. *Мотиваційний етап.* Мотивацію вважатимемо системою спонукань, що зумовлюють активність організму й визначають її спрямованість [316, с. 212]. Організація будь-якої діяльності має починатися з формування в учнів мотивів, що забезпечують прийняття цієї діяльності. Важливо, що якщо первинна форма існування мотиву не пов'язана з виконуваною діяльністю, а охоплює реальні об'єкти, за допомогою яких людина задовольняє свої потреби (тобто в цьому разі мотив є *зовнішнім* до самої діяльності, а остання – засобом досягнення інших цілей), то на більш пізньому етапі мотивом є сам пізнавальний процес (мотив стає *внутрішнім* до діяльності, яка в цьому випадку – не засіб, а мета). Лише після прийняття учнем проблеми, учитель може переходити до наступних етапів діяльності.

2. *Ознайомлення з діяльністю (дією).* Такий етап забезпечує розуміння учнями діяльності, до якої вони залучаються (і яка розв'язує певну проблему). На цьому етапі вчитель має виділити, по-перше, знання про предмет діяльності, про умови, які потрібно врахувати, а, по-друге, знання про сам процес діяльності: із чого потрібно починати, в якому порядку виконувати дії тощо. Навчання новій дії також передбачає ознайомлення з завданням і має починатися з нього. Для створення попереднього уявлення про завдання, останнє має містити не лише зразок дії або продукту, але й супроводжуватися певною розміткою нового матеріалу для правильного виконання завдання. Вона називається *орієнтувальною основою дії* та складається з двох частин [124, с. 268]:

- образ об'єкта, який потрібно отримати, із певною внутрішньою будовою, властивостями та ознаками, тобто модель передбачуваного результату, що співвіднесена з властивостями вихідного матеріалу;

- образ системи операцій, детальний план дій, за допомогою яких спочатку перевіряється склад, якість, стан усіх умов завдання, а потім

виконуються перетворення, що забезпечують послідовний перехід вихідного матеріалу в заданий продукт.

Учений П. Я. Гальперін виділяє три типи орієнтувальної основи. *Перший тип* орієнтувальної основи складають лише зразки дії чи її продукту, без вказівок на те, як правильно виконувати цю дію. Учень шляхом спроб і помилок знаходить правильний спосіб виконання завдання, витрачаючи на це багато часу. Орієнтувальна основа *другого типу* містить не тільки зразки виконання дії, але й детальні вказівки щодо способу її правильного виконання. У цьому разі, чітко дотримуючись вказівок, учень виконує дію без помилок і швидше. За такої умови він набуває здатність аналізувати матеріал і переносити дію на нові завдання. Виконання дії за *третьім типом* орієнтувальної основи передбачає планомірне навчання аналізу нових завдань із виділенням певних опорних точок, способів правильного виконання завдань. Після такого вивчення декількох завдань темп подальшого навчання значно зростає. Важливо, що дії характеризуються високою стійкістю до зміни умов і виявляють здатність до переносу на нові завдання [124, с. 269]. Важливо також додати, що на етапі ознайомлення з діяльністю, зазначає Н. Ф. Тализіна, також доцільно використовувати *проблемні ситуації*, проте вже з іншою метою: не для створення мотивів, а для ознайомлення учнів з методами, що будуть застосовані в діяльності [380, с. 75].

3. *Етапи виконання діяльності.* Згідно з результатами досліджень П. Я. Гальперіна і Н. Ф. Тализіної процес виконання нових дій включає чотири етапи (рівні): виконання дій у матеріалізованій (матеріальній) формі; зовнішньомовних дій; зовнішньомовних дій про себе; розумових дій. Окрім цих рівнів виконання дії, важливими показниками її сформованості в учнів є узагальненість, скороченість та освоєність [380, с. 79]. Для отримання потрібного ступеня *узагальненості*, вказує Н. Ф. Тализіна, цю дію (діяльність) потрібно застосувати для розв'язання певного кола завдань, що охоплює типові випадки в межах потрібного узагальнення. Дві інші характеристики дії, що формується, – *скороченість* (характеризує зменшення кількості операцій, що

реалізують цю дію, на певному етапі її формування) та *освоєність* (характеризує суб'єктивну легкість, швидкість та автоматизованість виконання дії) – досягаються шляхом розв'язування учнями циклу однотипних завдань.

4. *Етап контролю.* У процесі навчання учнів певній дії відбувається перехід у рівні її виконання від початкового – *репродуктивного* (коли правильне виконання дії загалом відбувається під безпосереднім контролем учителя) до найвищого рівня, якому відповідає самостійне творче виконання учнем *продуктивних* дій (коли формулювання цілей та завдань, а також розроблення етапів їх виконання здійснюється самим учнем). Систематичний контроль за діяльністю учнів виконує функцію зворотного зв'язку, адже дозволяє вчителю отримувати інформацію про хід засвоєння певної дії (діяльності). На початкових етапах засвоєння дії контроль має бути поопераційним. На заключних – учителю достатньо здійснювати лише зовнішній контроль за остаточним результатом діяльності. Н. Ф. Талізін пояснює це тим, що контрольна частина дії засвоюється разом з орієнтовною та виконавчою частинами, і тому на останніх етапах засвоєння контроль може здійснюватись власне учнями [380, с. 82].

Структура поняття «інноваційна діяльність учнів». Визначення структури учнівської інноваційної діяльності передбачає з'ясування її *місця* серед інших видів діяльності учнів. Для розв'язання цього завдання нами взято за основу проведений Т. В. Габай аналіз різних видів діяльності людини, у яких досягається, окрім іншого, пізнавальний ефект [119, с. 113]. Розглянемо окремі результати цього дослідження.

Усі такі види діяльності людини Т. В. Габай поділяє на дві групи. Для першої групи пізнавальний ефект є *побічним* результатом діяльності. Також ця група поділяється на дві підгрупи: в одних випадках значущий для суб'єкта діяльності пізнавальний результат отримується стабільно, а в інших – випадково, епізодично. При цьому в обох випадках досвід пізнання може набуватися в одних і тих же видах діяльності: у праці, грі, стихійному спілкуванні тощо.

У другій групі пізнавальний ефект є *прямим* продуктом діяльності. У цій групі види діяльності розділяються на ті, у яких набуття досвіду відбувається без свідомої цілі (дидактична гра, вільне спостереження, читання тощо), та ті, що передбачають свідому пізнавальну мету. Саме до цієї групи Т. В. Габай відносить відкриття (дослідницьку діяльність) та *навчальну діяльність*. Остання пояснюється дослідницею як спільна діяльність, у якій один з її учасників набуває досвіду (основний компонент), а інші створюють сприятливі умови для цього, тобто здійснюють всю суму підготовчих компонентів засвоєння [119, с. 116]. Під час порівняння навчальної та дослідницької діяльності вчена робить висновок про те, що, забезпечуючи пізнання, навчальна діяльність дає його як прямий продукт, тобто досвід, що набуває людина в навчальній діяльності, не відкривається нею у дослідницькому процесі, а отримується в готовому вигляді. Дослідницька ж діяльність спрямована на отримання інформації, що примножує суспільний досвід і тому має безпосередню суспільну значущість. Дослідниця також зазначає, що дослідницька діяльність призводить до індивідуального пізнання, за умови якщо компоненти цієї діяльності супроводжуються компонентами засвоєння.

Проте, відомо, що навчальна діяльність може мати дослідницьку складову, а дослідницька діяльність може виявляти навчальний характер. Останні твердження реалізуються в учнівській інноваційній діяльності. Враховуючи це, можна визначити місце інноваційної діяльності учнів, що розгортається в навчальному процесі з фізики, як різновид навчальної діяльності в розглянутій нами системі діяльності учнів.

Отже, поняття «інноваційна діяльність учнів» органічно поєднує, по-перше, навчально-пізнавальний аспект, а, по-друге, притаманну власне інноваційній діяльності дослідницьку складову. Наявність такого різновиду навчальної діяльності має важливе значення для реалізації особистісно орієнтованого підходу в навчанні. Дійсно, у дослідженні Т. В. Габай [119, с. 213] зазначається, що домінуюче значення певного мотиву для конкретного учня залежить від його індивідуально-особистісних особливостей.

Наприклад, учні в яких переважає образна компонента мислення (порівняно із вербально-логічною) засвоюють навчальний матеріал значно успішніше, якщо до мотиву засвоєння підключається мотив дослідницького плану.

При розгляді структури поняття «інноваційна діяльність учнів» слід також врахувати її приналежність до категорії творчої діяльності. Це потребує з'ясування *особистісного* та *процесуального* аспектів у розглядуваному понятті (рис. 1.3). *Особистісний* аспект передбачає такі компоненти як мотивація, здібності та креативність. У *процесуальному* – необхідно виділити мету, завдання, способи (методи, засоби, форми організації) та результат інноваційної діяльності учнів.

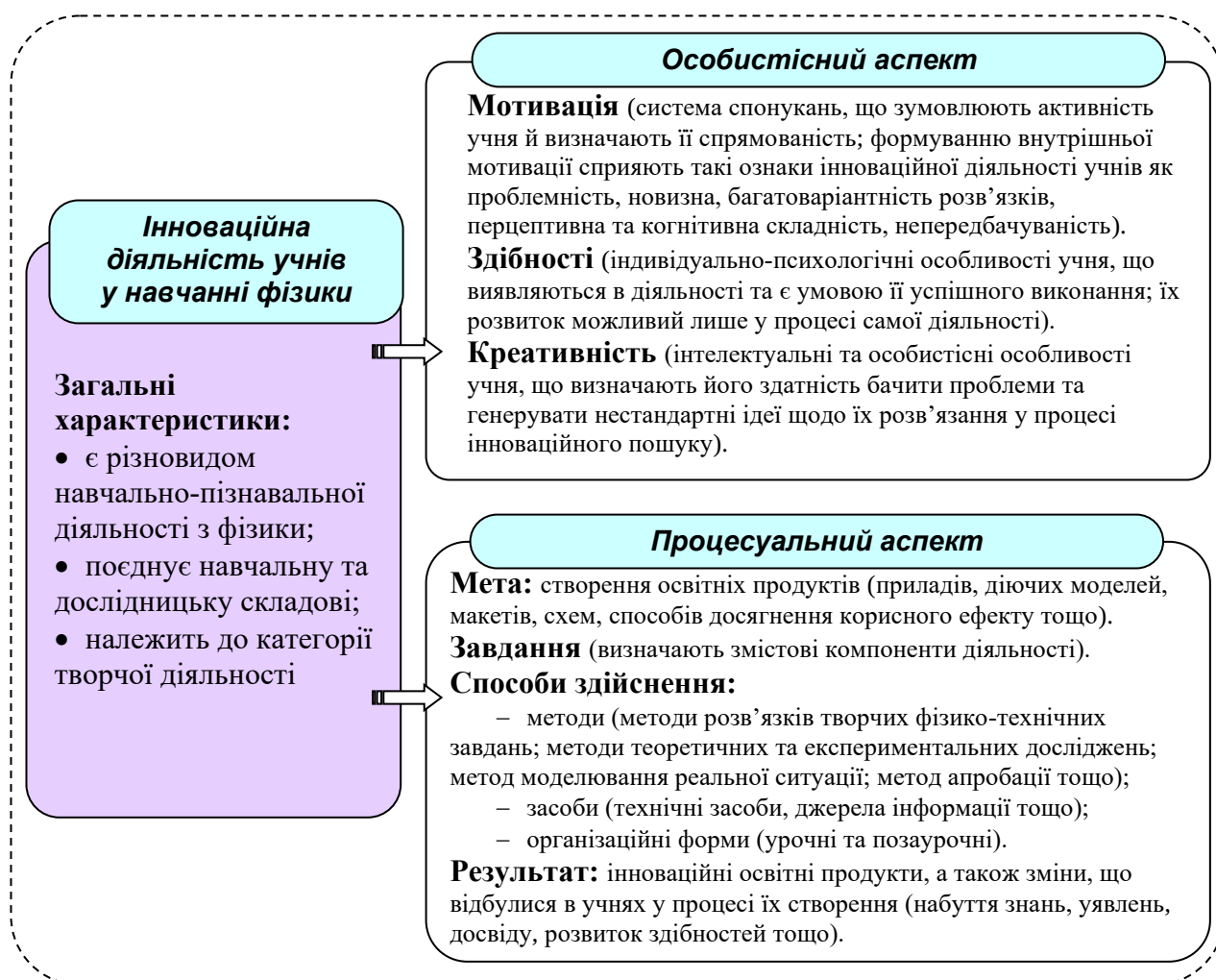


Рис. 1.3. Структурна схема інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики

Особистісний аспект. У ньому ми виділяємо, насамперед, мотивацію, здібності та креативність. Наше розуміння цих понять збігається з загальноприйнятим у психології та педагогіці. Розглянемо найважливіші для дослідження аспекти. Щоб спонукати учня до інноваційної діяльності, потрібно створити відповідні *мотиви*. А. О. Вербицький виділяє дві групи мотивів [103, с. 46]: *мотиви досягнення* (для них пізнавальна діяльність є засобом досягнення мети, що знаходиться поза пізнавальною діяльністю) та *пізнавальні мотиви* (для цієї групи мотивів пізнавальна діяльність є метою). На думку А. О. Вербицького, саме розвиток пізнавальної мотивації суттєво підвищує активність того, хто навчається, та ефективність процесу навчання загалом. Він також указує на те, що формуванню пізнавальної мотивації учня (студента) сприяють такі форми й методи навчання, у яких реалізовано принцип проблемності у змісті навчальної діяльності та під час розгортання спільної діяльності викладача й студентів (учителя та учнів) [103, с. 47].

Аналогічну думку щодо використання *проблемності* навчання для розвитку мотивації учнів до діяльності, висловлює Н. Ф. Тализіна. Дослідниця зазначає, що «... навчання будь-якій новій діяльності доцільно розпочинати з постановки проблеми, що потребує такої діяльності. Здебільшого проблема викликає бажання знайти її розв'язання, принаймні, зробити спробу» [380, с. 71]. У зв'язку з цим інноваційна діяльність учнів також має починатися з постановки проблеми (про методичні особливості відповідного етапу йдеться в підрозділі 2.4 та пункті 3.4.1 монографії). Окрім проблемності, до чинників, що підвищують внутрішню мотивацію учнів, О. О. Музика відносить новизну, перцептивну й когнітивну складність, непередбачуваність [180, с. 100]. Усі вони є характерними ознаками інноваційної діяльності.

Необхідне ставлення до певної діяльності, зазначається в монографії [105, с. 29], формується за умов її значущості для особистості та наявності певного *мотиваційного потенціалу*. Останній передбачає: інтерес до певної сфери діяльності, зосередженість на діяльності (наполегливість), високі стандарти результативності, працьовитість. Вказується, що формування

мотиваційного потенціалу та оцінки значущості діяльності відбувається під впливом низки чинників, що взаємодіють. А найбільш значущими є такі базові особистісні властивості: усвідомлення власних можливостей, переваг та слабких місць; минулий досвід; вид діяльності; вік особи; вплив оточення тощо.

Важливим мотивом, що спонукає учня до здійснення інноваційної діяльності в навчальному процесі, є *діловий* мотив, пов'язаний зі спрямованістю цієї діяльності на розвиток в учнів здатності практично діяти та застосовувати набутий досвід у конкретних життєвих ситуаціях. Термін «діловий мотив» нами запозичено в Т. В. Габай. Його суть дослідниця пов'язує з тим, що здійснюючи навчальну або загалом пізнавальну діяльність, людина розуміє, що її результати дозволять у майбутньому отримувати певні життєві блага [119, с. 212]. Т. В. Габай також вказує на приналежність ділового мотиву до категорії внутрішніх мотивів і підкреслює його першорядність у системі мотивів діяльності учня [119, с. 222].

Здібності розуміють як індивідуально-психологічні особливості людини, що виявляються в діяльності та є умовою її успішного виконання [316, с. 141]. Там же зазначається, що хоча від здібностей залежить успішність здобування знань, умінь і навичок, їх не можна ототожнювати з наявними знаннями, вміннями й навичками. Останнє, на думку О. Л. Музики [180, с. 39], обумовлює такі важливі для розвитку здібностей (як складного, особистісного, полікомпонентного, але цілісного утворення) наслідки: по-перше, не можна розвивати здібності, не враховуючи соціальних процесів, які відбуваються в контактній групі (яку становлять інші діти, батьки, вчителі); по-друге, не можна розвивати здібності лише завдяки розвитку окремих їх компонентів (важливо створювати умови для того, щоб діяльність була ефективною загалом); по-третє, знання, вміння, навички – це не мета, а засоби, а в окремих випадках і побічні продукти діяльності.

Учений Б. Г. Кремінський звертає увагу на те, що здібності проявляються та стійко закріплюються, якщо вони: структурно співвіднесені з вимогами відповідної діяльності; структурно співвіднесені з визначальними для

відповідної діяльності якостями особистості; поєднуються й узгоджуються з інтересами (бажаннями) і визначають схильність особистості; узгоджуються з вимогами середовища, яке сприяє розвитку відповідних здібностей, тобто здібності мають бути затребувані [216, с. 9].

Доведено, що природними передумовами здібностей є задатки – генетично детерміновані анатомо-фізіологічні особливості нервової системи, мозку, органів чуття й руху [316, с. 129]. О. Л. Музика зазначає: «Задатки – це вроджене утворення, а здібності – набуте. Від початку здібності – це не причина успішності людини в діяльності, а наслідок розвитку задатків у діяльності» [180, с. 37]. Дослідниця також наголошує, що, залучаючись до діяльності, суб'єкт мобілізує свої задатки, які переструктуровуються, сплавляються й формують якісно нове утворення – здібності. Тобто, якщо людина ніколи не була залучена до якоїсь діяльності, то й не може мати здібностей до неї [180, с. 37]. Розмежовуючи поняття «*задаток*» і «*здібність*», А. А. Давиденко робить висновок щодо нижчого положення на ієрархічній драбині першого поняття відносно другого: «Задаток є саме тим первісним даром, який отримує дитина від природи. Здібність же як психічна властивість на основі задатку може сформуватися не сама собою, а внаслідок відповідної діяльності людини» [140, с. 21]. Там же наголошується, що творчі здібності людини можуть розвиватися лише у творчій діяльності. Вищим рівнем їх розвитку, який супроводжується значними творчими досягненнями, є творча обдарованість [180, с. 48].

Креативність (лат. *creatio* – створення, творіння, породження чогось нового) будемо вважати комплексом інтелектуальних і особистісних особливостей індивіда, які сприяють самостійному висуненню проблем, генеруванню великої кількості оригінальних ідей та нешаблонному їх розв'язанню [257, с. 118]. Термін «креативність» введено Дж. Гілфордом. Її він вважав деяким гіпотетичним утворенням, що є системою зв'язків і відношень між окремими розумовими здібностями певного типу, які розглядалися як протилежні інтелекту за своєю продуктивною суттю [105, с. 106].

У вітчизняній і закордонній психологічній науці існує широкий спектр поглядів на розуміння креативності як психологічного явища. Їх аналіз наведено, наприклад, у монографії [105, с. 106–109]. Там же наведені основні характеристики, що притаманні високому рівню креативності:

- миттєвість (кількість думок, що виникають за одиницю часу);
- оригінальність (змога продукувати цікаві думки, що відрізняються від загальноприйнятих пізнавальних стандартів, індивідуальність творчого мислення, незвичайне ставлення до проблеми);
- вразливість (чуттєвість до факторів, протиріч, невизначеностей) [458];
- метафоричність (змога створювати фантастичні ідеї при збереженні певного об'єктивного зв'язку з вихідною проблемною ситуацією, вміння у простому бачити складне, а в складному – просте);
- гнучкість (здатність до швидкого переключення, відкритість новому досвіду й ідеям);
- точність (стрункість, логічність, строгість творчого мислення, вибір адекватного рішення, що відповідає поставленій цілі) тощо.

Дослідницею Р. І. Швай встановлено, що розвитку креативності учнів сприяє дотримання в навчанні поміркованого аксіоцентризму, у якому надається пріоритет процесам мислення, самостійній діяльності учнів і творчому навчальному середовищу. Дослідниця також зазначає, що для виявлення та навчання креативної особистості необхідне спеціально підготовлене й організоване середовище із соціальною підтримкою творчих виявів, під впливом якого формується система мотивів і особистісних характеристик учня [426, с. 9, 14].

Разом із поняттям «креативність» інколи використовують поняття «інноваційність», тобто особистісну характеристику, що визначає здатність людини адаптуватися в постійно змінюваному світі; знаходити, приймати та впроваджувати нове [363]. На сьогодні триває наукова дискусія про те, як співвідносяться між собою ці два поняття. Найпоширенішими є два підходи. Згідно з першим, креативність та інноваційність визначають різні, але пов'язані

між собою феномени (креативність пов'язується, насамперед, з генеруванням нових ідей, а інноваційність – зі здатністю людини забезпечити сприйняття й реалізацію цих ідей). Згідно з другим підходом, поняття «креативність» є складовою частиною поняття «інноваційність» (у цьому разі остання характеризує здатність людини не лише продукувати нові ідеї, але й використовувати їх на практиці) [363]. Саме другому підходу відповідають прийняті в нашому дослідженні визначення понять «інновації», «інноваційна діяльність учнів», що охоплюють процеси творення, прийняття та впровадження нового.

Процесуальний аспект. Мета інноваційної діяльності учнів. Як зазначається у словнику-довіднику [286, с. 126], метою інноваційної діяльності є якісна зміна об'єкта. Мета ж передбачає усвідомлення моделі бажаного результату як активізуючого чинника власних дій; осмислення етапів і термінів досягнення результату; вибір відповідних засобів і способів його реалізації.

Метою інноваційної діяльності учнів можуть виступати різні *освітні продукти*: пристрої, діючі моделі, макети, схеми, способи реалізації корисного ефекту тощо. Термін «освітній продукт» запозичений нами у А. В. Хуторського. Так автор називає результат діяльності учня, зміст якої відповідає предмету, що вивчається, або освітній галузі [408, с. 85]. Цим підкреслюється той факт, що у процесі продуктивного навчання учень не просто вивчає певний предмет і його теми, а самостійно пропонує ідеї, створює пристрої, демонстраційні моделі тощо. Так, «Продуктивна діяльність, – пише М. І. Махмутов, – відрізняється від репродуктивної тим, що учень самостійно застосовує знання в новій ситуації або у відомій ситуації знаходить нові для себе знання, нові правила дії» [248, с. 28]. Враховуючи це, інноваційну діяльність учнів, що розгортається в навчальному процесі, слід вважати різновидом продуктивної навчальної діяльності.

Ми згодні з твердженням, наведеним у [286, с. 126], про те, що ефективність інноваційної діяльності підвищується за умови, якщо той, хто її

здійснює, вміє знаходити в передбачуваному результаті (нововведенні) власну мету. Важливо, що предмет інноваційної діяльності учнів, враховуючи навчальний аспект останньої, не обмежується лише матеріальними об'єктами, створюваними учнями у процесі навчання, а передбачає, насамперед, вихідний стан пізнавальних можливостей учня.

Завдання інноваційної діяльності учнів. Зміст будь-якої діяльності визначається метою та очікуваними результатами. Незалежно від конкретного об'єкту зміст інноваційної діяльності учнів передбачає такі необхідні компоненти (назви деяких із них нами запозичені зі словника-довідника [286, с. 128]): визначення теми інноваційного пошуку; виявлення об'єкта дослідження, тобто сфери існування проблеми й суперечності, що потребують розв'язання; обґрунтування мети дослідження, результатом якого має стати інноваційний продукт; формулювання завдань для досягнення мети інноваційної діяльності; вибір методів та засобів для створення інноваційного продукту; визначення термінів реалізації інноваційного пошуку; створення творчої групи учнів – розробників інноваційного продукту (за умови колективного його створення); проведення апробації інноваційної розробки; оцінка ефективності досягнення результату та корекція дій.

Окреслені необхідні змістові компоненти, що притаманні учнівській інноваційній діяльності, визначають відповідні етапи цієї діяльності. Наприклад, вибір актуальної теми для майбутньої розробки; формулювання технічного завдання; пошук ідеї розв'язання обраної проблеми; розроблення конструкції пристрою або способу, що є розв'язком поставленого завдання; теоретичне та експериментальне дослідження запропонованого технічного рішення та інші (детальний аналіз основних етапів інноваційної діяльності учнів подано в підрозділі 2.4). Кожний з етапів розв'язує певне завдання (суть останнього є зрозумілою з назви відповідного етапу). Змістове наповнення й обсяг етапів залежить від поставленої мети, обраних засобів і методів досягнення передбачуваного результату. Здійснюючи один за одним ці етапи, учні наближаються до ідеального образу бажаного результату.

Зважаючи на навчальний характер інноваційної діяльності учнів, що розгортається у процесі вивчення фізики, слід звернути увагу на загальні етапи, що зазвичай виділяють у навчальній діяльності. Наприклад, С. І. Подмазін розглядає такі [293, с. 36]:

- *орієнтація* – дослідження суб'єктом наявної ситуації для визначення бажаного й можливого її розвитку;
- *цілепокладання* – створення цілі діяльності як образу бажаного майбутнього;
- *цілереалізація* – перетворення цілі в об'єктивну предметну діяльність у вигляді плану дії, реалізація цього плану, контроль (зіставлення цілі з реальним результатом), корекція (доопрацювання результату до рівня цілі), оцінка (усвідомлення ступеня ефективності своєї діяльності).

Ми поділяємо думку С. І. Подмазіна про те, що засвоєння учнем саме всіх етапів навчальної діяльності робить його розвиненим суб'єктом діяльності, здатним до особистісного самовизначення й саморозвитку, розвиває вміння ставити перед собою певні цілі, знаходити та обирати необхідні способи їх досягнення, відповідально приймати рішення, послідовно їх реалізовувати, критично оцінювати результати й закріплювати їх в індивідуальному досвіді.

Творча приналежність процесу інноваційного пошуку, що здійснюється учнями, обумовлює те, що йому властиві ті ж основні етапи, що, зазвичай, виділяють у процесуальному аспекті творчої діяльності. Серед них є такі:

- підготовка (поглиблений аналіз проблеми, накопичення й обробка наявної інформації про шляхи її розв'язання);
- визрівання задуму (після деяких невдалих спроб розв'язати поставлену задачу людина зазвичай відсторонюється на деякий час від неї; велике значення на цьому етапі має робота підсвідомості);
- інсайт (інтуїтивне бачення кінцевого результату, миттєва здогадка, що спрямовує мислення людини в потрібний напрям);
- перевірка здогадки (наприклад, на практиці) [316, с. 352].

Подібне структурування процесу творчої діяльності наводить відомий психолог В. О. Моляко [180, с. 352]. Він, зокрема, розглядає процес технічної творчості у вигляді трьох взаємопов'язаних циклів: розуміння умови завдання (оцінка умови), формування проекту майбутньої конструкції (формування гіпотези, задуму) і попереднє рішення (прогнозування остаточного результату). Кожен із циклів має свою підструктуру й завершується прийняттям відповідного рішення.

Способи інноваційної діяльності учнів (методи, засоби, організаційні форми). Інноваційна поведінка молодшої людини (як учителя, так і учня), її креативність формуються під впливом *середовища*. Н. П. Волкова звертає увагу на те, що воно повинно мати високий ступінь невизначеності й потенційну багатоваріантність. Невизначеність стимулює пошук власних орієнтирів; багатоваріантність уможливорює їх знаходження. Крім того, зазначає дослідниця, середовище повинно містити зразки креативної поведінки та її результати [114, с. 463].

Освітнє (навчальне) середовище услід за П. С. Атаманчуком, О. І. Ляшенком, В. В. Мендерецьким та іншими [61, с. 13; 65, с. 57], вважатимемо сферою навчально-пізнавальної діяльності школяра (студента), що постійно розширюючись, вбирає дедалі більше багатства його зв'язків із навколишнім світом, опосередкованих культурою. Умовно в освітньому середовищі виділяють дві частини: матеріальну (ресурсну) та ідейно-технологічну. Першу частину складають матеріально-технічна база, навчально-методичний комплекс і педагогічні кадри. Друга – визначається складно опосередкованими зв'язками з реальним світом, що формуються в процесі життєдіяльності людини (як на стихійному, так і на організованому рівнях пізнання).

Кожен з етапів інноваційної діяльності учнів передбачає свій набір *методів* (спеціальних процедур та операцій, що використовує суб'єкт діяльності, зокрема учень, для розв'язання певного завдання). Скажімо, на етапі пошуку ідеї розв'язання певної проблеми учні використовують відомі методи та

прийоми пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань. Як приклад вкажемо на такі *методи*: «спроб і помилок», метод мозкового штурму, метод синектики, метод морфологічного аналізу, метод контрольних запитань, метод функціонально-вартісного аналізу; та *прийоми*: заміна механічної системи, застосування фазових переходів, застосування термічного розширення, застосування композитних матеріалів та інші (перелік таких методів та прийомів розглянуто в пункті 4.4.1 монографії). На етапі дослідження запропонованого розв'язку певної проблеми учні застосовують методи теоретичних та експериментальних досліджень, метод дослідження діючої моделі тощо. На етапі практичного використання розробленого освітнього продукту застосовуються, зокрема: метод моделювання реальної ситуації та метод апробації (упровадження) нововведення, наприклад, у навчальний процес (назви останніх двох методів наводить О. О. Фунтікова [286, с. 127]).

Здійснення учнями інноваційної діяльності в навчальному процесі з фізики передбачає використання різних *засобів*. Умовно їх можна поділити на технічні засоби (мультимедійна апаратура, фізичні прилади, діючі моделі та макети пристроїв, інструменти, будівельні, електротехнічні та інші матеріали тощо) та різні джерела інформації (зокрема, навчальна та наукова література, каталоги патентів, комп'ютерні бази даних тощо).

Форми організації інноваційної діяльності учнів із фізики можна поділити на дві групи:

- ті, що можна реалізувати *на уроках* (наприклад, як складова виконання лабораторної роботи з фізики, у структурі якої передбачено спеціальні творчі завдання, що спрямовують діяльність учнів на вдосконалення і створення демонстраційних пристроїв, способів вимірювання фізичних величин тощо);
- ті, що передбачають *позаурочну* форму роботи учнів (зокрема, групова робота над створенням інноваційних продуктів на гурткових заняттях, колективне виконання інноваційних проектів у наукових та навчальних лабораторіях, індивідуальна робота учня над інноваційною розробкою для

участі у фізико-технічному конкурсі тощо). Докладніше про форми організації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики йтиметься в підрозділі 2.5.

Результат інноваційної діяльності учнів. Прямим результатом інноваційної діяльності взагалі є інноваційний продукт. У реальних ситуаціях він не завжди наближається до ідеального образу бажаного результату, що визначений у меті інноваційної діяльності. Тому про ефективність інноваційної діяльності можна судити за ступенем відповідності між метою та досягнутим результатом, за витраченим часом на створення інноваційного продукту, за доцільністю використання матеріалів для його виготовлення тощо.

Результатами учнівської інноваційної діяльності виступають, насамперед, освітні продукти, а також зміни, що відбулися в учнях під час цієї діяльності (набуті ними знання, уявлення, досвід, особистісні якості тощо). Зрозуміло, що за своїм змістом і рівнем отримуваних продуктів (які переважно мають лише суб'єктивну новизну) інноваційна діяльність учнів зазвичай відрізняється від інноваційної роботи фахівців (зокрема науковців, винахідників, учителів). Тому важливо зазначити, що критерієм ефективності саме учнівської інноваційної діяльності є не стільки економічний ефект від упровадження нововведення, скільки педагогічний (навчальний) ефект. Останній виражається в набутті учнями досвіду інноваційної діяльності, у формуванні в них початкових знань і здатностей у галузі методології наукової діяльності та охорони інтелектуальної власності тощо. Насамперед, ідеться про такі аспекти:

- здатність формулювати проблему дослідження;
- здатність виділяти недоліки в сучасних способах розв'язання певної проблеми;
- здатність застосовувати загальні закони фізики для розв'язання простих технічних проблем;
- здатність проводити теоретичне й експериментальне дослідження запропонованого технічного рішення;
- здатність аналізувати та оцінювати запропоновані технічні рішення на предмет їх практичної придатності (ефективності, конкурентоспроможності);

- здатність здійснювати апробацію та впровадження запропонованого пристрою (способу) у практику (наприклад, у навчальний процес з фізики, у діяльність наукової лабораторії);
- знання основних понять і положень наявних методів пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань;
- знання з основ інтелектуальної власності (насамперед, це поняття про: винаходи, корисні моделі, промислові зразки; критерії патентоспроможності (новизна, винахідницький рівень, промислова застосовність); процедуру видачі патенту, порядок оформлення заявки на видачу патенту);
- здатність оформлювати заявки на корисні моделі та винаходи;
- здатність використовувати під час роботи різні джерела інформації (навчальну та наукову літературу, комп'ютерні бази даних тощо), проводити патентний пошук аналогу та прототипу передбачуваного винаходу.

Попри те, що учнівська творчість відрізняється, зазвичай, суб'єктивною новизною, це анітрохи не применшує її ролі в розвитку молодшої людини. Відповідно до закону дитячої творчості, який був сформульований Л. С. Виготським, цінність слід бачити не в результаті, не в продукті творчості, а в самому процесі (наведено за [160, с. 899]). До того ж Р. О. Семенова, Д. К. Корольов, М. О. Мельник та інші [105, с. 107] констатують, що на сьогодні відсутні об'єктивні критерії, які дозволяли б виявляти межу між творчою та нетворчою діяльністю людини. Ця причина, зокрема, утруднює доведення ефективності методик розвитку творчих здібностей у педагогічних та психологічних дослідженнях (про підходи щодо з'ясування ефективності авторської технології організації інноваційної діяльності учнів йдеться в підрозділі 5.2 монографії).

Для нашого дослідження виявився цінним (особливо на етапі перевірки ефективності експериментального навчання) відомий у педагогіці підхід до визначення рівня розвитку творчості учнів, згідно з яким виокремлюють такі її рівні [160, с. 899]:

- робота учнів полягає лише в матеріалізації ідеї, запропонованої вчителем (іншою особою);

- учні самостійно розв'язують творчу задачу;
- учні самостійно формулюють творчу задачу та знаходять її розв'язок;
- учні самостійно формулюють проблему, умову задачі та розв'язують її.

При цьому критерієм розвитку творчих здібностей може виступати новизна створених учнями продуктів, що за [160, с. 899] має такі рівні:

- суб'єктивна новизна (учень відкриває для себе вже відомі закономірності, створює нові для нього пристрої тощо);
- об'єктивна новизна (новизна розробок засвідчена, наприклад, патентами на винахід або корисну модель);
- оригінальність (специфічне відображення особистості учня у продукті його діяльності).

Вивчення психолого-педагогічних умов організації учнівської інноваційної діяльності потребує також урахування деяких особливостей процесу становлення навчально-пізнавальної діяльності учнів, здатність до здійснення якої суттєво змінюється у процесі розвитку учня. Відповідно до встановлених Л. С. Виготським закономірностей формування психологічних механізмів регуляції діяльності [117, с. 413] на початкових етапах учні здатні брати участь у діяльності, але за умови її колективного виконання. У цей період учень може виявитися ще не здатним ані сформулювати навчальну задачу, ані знайти спосіб її розв'язання, ані критично осмислити й оцінити знайдений розв'язок і свої дії [196, с. 193]. Для уможливлення цього навчальна діяльність має бути «привласнена» кожним конкретним учнем. Таке «привласнення» навчальної діяльності має відбуватися впродовж підліткового та старшого шкільного віку учнів. Важливими умовами при цьому є: забезпечення можливості самостійної роботи учнів із різними джерелами інформації; створення передумов для переходу до саморегуляції навчальної діяльності на основі самоконтролю й самооцінки її змісту, способів і результатів. Як зазначає Т. М. Ковальова, за таких умов навчання набуває яскраво виражений особистісний смисл.

Слід також зазначити, що для старшокласників інноваційна діяльність уже не буде суто навчальною, якою вона є, зокрема, для учнів основної школи. Адже їй більше властивий професійно орієнтаційний характер, пов'язаний із початковою професійною підготовкою учнів, ознайомленням їх із деякими галузями науки, техніки й виробництва. Говорячи про це, ми також спираємося на висновок В. В. Давидова, що в підлітковому та старшому шкільному віці навчальна діяльність втрачає свій провідний характер і стає компонентом інших видів діяльності – спочатку суспільно корисної, а згодом навчально-професійної, що піднімає подальший психічний розвиток учнів на якісно вищий рівень [144, с. 201].

Отже, інноваційна діяльність учнів, що розгортається в навчальному процесі з фізики, є різновидом їх навчально-пізнавальної діяльності; поєднує навчальну та дослідницьку складові; належить до категорії творчої діяльності. У структурі інноваційної діяльності учнів враховано її особистісний та процесуальний аспекти. У першому з них виділено мотивацію, здібності та креативність. У другому – мету, завдання, способи (методи, засоби, форми організації) та результат інноваційної діяльності учнів.

Висновки до розділу 1

1. Аргументовано, що на сучасному етапі розвитку освіти галузь в Україні має ґрунтуватись на засадах гуманістичного підходу та набувати інноваційного характеру. Це передбачає: забезпечення у процесі навчання можливості творчого пошуку знань та їх реалізацію у практичній діяльності; розширення можливостей для застосування інноваційних форм, методів і засобів навчання; забезпечення мотивації та врахування особистісних нахилів та інтересів того, хто навчається, як важливих чинників ефективності навчання; спрямування освітньої діяльності на формування в молоді здатності до інноваційної діяльності. Зважаючи на це, проблема підготовка фахівців інноваційного типу (зокрема, майбутніх учителів фізики), здатних забезпечити

розроблення та впровадження інноваційних освітніх рішень, має першорядне значення для сучасної педагогічної освіти.

2. Під час аналізу науково-методичної літератури виявлено, що проблема *організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики* ще не була предметом окремих наукових досліджень у галузі теорії та методики навчання фізики. Запропоновано тлумачення *інноваційної діяльності учнів* як різновиду їх навчально-пізнавальної діяльності, що організована вчителем і протікає у спеціально створеному навчальному середовищі та пов'язана з розробленням (створенням), теоретичним та експериментальним дослідженням і запровадженням у практику (наприклад, у навчально-виховний процес у школі, у діяльність наукової лабораторії, підприємства) певної новини (продукту або способу), що спричиняє корисний ефект від його використання.

3. У контексті розвитку національної інноваційної системи актуалізовано значущість проблеми підготовки майбутніх вчителів до здійснення інноваційної освітньої діяльності та формування в учнів позитивного ставлення до інновацій, розвитку в них творчих здібностей. Виділено тематичні напрямки інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики, що враховують пріоритетні напрямки науково-технічних розробок в Україні та світі (зокрема, енергетика сталого розвитку, захист навколишнього середовища, освоєння світового океану, інформаційно-комунікаційні технології, транспорт, життєвий простір).

4. Визначено методологічні засади щодо підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів та до створення методів, засобів і форм навчання, що уможливлюють організацію цієї діяльності в навчанні фізики. Ці засади конкретизовано в дидактичних підходах: системному, діяльнісному, компетентнісному, особистісно орієнтованому, акмеологічному й аксіологічному; та принципах навчання: спрямованості навчання на розв'язання у взаємозв'язку задач навчання, виховання й загального розвитку особистості; науковості навчання; зв'язку навчання з практичною діяльністю; системності й послідовності в навчанні; доступності

навчання; свідомості й активного ставлення до навчання; наочності; сполучення різних методів, засобів і форм організації навчання; створення необхідних умов для навчання; ґрунтовності та дієвості результатів навчання; гуманізації освіти.

5. Інноваційна діяльність учнів, що розгортається в навчальному процесі з фізики, є різновидом їх навчально-пізнавальної діяльності; поєднує навчальну та дослідницьку складові; належить до категорії творчої діяльності. У структурі інноваційної діяльності учнів виокремлено особистісний та процесуальний її аспекти. У першому з них виділено мотивацію, здібності та креативність. У другому – мету, завдання, способи (методи, засоби, форми організації) та результат інноваційної діяльності учнів. Таке структурування інноваційної діяльності учнів сприяло розробленню методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації цієї діяльності в навчальному процесі (наступні розділи).

РОЗДІЛ 2

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

2.1. Професійна готовність учителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі

Готовність до інноваційної професійної діяльності. На сучасному етапі розвитку педагогічної освіти необхідною умовою успішної професійної діяльності вчителя є його готовність до здійснення інноваційної діяльності. Це пов'язано зі зміною ролі педагога в освітньому процесі: він не мусить бути ретранслятором знань, а має бути здатним до творчого педагогічного пошуку, до використання сучасних, розроблення й упровадження авторських педагогічних технологій, а також до створення умов для залучення учнів до інноваційного пошуку у процесі їх навчання, прищеплення в них потягу до активної життєвої позиції.

Ефективної організації інноваційної діяльності учнів можна досягти лише за умови творчого ставлення викладача до своєї педагогічної діяльності. Творча педагогічна діяльність викладача – та, якій властиві ознаки творчого процесу. До основних *критеріїв творчої педагогічної діяльності*, що її характеризують її як творчий процес, С. О. Сисоєва відносить такі [350, с. 100]:

- розробка нових підходів до навчання, виховання й розвитку учнів;
- раціоналізація та модернізація змісту, форм, методів та засобів навчально-виховного процесу у світлі реформування освіти, зокрема, з метою розвитку творчих можливостей учнів, їх талантів та обдарованості;
- комплексне й варіантне використання в професійній діяльності всієї сукупності теоретичних знань і практичних навичок;
- обґрунтований вибір дій у конкретній педагогічній ситуації;

- бачення нової проблеми в нібито знайомій ситуації, знаходження варіантних шляхів її розв'язання;
- проведення систематичного самоаналізу професійної діяльності, науково-дослідницької роботи з творчого узагальнення власного досвіду та досвіду своїх колег;
- володіння формами й методами управління творчою навчальною діяльністю учнів з метою розвитку їх творчих можливостей;
- практична реалізація принципів педагогіки співробітництва;
- прояв гнучкості при виборі оптимального управлінського рішення в нестандартних (особливо конфліктних) ситуаціях;
- оригінальне конструювання навчально-виховного процесу.

Отже, успішність залучення учнів до інноваційної діяльності в навчальному процесі з фізики залежить від готовності вчителя фізики до організації цієї діяльності, від сформованості в нього необхідних фахових компетентностей, усвідомлення важливості застосування інновацій у своїй педагогічній діяльності та створення сприятливих умов для набуття учнями власного досвіду інноваційної діяльності. Тому спроможність здійснювати професійну діяльність на інноваційному рівні, а також здатність організовувати інноваційну діяльність учнів у процесі їх навчання стають важливими складовими професійної компетентності вчителя.

У психолого-педагогічній літературі напрацьований значний обсяг теоретичного й практичного матеріалу щодо підготовки майбутнього вчителя до інноваційної діяльності. Водночас маємо констатувати, що на сьогодні відсутнє комплексне розв'язання проблеми підготовки саме вчителя фізики до професійної інноваційної діяльності. Крім того, проблема формування в майбутнього вчителя фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі залишається взагалі майже не дослідженою. Отже, виникає суперечність між важливістю залучення учнівської молоді до інноваційної діяльності у процесі навчання фізики та низьким рівнем фахової підготовки вчителів до організації такої діяльності. Її розв'язання потребує

з'ясування змісту й структури готовності майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів, визначення критеріїв, показників та рівнів цієї готовності.

Вважаємо, що *організація* інноваційної діяльності учнів – це сукупність цілеспрямованих педагогічних дій учителя, спрямованих на формування освіченого, гармонійно розвиненого учня, на набуття ним основоположних знань у галузі інноваційної діяльності, на формування здатностей і досвіду її здійснення в навчальному процесі, які можуть бути використані й розвинуті в подальшому навчанні й у майбутній професійній діяльності молодого людини.

Погоджуємося з формулюванням І. В. Бургун, що *готовність* є внутрішня властивість особистості, що характеризує її налаштування на діяльність, рівень засвоєння нею елементів відповідного соціального досвіду та здатність послуговуватися ним у діяльності. Умовно виділяють психологічну, теоретичну та практичну готовності. *Психологічна* готовність передбачає наявність у людини потреби, мотивів, позитивного ставлення, інтересу, життєвих цінностей і настанов до певного виду діяльності. *Теоретична* готовність пов'язана з певною системою знань про діяльність і її засоби, яку складають методологічні та спеціальні знання, знання про якості, що важливі для конкретного виду діяльності. *Практична* готовність виявляється у здатності мобілізувати себе для виконання діяльності. Вона передбачає сформованість низки вмінь: управлінських, інформаційних, інтелектуальних, комунікативних, перцептивних та інших [92, с. 17].

Професійна готовність вчителя – це особливий особистісний стан, який передбачає наявність у педагога мотиваційно-цільового, ціннісного ставлення до педагогічної діяльності, до навчально-пізнавальної діяльності учнів; володіння ефективними способами й засобами професійно-педагогічного цілепокладання та творчого проектування; здатності до рефлексії у взаємодії з розвитком активної пізнавальної позиції, творчих здібностей, цілепокладання діяльності учіння школярів [284, с. 275].

Успішність організації вчителем інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі та її результативність залежать від того, чи здатен він сам до інноваційного пошуку, чи сформована в нього готовність до інноваційної професійної діяльності. Деякі підходи до розуміння поняття «готовність педагога до інноваційної діяльності» відображені у працях Н. П. Волкової [114], К. Е. Воропаєвої [115], І. В. Гавриш [120], І. М. Дичківської [151], О. Г. Козлової [198], Г. П. Новікової [271], Н. М. Савіної [336], В. О. Сластьоніна та Л. С. Подимової [357], Ю. С. Тюннікова [460], О. І. Шапран [418] та інших дослідників. Розглянемо основні ідеї визначення готовності педагога до інноваційної діяльності, на які ми спиралися, досліджуючи теоретичні основи формування готовності майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів.

У структурі інноваційної діяльності педагога В. О. Сластьонін та Л. С. Подимова виділяють мотиваційний, креативний, технологічний та рефлексивний компоненти [357]. За О. І. Шапран *готовність до інноваційної діяльності* розглядається як інтегральна якість особистості, що є результатом інноваційної підготовки та характеризується сформованістю в педагога мотиваційно-ціннісного ставлення до професійної діяльності, технологічної грамотності, здатності до творчості та рефлексії [418, с. 13]. Судити про рівень сформованості в майбутнього вчителя готовності до інноваційної діяльності О. І. Шапран пропонує за виділеними нею *критеріями та показниками*. Основними з них є такі [418, с. 25]:

- *професійно-педагогічна спрямованість*, що проявляється у схильності до педагогічної професії, у сформованості ціннісних мотивів педагогічної діяльності, у задоволенні від навчання й майбутньої роботи, в органічності інноваційної діяльності, фахової та особистісної культури вчителя;

- *науково-педагогічна свідомість*, що визначає спосіб ставлення педагога до інноваційних процесів в освіті, усвідомлення необхідності інноваційної діяльності, теоретичну компетентність у сфері педагогічної інноватики – уміння аналізувати, інтегрувати та синтезувати інформацію про нововведення;

– *інноваційна поведінка педагога*, що передбачає, зокрема, наявність умінь і навичок реалізувати й поширювати нововведення на практиці;

– *творча активність*, що проявляється на рівні ініціативи, педагогічної інтуїції та імпровізації, у здатності до генерування нових ідей у науково-дослідній роботі;

– *технологічна готовність*, що передбачає наявність у майбутнього вчителя знань щодо теоретичних основ інноваційної діяльності, практичних умінь та досвіду її здійснення;

– *самоаналіз власних творчих та інноваційних потенціалів* – самооцінка здібностей майбутніх учителів до інноваційної діяльності, самовдосконалення; позитивне сприйняття власного досвіду та вплив інноваційної діяльності на фахову самостійність; упевненість у тому, що зусилля, спрямовані на нововведення в школі, принесуть результат; готовність до подолання творчих невдач, здатність до саморозвитку. Подібні показники готовності вчителя до інноваційної діяльності наводить Н. П. Волкова [114, с. 463].

Готовність майбутнього вчителя до інноваційної професійної діяльності І. В. Гавриш розуміє як якість особистості, що виявляється в діалектичній єдності функціональних та особистісних компонентів і є умовою та регулятором успішної інноваційної професійної діяльності. Її зміст цілісно інтегрує в собі: *мотиваційну* готовність до розв'язання завдань модернізації національної системи загальної середньої освіти; *готовність до педагогічного цілеутворення* в умовах інноваційної професійної діяльності; *інформаційну, процесуально-діяльнісну та рефлексивну* складові готовності, а також підструктуру професійно важливих якостей особистості вчителя-новатора [120, с. 30].

Дослідниця І. М. Дичківська вважає готовність до інноваційної педагогічної діяльності одним із важливих компонентів професійної готовності вчителя й розглядає як особливий особистісний стан, що передбачає наявність у педагога мотиваційно-ціннісного ставлення до професійної діяльності, володіння ефективними способами й засобами досягнення педагогічних цілей,

здатності до творчості та рефлексії [151, с. 277]. У структурі цієї готовності вона виділяє взаємопов'язані чотири компоненти: мотиваційний, когнітивний, креативний, рефлексивний. До показників мотиваційного компонента готовності І. М. Дичківська відносить пізнавальний інтерес до інноваційних педагогічних технологій та особистісно-значущий сенс їх застосування. Показниками когнітивного компонента (що об'єднує сукупність знань педагога про суть і специфіку інноваційних педагогічних технологій, а також комплекс умінь і навичок їх застосування у власній професійній діяльності) є: методологічні знання, загальнотеоретичні й методичні знання, вміння успішно застосовувати інноваційні педагогічні технології, позитивний педагогічний досвід. Креативний компонент готовності до інноваційної педагогічної діяльності виявляється через гнучкість, критичність мислення, творчу уяву. Показником рефлексивного компонента є сформованість рефлексивної позиції, що виявляється у характері оцінки педагогом себе як суб'єкта інноваційної діяльності [151, с. 288].

Дослідниця К. Е. Воропаєва визначає чотири критерії готовності педагога до інноваційної діяльності (вони ж і відповідні компоненти готовності): мотиваційний (потреба й прагнення до професійного саморозвитку в галузі інноваційної діяльності, до особистого зростання через підвищення освітнього рівня в питаннях інноватики), когнітивний (знання та ступінь інформованості з питань інноватики), особистісний (здатність до адекватної оцінки себе як особистості, фахівця, суб'єкта пізнавального процесу в галузі інноваційної діяльності, творчі здібності) та діяльнісний (ступінь володіння вміннями й навичками у сфері інноваційної діяльності). На основі критеріїв та показників К. Е. Воропаєвою виділено чотири рівні готовності педагога до інноваційної діяльності: початковий, низький, середній та високий [115].

Вищезгадані критерії готовності особистості до інноваційної діяльності Н. М. Савіна [336] доповнює гностичним критерієм. Він характеризується вмінням виявляти протиріччя, що породжують проблему дослідження; вмінням прогнозувати результат навчання та проектувати діяльність для забезпечення

цього результату; вмінням аналізувати та узагальнювати педагогічні явища. У дослідженні Н. М. Савіної для з'ясування рівнів готовності майбутнього вчителя до інноваційної діяльності пропонується оцінювати прояв кожного з показників за п'ятибальною шкалою з наступним виведенням усередненого показника (за всіма критеріями). Проте діагностичний інструментарій такого оцінювання (зокрема, спосіб фіксації результатів вимірювання) не розглядається. Окрім цього, використання усередненого за всіма критеріями показника, на нашу думку, призводить до зниження об'єктивності результатів діагностики, оскільки низькі показники за одним критерієм можуть компенсуватися високими – за іншим. Отже, враховуючи, що необхідною умовою готовності є сформованість кожного з її компонентів, висновок про рівень цієї готовності слід робити, зважаючи на результати вимірювання за кожним критерієм.

До критеріїв педагогічних інновацій, що визначають інноваційну спрямованість роботи вчителя, С. С. Пальчевський [283, с. 549] і Н. П. Волкова [114, с. 464] відносять такі:

- *новизна* (виділяють абсолютний, локально-абсолютний, суб'єктивний рівні новизни);
- *оптимальність* (передбачає досягнення значних результатів за умови найменших витрат часу та засобів);
- *результативність та ефективність* (враховує стабільність позитивних результатів педагогічної діяльності);
- *можливість творчого застосування* в масовому досвіді (придатність апробованого досвіду для масового впровадження в педагогічну практику).

Готовність вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів. Враховуючи нинішні підходи до розуміння готовності педагогів до інноваційної діяльності та її оцінювання, ми визначили зміст і структуру поняття «готовність вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів» [3].

Готовність вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів – інтегративна якість особистості, що формується шляхом цілеспрямованої підготовки, здійснюваної у процесі професійного навчання, та виявляється у спрямованості вчителя на інноваційний характер професійної діяльності, у його здатності використовувати й розробляти методи та засоби навчання, спрямовані на активізацію інноваційної діяльності учнів у процесі вивчення фізики, а також створювати сприятливі умови для організації цієї діяльності. У змісті цієї готовності нами умовно виділено три пов'язані між собою структурні компоненти: *психологічний* (відображає мотиваційно-ціннісний та особистісний аспекти), *теоретичний* (когнітивний) *та практичний* (містить діяльнісний і рефлексивний аспекти).

1. *Психологічний* компонент характеризує наявність у майбутнього вчителя фізики інтелектуальних, творчих та особистісних якостей, що визначають його мотивоційно-ціннісне ставлення до професійної діяльності та його налаштованість на запровадження інноваційної складової як у власній професійній діяльності, так і в діяльності учнів під час їх навчання фізики. До цих якостей слід віднести: прагнення займатися інноваційною діяльністю та здійснювати організацію цієї діяльності з учнями у процесі вивчення фізики; високу мотивацію досягнення результату під час власної професійної діяльності; інтелектуальну й творчу активність майбутнього вчителя фізики; творче мислення (що забезпечує, зокрема, оригінальність, гнучкість розумових процесів, змогу продукувати гіпотези та моделювати творчі продукти). Деякі з наведених якостей є спільними з тими, що стосуються базових компонентів обдарованості особистості [105, с. 110].

2. *Теоретичний* компонент відображає рівень сформованості в учителя фізики теоретичних і методичних знань, що є необхідними для розроблення та впровадження інноваційних технологій у навчальний процес та для логічної побудови етапів учнівської інноваційної діяльності з фізики. Цей компонент готовності передбачає набуття майбутнім учителем фізики фундаментальної фізико-математичної підготовки та технічної грамотності (що, окрім іншого,

дозволить забезпечити змістову складову навчального процесу з фізики та інноваційної діяльності учнів, яка розгортається в цьому процесі); знань з психолого-педагогічних дисциплін (що забезпечить, зокрема, організаційно-управлінську здатність до залучення учнів до інноваційної діяльності під час навчання фізики); методологічних та спеціальних знань у галузі інноватики (зокрема, з основ охорони інтелектуальної власності, з теорії розв'язання винахідницьких задач).

3. *Практичний* компонент розглядуваної готовності характеризує здатність майбутнього вчителя фізики до практичних дій, що є необхідними для організації інноваційної діяльності учнів (тобто здатність учителя переводити власні знання в інструмент практичної діяльності). А це потребує сформованості в нього певних якостей, зокрема, управлінських, інформаційних, комунікаційних, рефлексивних. Як конкретні їх приклади можна навести такі: навички використання різних джерел інформації (зокрема, для здійснення патентного пошуку); уміння оформлювати заявки на патенти на винаходи або корисні моделі; досвід керівництва учнями у процесі підготовки ними науково-дослідних робіт (зокрема, інноваційних проектів) для подальшого їх представлення на всеукраїнських і міжнародних фізико-технічних конкурсах; здатність здійснювати аналіз результатів власної інноваційної професійної діяльності та діяльності учнів (з коригуванням її ходу у разі потреби); здатність до впровадження педагогічних інновацій (зокрема особистих) у власній професійній діяльності.

У процесі формування в майбутнього вчителя фізики готовності до організації учнівської інноваційної діяльності, а також під час наступного оцінювання її рівня, виділені компоненти розглядалися комплексно. Для уможливлення діагностики сформованості цієї готовності нами було визначено критерії, показники та відповідні способи їх оцінювання (діагностичний інструментарій).

У дослідженні критерієм ми вважали еталонну ознаку, на основі якої проводилося оцінювання відповідного компоненту готовності вчителя фізики

до організації інноваційної діяльності учнів. Кожен критерій характеризувався низкою показників. Це дає підстави оцінити рівень готовності загалом або її окремі компоненти шляхом з'ясування відповідності між реальним станом готовності вчителя та її ідеальною моделлю (що відображається у критеріях готовності). Критерії готовності та їх показники систематизовано у табл. 2.1. До кожного з критеріїв указано також приклад діагностичного індикатора та визначено спосіб фіксації результатів оцінювання. Докладніше про методику оцінювання рівня сформованості в майбутніх учителів фізики розглядуваної готовності йдеться у п'ятому розділі монографії.

Як видно з табл. 2.1, вищезгадані компоненти готовності вчителя до організації інноваційної діяльності учнів є відповідними критеріями при проведенні діагностики рівня сформованості цієї готовності. Взявши за основу описані критерії та показники готовності, ми виділили три рівні сформованості останньої: низький (репродуктивний), достатній (пошуковий) та високий (творчий).

Низькому (репродуктивному) рівню готовності відповідає:

- нестійкий інтерес (або його відсутність) до інноваційної діяльності; низька мотивація досягнення результатів у майбутній професійній діяльності; небажання вносити інноваційні зміни в навчальний процес з фізики та залучати учнів до інноваційної діяльності під час вивчення фізики (зазвичай при цьому спостерігається незадоволеність навчанням);

- розрізнена система професійно важливих знань (що засвідчується низькою академічною успішністю студента);

- відсутній досвід здійснення інноваційної діяльності у процесі навчання в університеті та досвід керування учнівською науково-дослідницькою діяльністю (кількісні показники продуктивності навчально-наукової діяльності відсутні).

Критерії та показники готовності майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів

Критерії	Показники	Індикатори (та способи фіксації результатів)
Психологічний	1. Бажання брати участь у розробленні, реалізації та поширенні інновацій у професійній діяльності. 2. Здатність до творчого мислення. 3. Висока мотивація досягнення результатів у майбутній професійній діяльності	Задоволеність навчанням (визначається за допомогою опитувальників задоволеності діяльністю)
Теоретичний	1. Фундаментальні фізико-математичні знання з усвідомленням можливості їх практичного застосування. 2. Знання змістових етапів інноваційної діяльності з урахуванням її навчального аспекту. 3. Знання основних методів пошуку розв'язків винахідницьких задач. 4. Знання з основ інтелектуальної власності (зокрема, правил патентування). 5. Знання методів активізації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики	1. Академічна успішність (визначається за агрегованим показником предметної підготовленості студента з обраних дисциплін). 2. Успішність виконання діагностичної роботи (визначається за кількістю правильних відповідей на тестові запитання)
Практичний	1. Здатність використовувати знання фізичної теорії у практичній діяльності (зокрема, у процесі розв'язання простих технічних проблем). 2. Навички використання різних джерел інформації. 3. Здатність оцінювати ефективність запропонованих учнівських інноваційних рішень. 4. Досвід оформлення заявок на корисні моделі та винаходи. 5. Здатність керувати роботою учня (або групою учнів) на кожному з етапів їх інноваційної діяльності. 6. Досвід апробації та впровадження власних інноваційних рішень. 7. Здатність до створення власних методів і засобів, спрямованих на активізацію інноваційної діяльності учнів з фізики	1. Продуктивність навчально-наукової діяльності студента. В основі визначення лежать кількісні та якісні характеристики. <i>Кількісні:</i> публікації, участь у науково-дослідній діяльності кафедри або лабораторії, керівництво учнями, їх перемоги в конкурсах тощо. <i>Якісні:</i> аналіз творчих робіт (зокрема, курсових і кваліфікаційних робіт). 2. Успішність виконання діагностичної роботи (визначається за кількістю правильно виконаних завдань)

Достатній (пошуковий) рівень готовності передбачає:

– наявність стійкого інтересу до інноваційної діяльності; прагнення вносити інноваційні зміни у професійній діяльності з метою підвищення її ефективності, а також бажання залучати учнів до творчої навчально-

пізнавальної діяльності з елементами інноваційного пошуку (зазвичай при цьому студент задоволений навчанням);

- сформовану на достатньому рівні систему професійно важливих знань (засвідчується доброю академічною успішністю);

- наявність у студента певного досвіду науково-дослідницької (зокрема, інноваційної) діяльності, отриманого під час навчання у ВНЗ, та досвіду керування учнями при виконанні ними творчих робіт з фізики (наявні кількісні показники продуктивності навчально-наукової діяльності).

Високому (творчому) рівню готовності відповідають:

- прагнення брати участь у розробці, впровадженні та поширенні інновацій; висока мотивація досягнень у майбутній професійній діяльності (зазвичай, у цьому разі студент особливо задоволений навчанням);

- сформована на високому рівні система професійно важливих знань, зокрема знань щодо активізації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики (засвідчується високою академічною успішністю);

- досвід системної науково-дослідницької (зокрема інноваційної) діяльності у процесі навчання у ВНЗ; досвід успішного керівництва учнями під час виконання ними творчих робіт з фізики, що мають інноваційну спрямованість.

Високі кількісні показники продуктивності навчально-наукової діяльності студента обумовлюються: наявністю в нього наукових публікацій (статей та/або патентів), перемогами у студентських конкурсах науково-дослідницьких робіт, виступами на науково-практичних конференціях різних рівнів, перемогами його учнів у всеукраїнських і міжнародних фізико-технічних конкурсах тощо).

Високому рівню готовності вчителя до організації інноваційної діяльності учнів притаманний також *індивідуальний стиль* здійснення цього виду професійної діяльності, який проявляється, за О. І. Гурою, в єдності професійно незмінного й індивідуально неповторного в діяльності педагога, і який породжує стан емоційного комфорту та приносить задоволення від професійної діяльності [138, с. 179].

Визначені нами критерії, показники та способи їх оцінювання дозволяють проводити діагностику рівня готовності студентів (майбутніх учителів фізики) до організації інноваційної діяльності учнів, а також виявляти ті компоненти цієї готовності, які сформовано недостатньо.

Отже, запропоновано авторське тлумачення поняття *«готовність учителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів»* як такої інтегративної якості особистості вчителя, що виявляється у його спрямованості на інноваційний характер професійної діяльності, у здатності використовувати й розробляти технології, методи й засоби навчання, спрямовані на активізацію інноваційної діяльності учнів у процесі вивчення ними фізики, а також створювати сприятливі умови для організації цієї діяльності. У змісті такої готовності умовно виділено три пов'язані між собою структурні компоненти: *психологічний* (відображає мотиваційно-ціннісний та особистісний аспекти), *теоретичний* (когнітивний) *та практичний* (містить діяльнісний та рефлексивний аспекти). Визначено критерії, показники та рівні цієї готовності, що уможливають проведення діагностики її сформованості у студентів – майбутніх учителів фізики.

2.2. Концептуальні засади підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів

Зважаючи на визначені у попередньому підрозділі зміст та структуру готовності вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів, а також враховуючи критерії, показники та рівні цієї готовності, ми виділили концептуальні засади її формування у студентів-фізиків (майбутніх учителів) у процесі їх професійної підготовки в університеті. Зміст цих засад структуровано за трьома блоками: теоретико-методологічним, змістовно-процесуальним та діагностичним (рис. 2.1).

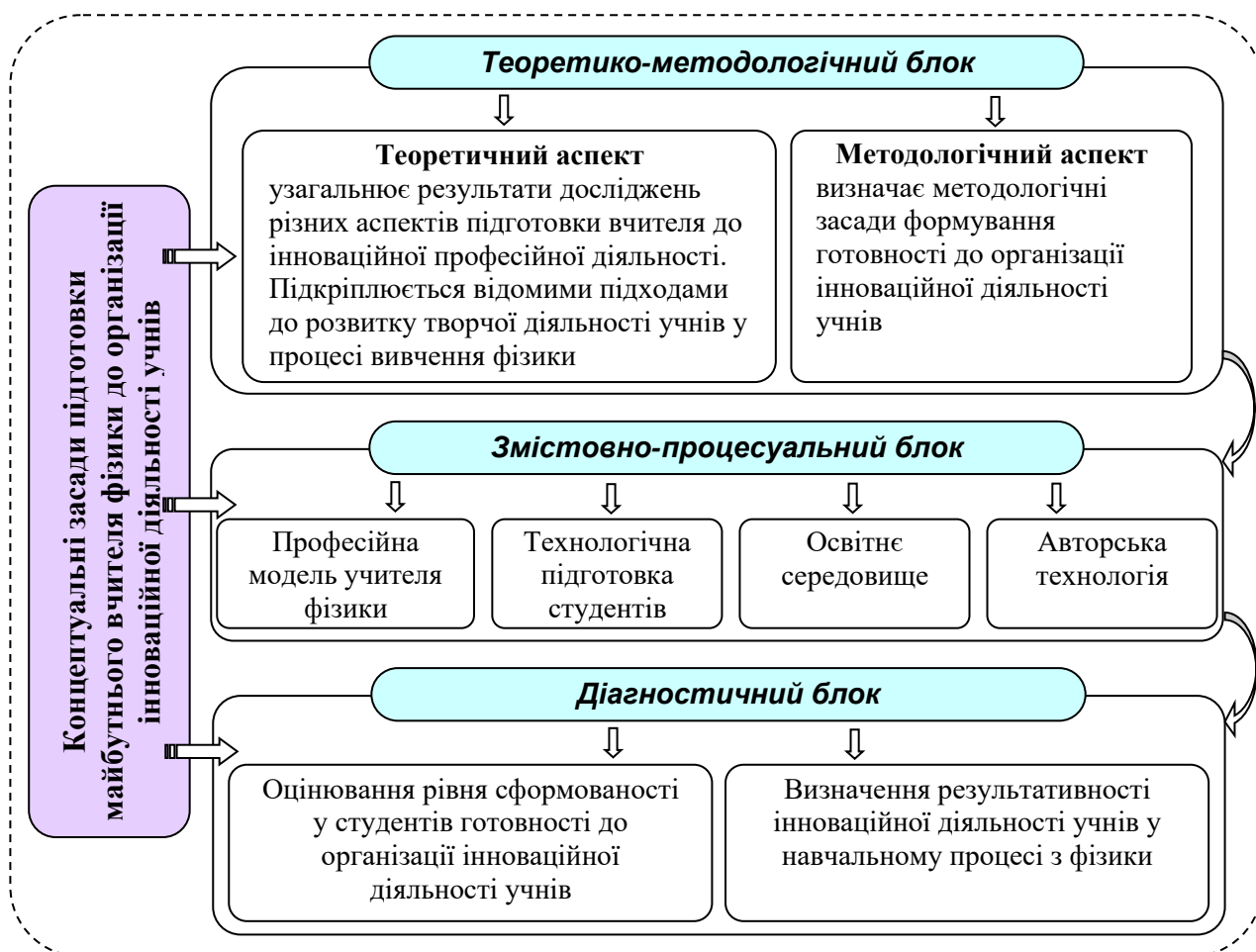


Рис. 2.1. Структура концептуальних засад підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів

1. Теоретико-методологічне підґрунтя професійної підготовки вчителя фізики. Передумовами до розроблення цього блоку були емпіричні факти, що вказують на актуальність підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів. Цими фактами є, зокрема, протиріччя, що були виявлені у процесі аналізу стану розробленості проблеми організації учнівської інноваційної діяльності (вони висвітлені у вступній частині монографії). Розглядуване підґрунтя професійної підготовки майбутніх учителів фізики має два аспекти: теоретичний та методологічний.

Теоретичний аспект узагальнює результати досліджень різних питань щодо підготовки вчителя до інноваційної професійної діяльності (М. М. Анісімов [53], П. С. Атаманчук [58; 59], В. О. Белянін [71], М. Ю. Вайндорф-Сисоева [97], І. В. Гавриш [120], І. М. Дичківська [151],

В. Ф. Заболотний [167], О. І. Іваницький [183; 184], О. А. Крисанова [220], А. В. Хуторської [407; 412], В. Д. Шарко [420; 423] та інші). Розглянемо деякі з них.

Серед педагогічних умов формування у студентів ВНЗ готовності до інноваційної професійної діяльності, що були визначені І. В. Гавриш у [120, с. 32], особливо важливими для нашого дослідження (зокрема, для розроблення методичної системи підготовки майбутніх учителів до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання фізики) були такі:

- процес розвитку мотивації інноваційної професійної діяльності буде ефективним, якщо його основними цілями визнано: прийняття студентами завдань модернізаційних перетворень у системі загальної середньої освіти як особистісно значущих; розвиток у них мотивації досягнення у професійній галузі;

- формування готовності майбутніх учителів до педагогічного цілеутворення буде ефективним, якщо здійснюється в умовах спеціально організованого навчання, спрямованого на опанування студентами механізмів педагогічного цілеутворення;

- підготовка майбутніх учителів до створення освітніх інновацій буде ефективною, якщо орієнтується на розвиток креативності професійного мислення студентів, на формування в них умінь створювати сприятливі для колективної педагогічної творчості умови, якщо розвиток професійно важливих якостей професійного мислення майбутніх учителів передбачає включення до змісту інноваційного навчання комплексу заходів, спрямованих на формування у студентів готовності до наукової творчості в педагогічній галузі.

Як комплекс методів, форм і засобів інноваційного навчання майбутніх учителів І. В. Гавриш наводить такі: дискусії в навчальних групах із дослідження цілей, ділові ігри, інтерактивні методи, мікровикладання, міні-конкурси, мозковий штурм, мотиваційні тренінги, портфоліо, проблемні й традиційні лекції, проектні методи, рефлексивне викладання, робота в малих групах тощо [120, с. 26].

Нами також були враховані основні положення запропонованої М. М. Анісімовим [53, с. 10] концепції формування змісту підготовки майбутніх учителів фізики до винахідницької та інноваційної діяльності. Їх можна звести до наступного:

- враховуючи важливу роль фізики в житті суспільства та її гуманітарний потенціал для виховання й розвитку студентів, прикладні галузі фізики слід розглядати як окрему навчальну дисципліну в системі фахової підготовки студентів – майбутніх учителів фізики. Конкретний зміст дисципліни може бути різним залежно від ВНЗ;

- при визначенні змісту підготовки студентів до професійної винахідницької та інноваційної діяльності особливий акцент слід робити на одночасне поєднання й синтез знань із суміжних галузей між природничими науками й дидактикою;

- зміст дисциплін, про які йдеться, слід доповнювати матеріалом з інноватики;

- факторами, що впливають на зміст і структуру відповідних навчальних курсів, є загальні та специфічні для певного профілю цілі навчання творчої діяльності, а також інтереси та спеціальні здатності студентів різних профілів, структура яких визначає особливості їх інноваційної діяльності.

Теоретичне підґрунтя професійної підготовки вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів також підкріплюється відомими підходами до розвитку творчої діяльності учнів у процесі вивчення фізики (С. П. Величко [99], А. А. Давиденко [140; 143], Б. Г. Кремінський [216], В. В. Мендерецький [252], А. І. Павленко [281], В. Г. Разумовський [319; 320], Р. І. Швай [427], М. І. Шут [434] та інші).

Методологічний аспект визначає методологічні засади формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів: процес професійної підготовки вчителя фізики повинен ґрунтуватися на системному, діяльнісному, компетентнісному, особистісно орієнтованому, акмеологічному й аксіологічному підходах (їх особливості було розглянуто в

підрозділі 1.4), які визначають загальнонаукові та психолого-педагогічні засади технологій спеціальної фахової підготовки фахівців-фізиків та технологій навчання фізики в загальноосвітній школі. Використання вказаних підходів, насамперед, було пов'язане з наступним (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Дидактичні підходи як методологічна база для формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів

№ з/п	Назва підходу	Роль і місце підходу в дослідженні
1	Системний	Побудова структурно-функціональної моделі підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів. Визначення концептуальних засад здійснення цієї підготовки
2	Діяльнісний	Розроблення авторської технології організації інноваційної діяльності учнів у процесі навчання фізики (зокрема, створення освітнього середовища для формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів; дослідження методичних особливостей організації цієї діяльності на уроках з фізики та в позаурочній роботі)
3	Компетентнісний	Дослідження професійної готовності вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі, а також виявлення організаційно-педагогічних умов формування у студентів цієї готовності
4	Особистісно орієнтований	Розроблення організаційно-методичного забезпечення процесу формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів. Розроблення методів, форм і засобів навчання, що уможливають організацію інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики (зокрема для створення авторських форм позаурочної роботи учнів)
5	Акмеологічний	Реалізація самостійної навчальної діяльності студентів як важлива складова методичної системи їх підготовки до організації інноваційної діяльності учнів. Забезпечення можливості саморозвитку майбутнього вчителя фізики у процесі творчої педагогічної праці, що пов'язана, зокрема, з організацією інноваційної діяльності учнів
6	Аксіологічний	Спрямування в авторській технології організаційних форм та змісту інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики на ознайомлення, вивчення та розв'язання актуальних проблем сьогодення (зокрема, енергозбереження та екологічних проблем)

1. *Системний підхід* став методологічною базою у процесі розроблення структурно-функціональної моделі підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів (про яку докладно йдеться у третьому розділі монографії), а також дозволив визначити концептуальні засади здійснення цієї підготовки.

2. Опираючись на ідеї *діяльнісного підходу*, ми розробили авторську технологію організації інноваційної діяльності учнів у процесі навчання фізики. Зокрема, створено навчальне середовище для формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів; виявлено методичні особливості організації цієї діяльності на уроках з фізики та в позаурочній роботі. Зазначена технологія розглянута в четвертому розділі.

3. Ідеї *компетентнісного підходу* враховано під час дослідження професійної готовності вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі, а також під час виявлення організаційно-педагогічних умов формування у студентів цієї готовності.

4. *Особистісно орієнтований підхід* постав методологічною базою для розроблення організаційно-методичного забезпечення процесу формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів, а також для розроблення методів, форм і засобів навчання, що уможливають організацію цієї діяльності в навчальному процесі з фізики (зокрема для створення авторських форм позаурочної роботи учнів).

5. Ідеї *акмеологічного підходу* враховано через реалізацію самостійної навчальної діяльності студентів як важливої складової методичної системи їх підготовки, а також через забезпечення можливості саморозвитку майбутнього вчителя фізики у процесі творчої педагогічної праці, що пов'язана, зокрема, з організацією інноваційної діяльності учнів.

6. Використання *аксіологічного підходу* в нашому дослідженні викликано необхідністю формування в майбутніх учителів та учнів ціннісного ставлення до освітнього процесу як важливого чинника цілепокладання в навчанні. З цією метою в авторській технології ми спрямували організаційні форми та зміст

інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики на ознайомлення, вивчення та розв'язання актуальних проблем сьогодення (зокрема, енергозбереження та екологічних проблем).

2. Змістовно-процесуальний блок. Цей блок концептуальних засад стосується методичної системи підготовки майбутніх учителів до організації інноваційної діяльності учнів, а також авторської технології організації цієї діяльності в навчальному процесі з фізики.

Професійна модель учителя фізики. Здійснення цілеспрямованої підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів потребує внесення доповнень у професійну модель вчителя, що мають враховувати інноваційний характер його професійної діяльності. Важливою складовою інтегральної професійної компетентності вчителя є *інноваційна компетентність*. І. М. Дичківська трактує її як систему мотивів, знань, умінь, навичок, особистісних якостей педагога, що забезпечує ефективність використання нових педагогічних технологій у роботі з дітьми. До компонент цієї компетентності вона відносить: інформованість про інноваційні педагогічні технології, належне володіння їх змістом і методикою, високу культуру використання інновацій у навчально-виховній роботі, особисту переконаність у необхідності застосування інноваційних педагогічних технологій [151, с. 278].

Отже, професійну модель учителя фізики (зокрема, у частині інноваційної компетентності) необхідно доповнити технологічними знаннями та професійними компетенціями, які відображають його здатність до організації інноваційної діяльності учнів.

Технологічна підготовка студентів до організації інноваційної діяльності учнів. Формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів повинно мати цілісний характер. Це також передбачає запровадження в методичній системі фахової підготовки студентів-фізиків (майбутніх учителів) методів, організаційних форм і засобів, що мають забезпечити формування зазначеної готовності в єдності її психологічного, теоретичного та практичного компонентів, а також сприяти

розвитку у студентів здатності до використання та створення освітніх інновацій, що уможлиблюють залучення учнів до інноваційної діяльності у процесі навчання фізики.

Технологічна підготовка студентів-фізиків мусить спрямовуватися на формування цілісної системи методичних знань та умінь учителів фізики, вона має сприяти цілеспрямованому формуванню елементів їх авторської системи діяльності, прискорювати психологічну адаптацію до ролі вчителя фізики, що позитивно вплине на розвиток особистості фахівця та забезпечить його готовність до організації інноваційної діяльності учнів. Ефективна реалізація наведеного положення уможлиблюється за умови, якщо теоретично обґрунтована й розроблена методична система підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів:

а) міститиме сукупність взаємопов'язаних і взаємозумовлених елементів – *цілей, змісту, методів, засобів і організаційних форм навчання* (конкретна їх реалізація докладно розкрита у третьому розділі монографії), використання яких спрямоване на формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів, до створення умов щодо розвитку в них творчих здібностей у процесі цієї діяльності;

б) забезпечуватиме підвищення рівня пізнавальної активності учнів у процесі навчання фізики, сприятиме розвиткові творчих здібностей дітей, створюватиме умови для їх самоосвіти та самостійного наукового пізнання.

Це потребує включення до навчальних планів дисциплін, що спрямовані на:

- формування готовності до інноваційної професійної діяльності та готовності до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики (відповідні змістові блоки можна вводити й до традиційних дисциплін із циклу професійної підготовки);

- вивчення певних прикладних розділів фізики та прикладів їх застосування в техніці. Змістовий аспект навчального матеріалу може враховувати спеціалізацію, за якою відбувається навчання студентів.

Прикладами цих дисциплін можуть бути такі:

- *на рівні бакалаврату*: «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики», «Дидактичні засоби навчання фізики», «Мова фізичних задач», «Технологія критичного мислення», «Комп'ютеризація шкільного фізичного експерименту», «Педагогічне програмне забезпечення», «Освітні інтернет-технології», «Методика інтеграції фізико-математичних знань», «Критичний аналіз навчально-методичної літератури», «Сучасні освітні технології» та інші;
- *на рівні магістратури*: «Технологія підготовки учнів до продовження фізичної освіти в університеті», «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів», «Організація навчально-дослідної діяльності старшокласників», «Критичний аналіз розв'язків фізичних задач», «Комп'ютерні технології дистанційної освіти», «Методика підготовки до учнівських олімпіад з фізики», «Обслуговування та виготовлення обладнання фізичного кабінету» та інші.

У процесі розглядуваної фахової підготовки слід звертати увагу майбутніх учителів на важливість використання життєвого (вітагенного) досвіду учнів у процесі їх інноваційної діяльності, що розгортається в навчальному процесі з фізики. Важливість останнього пов'язуємо, услід за В. Д. Шарко, з тим, що опора на життєвий досвід того, хто навчається, є головним шляхом перетворення знань на цінності (важливість цього узгоджується з ідеями компетентнісного підходу, згідно з яким навчання певного виду діяльності передбачає не лише засвоєння людиною відповідних знань, умінь і навичок, але й розвиток її ціннісної сфери, збагачення життєвого досвіду). Саме життєвий досвід дає нагоду людині реалізувати потенційні здібності в навчальному процесі [421, с. 26]. Розробленню методичної системи підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі присвячено третій розділ монографії.

Освітнє середовище для формування готовності вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів. Таке освітнє середовище має уможливлювати запровадження у професійній підготовці майбутніх учителів організаційних форм навчання, що сприяють продуктивній діяльності студентів

у процесі навчання (заняття-конкурси, заняття-конференції тощо); спрямовують їх до створення авторських технологій навчання, формують індивідуальний стиль діяльності (зокрема інноваційної); створюють умови для науково-дослідницької діяльності студентів, а також для набуття досвіду роботи з учнями (наприклад, під час проходження педагогічної практики, у процесі роботи учнівських гуртків, шляхом залучення учнів до науково-дослідницької роботи навчально-наукових лабораторій тощо).

Ефективність фахової підготовки вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів можна також підвищити за умови використання віртуального освітнього середовища, що уможливорює дистанційне навчання студентів. Таке середовище вважають (М. Ю. Вайндорф-Сисоєва) освітнім простором, що містить учасників освітнього процесу, інформаційний зміст і комунікативні можливості локальних, корпоративних і глобальних комп'ютерних мереж, що формуються та використовуються з освітньою метою [97, с. 5]. Створення віртуального освітнього середовища передбачає модернізацію навчальних комплексів відповідних дисциплін, що, насамперед, потребує розроблення інформаційно-комунікаційних комплексів дисциплін із розміщенням їх на навчальній платформі Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (MOODLE) на сайті університету. Такі інтерактивні курси можуть містити комплекс матеріалів: а) в Word і PDF та відеоматеріали; б) в PowerPoint (комплекс різних видів презентацій); в) різноманітні веб-квести.

Авторська технологія організації інноваційної діяльності учнів у процесі навчання фізики. У нашому дослідженні педагогічна технологія – це комплексна інтеграційна система, що містить упорядковану множину операцій і дій, які забезпечують педагогічне цілевизначення, змістовні, інформаційно-предметні й процесуальні аспекти, спрямовані на засвоєння систематизованих знань, набуття професійних умінь і формування особистісних якостей, що відповідають цілям навчання, у тих, хто навчається [257, с. 13]. Подібний підхід до розуміння педагогічної технології подано також О. І. Іваницьким і С. П. Ткаченко у [185, с. 31], де проведено аналіз деяких визначень цього

поняття. Вони, зокрема, вказують на те, що педагогічна технологія є системним способом організації діяльності вчителя й учнів, за яким реалізація навчальної мети досягається узгодженим поєднанням організаційних форм, методів і засобів навчання. Отже, згідно з нашим розумінням технології, остання покликана виявляти конкретні умови навчального процесу з фізики та способи його організації (зокрема, методи, форми, засоби навчання та їх цілеспрямоване поєднання), тобто технологізація навчання фізики передбачає проектування цього процесу та реалізацію проекту на основі досягнення намічених цілей [36].

До основних педагогічних ефектів розвивальних технологій, що мають особистісну спрямованість, М. М. Анісімов відносить такі: інтелектуальний та емоційно-мотиваційний розвиток; формування знань і професійних умінь; забезпечення ціннісного ставлення до освітнього процесу; підвищення активності, формування самосвідомості й самостійності студентів [53, с. 10]. Запропонована ним технологія навчання винахідницької та інноваційної діяльності на основі спільної продуктивної діяльності викладача зі студентами характеризується постановкою діагностично заданої мети; системою теоретичних положень і практичних задач для засвоєння прийомів і способів розв'язання інноваційних задач; описом навчальних дій; індивідуальною й груповою навчальною діяльністю з зазначенням способів взаємодії викладача зі студентами й студентів між собою; мотиваційним забезпеченням діяльності студентів, що ґрунтується на вільному виборі інноваційних задач, а також шляхів і засобів їх розв'язання.

Ми поділяємо думку В. О. Сластьоніна [356, с. 455] про те, що технологія організації різних видів розвивальної діяльності учнів не повинна зводитися до регламентування та жорсткої оцінки їх діяльності, а має передбачати спонукання до творчого саморозвитку, формування потреби в ньому, усебічне стимулювання активності та самостійності учнів. Основними функціями педагога в цьому процесі, зазначає В. О. Сластьонін, є побудова предметного змісту діяльності учнів та організація їх спільної діяльності.

У науково-методичній літературі за відтвореністю педагогічної діяльності прийнято розрізняти жорсткі та гнучкі педагогічні технології. Їх суттєві ознаки розглянемо за Т. М. Ковальновою [196, с. 105–114]. *Жорстка* педагогічна технологія передбачає побудову навчання як відтворюваної послідовності навчальних процедур або відтворюваного навчального циклу. Технології такого типу спрямовують діяльність учнів згідно з діагностично заданими цілями навчання. Останні передбачають створення відповідних еталонів для оцінки результатів навчання, концентрацію діяльності вчителя на досягненні цілей навчання тощо. Ми згодні з думкою Т. М. Ковальнової про те, що максимальна деталізація навчальних цілей, зведення їх до набору безпосередньо спостережуваних ознак створює небезпеку щодо спрощення складних педагогічних цілей та витіснення пошукової компоненти навчання.

На відміну від жорстких, *гнучкі* педагогічні технології, зазначає Т. М. Ковальова, містять ознаку відтворюваного ходу навчального процесу, але не містять діагностичного опису навчальних результатів. Вони ґрунтуються на продуктивній діяльності учнів під час розв'язання навчально-пізнавальних проблем. Дослідниця також звертає увагу на важливі риси, що притаманні гнучким педагогічним технологіям. По-перше, вони орієнтовані на тісний зв'язок навчання з безпосередніми життєвими потребами, інтересами й досвідом учнів, що сприяє зміні позиції учня у процесі навчання – він стає ініціативнішим і самостійнішим. По-друге, вчитель стає помічником у роботі учнів та організатором їх самостійної навчально-пізнавальної діяльності, допомагаючи взаємодіяти учням один з одним і з навчальним матеріалом [196, с. 114].

Інноваційна діяльність учнів, що розгортається в навчальному процесі з фізики, має ознаки продуктивної навчальної діяльності. Зважаючи на вищезазначене, авторська технологія організації інноваційної діяльності учнів має враховувати особливості саме гнучких технологій навчання. Така технологія була нами розроблена на прикладі пізнавальної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження (описана у четвертому розділі монографії).

Значення цієї технології полягає, насамперед, у тому, що, осмисливши її підходи, принципи та ідеї, майбутні вчителі фізики зможуть на їх основі побудувати власну педагогічну практику (або навіть розробити авторську педагогічну технологію).

3. Діагностичний блок. Цей блок передбачає розроблення діагностичного інструментарію для оцінювання рівня сформованості у студентів (майбутніх учителів фізики) готовності до організації інноваційної діяльності учнів (це дозволить оцінити ефективність розробленої методичної системи підготовки вчителів); розроблення методики визначення результативності інноваційної діяльності учнів, до якої вони залучаються в навчальному процесі з фізики (це дозволить засвідчити ефективність запропонованої технології організації інноваційної діяльності учнів). Реалізації цього концептуального напрямку присвячений п'ятий розділ монографії.

До наведених положень вважаємо за доцільне навести авторську позицію щодо питання «Чи є необхідною для ефективної організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики вимога щодо створення вчителем власних інноваційних продуктів?». Аналіз педагогічного досвіду педагогів, професійна діяльність яких має інноваційний характер, а також наш власний педагогічний досвід дозволяють засвідчити, що створення вчителем оригінальних розробок (наприклад, технічних рішень, навчальних методик, програмних засобів), новизна яких засвідчена охоронними документами (зокрема патентами), є дуже важливою, проте не є вирішальною передумовою його готовності до організації інноваційної діяльності учнів. Аналогічну думку висловлює Р. І. Швай. Вона, зокрема, пише: «Не всі викладачі можуть бути творцями в сенсі створення творчих продуктів, однак вони можуть заохочувати до творчої праці, пояснювати її ефекти, створювати творчу атмосферу, переконувати у важливості творчих пошуків, підкреслювати цінність нових ідей учнів у процесі розв'язування задач, допомагати у творенні не лише обдарованим особистостям, але й створювати умови для розвитку креативності всіх учнів» [426, с. 24].

Отже, структура визначених нами концептуальних засад щодо підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів, виявляється наступною:

- *теоретико-методологічний блок* враховує емпіричні факти, що обумовлюють актуальність підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів; узагальнює результати досліджень різних аспектів підготовки вчителів до інноваційної професійної діяльності; визначає методологічні засади формування в них готовності до організації інноваційної діяльності учнів; підкріплюється відомими підходами до розвитку творчої діяльності учнів у процесі вивчення фізики;

- *змістовно-процесуальний блок* обумовлює необхідність уточнення професійної моделі вчителя фізики, що має відобразити його здатність до організації інноваційної діяльності учнів; висуває вимоги щодо цілей, змісту, методів, засобів і організаційних форм навчання, передбачених методичною системою; вказує на важливі особливості освітнього середовища для формування готовності вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів; містить підходи до розроблення авторської технології організації інноваційної діяльності учнів;

- *діагностичний блок* передбачає розроблення діагностичного інструментарію для оцінювання рівня сформованості у студентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики, а також розроблення методики визначення результативності цієї діяльності.

2.3. Організаційно-педагогічні умови розвитку в майбутніх учителів фізики здатності до організації інноваційної діяльності учнів

Готовність до організації інноваційної діяльності учнів формується у студентів (майбутніх учителів) не сама собою, а шляхом цілеспрямованої їх підготовки та самопідготовки (зокрема під час проходження педагогічної практики). З огляду на нинішню структуру навчально-виховного процесу у

ВНЗ, у підготовці майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів нами виділено три етапи (рівні) (структурна схема цієї підготовки подана на рис. 2.2) [21]:

- етап теоретичної підготовки (перший рівень);
- етап набуття практичних здатностей до інноваційної діяльності (другий рівень);
- етап набуття здатності до організації інноваційної діяльності учнів (третій рівень).

Така побудова процесу підготовки майбутніх учителів фізики виконує, окрім іншого, дуже важливе завдання – психологічну переорієнтацію студента від усвідомлення себе в ролі того, хто навчається, до ролі того, хто навчає. Розглянемо докладніше кожен із наведених етапів підготовки.

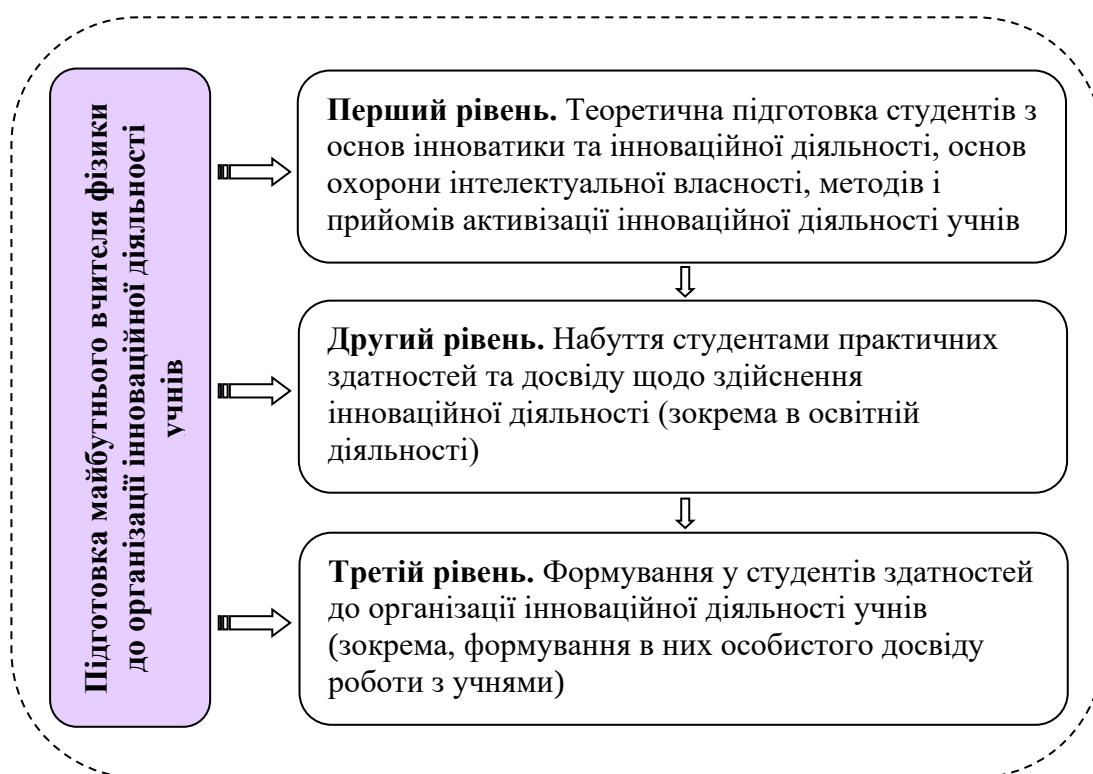


Рис. 2.2. Структура тривірневої системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів

Етап теоретичної підготовки (перший рівень). Зміст навчання майбутніх учителів фізики на цьому етапі пов’язаний із формуванням у них знань про:

- основи інноватики та інноваційну діяльність взагалі й про інноваційну діяльність учнів у навчальному процесі з фізики зокрема (насамперед, про її зміст і структуру);

- основні поняття й положення *методів пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань* (зокрема, метод «спроб і помилок», метод мозкового штурму, метод синектики, метод морфологічного аналізу, метод контрольних запитань, метод функціонально-вартісного аналізу), а також про *прийоми та принципи усунення технічних протиріч* (наприклад, *принципи*: дроблення, місцевої якості, об'єднання, універсальності, попереднього (запобіжного) виконання, часткового або надлишкового ефекту, переходу в інший вимір, використання механічних коливань, «перетворити шкоду на користь», зворотного зв'язку, «посередника» та інші; *прийоми*: заміна механічної системи, використання гнучких оболонок і тонких плівок, застосування пористих матеріалів, зміна фізико-хімічних параметрів об'єкта, застосування фазових переходів, застосування термічного розширення, застосування композитних матеріалів та інші);

- основи охорони інтелектуальної власності (зокрема, про теоретичні основи патентування передбачуваних винаходів) та правила оформлення учнівських інноваційних проєктів;

- місце інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики в загальноосвітній школі (зокрема про структуру навчального процесу з фізики та про різні види урочної та позаурочної діяльності, що уможливлюють включення учнів до творчої (зокрема інноваційної) діяльності);

- методи й прийоми активізації інноваційної діяльності учнів.

Ознайомлення студентів – майбутніх учителів фізики з наведеними видами теоретичного знання можливо здійснювати як у процесі вивчення традиційних дисциплін, що забезпечують фахову підготовку студентів (розглядаючи подані змістові блоки як додатковий матеріал), так і шляхом упровадження спеціальних курсів. У випадку нашого дослідження для здійснення такого навчання було розроблено навчально-методичний комплекс дисципліни

(НМКД) «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» (додаток Е), що передбачена навчальним планом підготовки бакалавра в ЗНУ за предметною спеціальністю 014.08 Середня освіта (Фізика).

Результати наших досліджень узгоджуються з висновком І. Т. Богданова про те, що найбільший ефект у розвитку творчої особистості досягається тоді, коли навчальний процес будується за типом *задачної* технології [83, с. 109]. Він, зокрема, стверджує: «Задачний підхід до вивчення фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі серед багатьох різних систем, теорій і підходів до проблеми формування й розвитку пізнавального інтересу посідає провідне місце й разом із використанням особистісно орієнтованого навчання, сучасних інноваційних технологій безперечно сприяє інтенсифікації навчального процесу» [83, с. 107]. А для того, щоб задачний метод досягав найбільшого педагогічного ефекту в розвитку творчої особистості, він, на думку І. Т. Богданова, повинен мати такі основні ознаки [83, с. 110]:

- подання завдань, що потребують продуктивного виконання студентами;
- наявність середовища, умов, що описані в тексті, які надають змогу студенту побудувати ефективну гіпотезу розв’язання;
- багаторівневість блоків завдань, що дозволяє вважати їх використання не як окремі завдання, а як динамічну, складну діяльнісну послідовність (реалізація цієї вимоги розглянута в пункті 3.4.2).

Враховуючи зазначене, для реалізації теоретичної підготовки студентів нами також було використано *задачний підхід*. Відповідним дидактичним засобом виступили ситуаційні задачі. Останній термін нами запозичений у О. А. Крисанової. Ситуаційні задачі вона вважає новим дидактичним засобом, що має яскраво виражений практико-орієнтований (іноді навіть прагматичний) характер, при цьому розв’язання задачі потребує конкретного предметного знання. Розширюючи поняття ситуаційної задачі на галузь професійної підготовки майбутніх учителів, О. А. Крисанова виділяє також ситуаційні методичні задачі як різновид навчально-професійних задач, основним компонентом яких є певні ситуації професійної діяльності вчителя, що подані в

різних контекстах [220, с. 29]. Зазвичай такі задачі мають замість традиційного номера, певну назву, що відбиває зміст задачі. Кожна з таких задач містить проблемну ситуацію, що конкретизується навчальною (зокрема, фізичною) задачею (або кількома такими задачами) та може супроводжуватися прикладом конкретного розв'язання з аналізом отриманих результатів. Докладніше про методичні особливості використання описаного підходу йдеться в підрозділі 3.2, там же наведені приклади ситуаційних задач, що можуть бути використані як у процесі теоретичної підготовки майбутніх учителів, так і в навчальному процесі з фізики у школі.

Етап набуття практичних здатностей до інноваційної діяльності (другий рівень). Зрозуміло, що досвід здійснення інноваційної діяльності студенти-фізики можуть набути лише у процесі власної творчої діяльності. Тому методична система підготовки майбутніх учителів фізики має передбачати такі форми й методи їх навчально-пізнавальної діяльності, що уможлиблювали б інноваційний пошук. Проведені нами дослідження показують, що окремі елементи інноваційної діяльності студентів можуть бути реалізовані в таких організаційних формах навчання у ВНЗ:

1. *У процесі навчальних занять.* Пошукова діяльність, що реалізується під час аудиторних занять, може охоплювати всіх студентів. Найбільші можливості для включення елементів інноваційної діяльності в діяльність студентів мають, на наш погляд, такі нормативні дисципліни з циклу професійної підготовки: курси загальної фізики («Механіка», «Молекулярна фізика та термодинаміка», «Електрика та магнетизм», «Оптика», «Атомна та ядерна фізика»), «Теорія і методика навчання фізики», «Дидактичні засоби навчання фізики» та інші. Важливе значення для залучення студентів до пошукової діяльності можуть відігравати також дисципліни вибору факультету та дисципліни вільного вибору студентів (як приклад вкажемо на авторський спецкурс «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики»). Особливу цінність для залучення студентів до інноваційної діяльності виявляють лабораторні заняття. Тому важливо, щоб лабораторні роботи передбачали відповідні творчі завдання, які б

спонукали студентів-фізиків до інноваційного пошуку (наприклад, завдання, пов'язані з розробленням експериментальних установок, створенням демонстраційних приладів тощо).

2. *Як домашні та індивідуальні завдання з наведених вище дисциплін, а також кваліфікаційні роботи студентів.*

3. *Як різновид науково-дослідної діяльності студентів, що здійснюється в позааудиторний час.* Така діяльність може бути реалізована, наприклад, у процесі їх підготовки до всеукраїнських конкурсів студентських наукових робіт; у процесі роботи в науково-дослідних лабораторіях, у творчих групах наукового товариства студентів і аспірантів, у наукових гуртках.

Для реалізації другого етапу підготовки майбутніх учителів фізики в робочій програмі авторської дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики», окрім предметного аспекту, передбачено також діяльнісний. Він містить перелік дій (пізнавальних та практичних), формування яких є необхідною складовою успішного здійснення інноваційної діяльності. Цією програмою передбачається формування у студентів:

- здатностей щодо застосування загальних законів фізики для розв'язання простих технічних проблем, а також аналізу та оцінювання запропонованих технічних рішень на предмет можливості їх практичного використання (ефективності, конкурентоспроможності);
- досвіду оформлення заявок на корисні моделі та винаходи;
- здатності до використання різних джерел інформації (навчальної та наукової літератури, комп'ютерних баз даних тощо).

Етап набуття здатності до організації інноваційної діяльності учнів (третій рівень). В інноваційних освітніх перетвореннях, зазначає І. М. Дичківська, особливо жорсткими є вимоги не лише до рівня теоретичних знань, але й до практичної підготовки вчителя. Він повинен уміти спрямовувати навчально-виховний процес на особистість вихованця, вибудовувати свою професійну діяльність так, щоб кожен учень мав необмежені можливості для самостійного й високоефективного розвитку [151, с. 278].

Зрозуміло, що сформованість у студентів знань з основ інноватики, з теоретичних основ інноваційної діяльності та здатності здійснювати інноваційну діяльність ще не дає підстав вважати, що цей студент вже підготовлений до організації інноваційної діяльності учнів. Майбутньому вчителю фізики потрібно ще й здобути особистий досвід безпосередньої роботи з учнями. Під час такої роботи студенти мають, насамперед, набутти здатність заохочувати учнів до творчої діяльності; створювати сприятливі умови для здійснення ними інноваційної діяльності; надавати педагогічну підтримку тим учням, які, зазвичай, не демонструють високого рівня навчальних досягнень з фізики, проте виявляють зацікавлення до пошукової діяльності.

Реалізація третього рівня підготовки студентів під час навчання в університеті може відбуватися в таких видах діяльності:

1. Педагогічна практика як складова навчально-виховного процесу у ВНЗ. Під час її проходження створюються реальні умови для формування в майбутніх учителів готовності до педагогічної діяльності, зокрема для набуття ними досвіду організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі.

2. Керівництво учнями у процесі їх підготовки до участі у всеукраїнських і міжнародних конкурсах фізико-технічного спрямування. Важливо, що на сьогодні перелік таких конкурсів доволі великий. Прикладом всеукраїнського конкурсу може бути *Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів Малої академії наук України (МАН України)*, а міжнародного – *Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів Intel International Science and Engineering Fair (Intel ISEF)*. Попри те, що розглядуваний вид діяльності для студентів не є обов'язковим, наші дослідження свідчать про те, що деякі з них із цікавістю беруть участь у цій роботі. Про особливості організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх підготовки до фізико-технічних конкурсів йдеться в пункті 4.4.3.

3. Керівництво малими творчими групами учнів, які беруть участь у науково-дослідній (та інноваційній) роботі навчально-наукових лабораторій, створених на базі факультету або інших структурних підрозділів ВНЗ (про

методичні особливості організації такого виду діяльності студентів і учнів йтиметься в підрозділі 4.3).

Отже, запропонована нами трирівнева система підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів створює умови для: теоретичної підготовки студентів, що пов'язана з вивченням основ інноватики та інноваційної діяльності, основ охорони інтелектуальної власності, методів і прийомів активізації інноваційної діяльності учнів (перший рівень); набуття студентами практичних здатностей та досвіду щодо здійснення інноваційної діяльності у процесі їх навчання (другий рівень); формування у студентів особистого досвіду роботи з учнями, спрямованої на організацію їх інноваційного пошуку в навчальному процесі з фізики (третій рівень).

2.4. Аналіз змістових компонентів інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики

Однією з необхідних умов ефективної організації інноваційної діяльності учнів є сформованість у вчителя фізики знань про основні етапи розроблення певного інноваційного продукту, а також наявність особистого досвіду щодо їх здійснення. У складі інноваційної діяльності незалежно від її предмету та поставленої мети А. В. Хуторської виокремлює такі характерні етапи:

- науковий пошук (основним результатом цього етапу є сформульована проблема, цілі та завдання передбачуваного нововведення);
- створення новини (реалізуються намічені перетворення; основним результатом цього етапу є знакова або матеріальна фіксація новини);
- реалізація новини (цей етап містить експериментально-оцінювальний, організаційно-управлінський та оформлювально-трансляційний аспекти);
- рефлексія (на цьому етапі відбувається зіставлення отриманого результату з поставленими цілями; продукт зіставляється з його вихідним образом) [409, с. 58].

Враховуючи наведене структурування інноваційної діяльності, а також аналізуючи власний досвід організації процесу розроблення певного інноваційного продукту (в якому брали безпосередню участь учні та студенти – майбутні вчителі фізики), ми виділяємо в учнівській інноваційній діяльності з фізики такі основні етапи [443]:

- вибір актуальної теми для майбутньої розробки;
- формулювання проблеми (технічного завдання);
- пошук ідеї розв’язання проблеми;
- розроблення конструкції пристрою або способу, що є розв’язком поставленого завдання;
- теоретичне дослідження запропонованого технічного рішення (з детальним вивченням його принципу дії);
- розроблення й виготовлення діючої моделі;
- експериментальне дослідження діючої моделі;
- вивчення патентоспроможності розробки та підготовка матеріалів для отримання охоронних документів (зокрема, патенту на корисну модель або винахід);
- апробація експериментального зразка в реальних умовах та впровадження розробленого технічного рішення в певній галузі;
- написання наукової роботи за результатами проведених досліджень;
- експертне оцінювання розробки (наприклад, шляхом її представлення на всеукраїнських та міжнародних конкурсах та виставках);
- написання статті за результатами роботи (для наукового або науково-популярного видання).

Для детальнішого з’ясування змісту інноваційної діяльності учнів, що може бути організована в навчальному процесі з фізики, проілюструємо виділені її етапи (компоненти), розглянувши особливості створення конкретного інноваційного продукту. Як його типовий приклад виберемо авторську розробку *«Хвильова енергетична установка»*. Ця робота була присвячена проблемі перетворення механічної енергії хвиль на поверхні

водоймищ (насамперед, морських хвиль та хвиль повноводних річок) в електричну енергію. У співавторстві з учнями – представниками нашої експериментальної групи було створено інноваційний продукт «Хвильова енергетична установка» (на яку отримано деклараційний патент України на корисну модель [404]).

1. Вибір актуальної теми для майбутньої розробки. Впровадження альтернативних (поновлюваних) джерел енергії та енергоефективних технологій є пріоритетним напрямком розв’язання енергетичних та екологічних проблем сьогодення. Багато країн зараз спрямовують зусилля на розвиток видобутку енергії з відновлюваних

джерел. Одним з таких джерел є *хвилі* на поверхні водоймищ (рис. 2.3). Проблема використання енергії хвиль є особливо актуальною для тих країн, які мають відповідні гідроенергетичні ресурси. Наприклад, у деяких країнах (Великій Британії, Норвегії, Португалії, США, Японії) уже діють промислові зразки хвильових



Рис. 2.3. Хвилі – невичерпне джерело енергії

електростанцій. Установки великої потужності використовуються для енергозабезпечення прибережних будівель і споруд [383, с. 150]. Установки малої потужності використовуються як джерело електроенергії для буїв, бакенів та маяків, а також для автономного енергозабезпечення океанографічних зондів і годівниць для розведення риби.

Україна теж має гідроенергетичні ресурси, адже вона має вихід до Чорного і Азовського морів, а також повноводні річки (Дніпро, Дністер, Дунай, Південний Буг, Десна, Прип’ять тощо). Отже, розробка хвильових енергетичних установок є актуальною задачею.

2. Формулювання технічного завдання. У нашому прикладі технічне завдання було сформульовано у вигляді наступної винахідницької задачі.

Задача «Хвильова енергетика». Одним із видів альтернативних (поновлюваних) джерел енергії є *хвилі* на поверхні океанів, морів, повноводних річок. Для перетворення енергії хвиль у механічну чи електричну енергію існують чимало конструкцій *хвильових енергетичних установок*. Одним із перспективних варіантів їх використання є автономне енергозабезпечення бакенів (буїв) і маяків, які вказують напрямок руху суднам. Проте хвильова енергетика розвивається доволі повільно через велику кількість технічних проблем, що виявляють себе при перетворюванні енергії хвиль. Серед них: розосередження енергії на великій площі, непостійне хвилевідтворення, низька швидкість руху хвиль при значній силі їх дії. Крім того, наявні хвильові енергетичні установки мають ще й конструктивні недоліки. *Виявіть ці недоліки та спробуйте їх усунути (або запропонуйте власну конструкцію хвильової енергетичної установки).*

Наведений методичний прийом – *задачний спосіб подання розв’язуваних фізико-технічних проблем* – дозволяє в подальшому використовувати сформульовану винахідницьку задачу як дидактичний засіб у навчальному процесі з фізики. Особливу цінність ці задачі мають для позаурочної роботи з учнями та для індивідуальної роботи зі студентами – майбутніми вчителями фізики.

3. Пошук ідеї розв’язання цієї проблеми. Важливе значення на цьому етапі має патентний пошук. На думку С. А. Новосьолова і Л. І. Львової [272], пошук патентної інформації виконує також виховну функцію у процесі підготовки учнів до інноваційної діяльності: остання набуває системного наукового характеру, при цьому в учнів формується вміння здійснювати відбір та аналіз інформації не лише для знаходження ідеї розв’язання, але й для методичного забезпечення етапів інноваційної діяльності, пов’язаних із комерціалізацією отриманих результатів.

Поштовхом до розроблення хвильової установки в нашому випадку була науково-популярна стаття академіка Г. Є. Павленка [282]. У ній описано цікавий випадок середини вісімнадцятого століття. Англійське китобійне судно випадково натрапило в полярних водах на мертвого кита, що плавав на поверхні. З корабля спустили шлюпку, щоб загарпунити кита. Однак, не зважаючи на всі зусилля веслувальників, шлюпка не змогла його наздогнати – мертвий кит, що коливався під дією хвиль, рухався швидше за човен! У статті Г. Є. Павленко [282] наголошував на важливості практичного використання морських хвиль, а також запропонував власний варіант хвильового рушія – системи плавників, що встановлювалися зовні корпусу судна, на його підводній частині. При наявності хвиль рушій збільшував силу тяги й заразом зменшував качку судна.

Саме хвіст і плавники риби стали *природним прототипом* для гвинтового перетворювача енергії у створеній нами хвильовій енергетичній установці. Взявши за основу ідею обертання гнучких лопатей під дією потоку води (які можуть автоматично змінювати кут відхилення, мов риб'ячий хвіст), можна досягти підвищення коефіцієнта використання енергії водяного потоку, оскільки напрямок обертання лопатевого гвинта не змінюється за зворотно-поступального руху установки як цілого.

4. Розроблення конструкції пристрою або способу, що є розв'язком поставленого завдання. Конструкція цієї хвильової енергетичної установки полягає в такому. Установка містить (рис. 2.4, а): лопаті 1, що жорстко закріплені з одного боку на осях-спицях 2; вал 3; муфту 4; підшипники 5; підвищувальний редуктор 6; електрогенератор 7; кожух 8; стійку 9; штангу 10; шток 11, шарнірно з'єднаний зі штангою; кронштейн 12, який з одного боку прикріплено до штока, а з іншого – до стійки; концентратор потоку води 13 з направляючими лопатками 15 (рис. 2.4, б), що з'єднаний зі стійкою за допомогою тримачів 14; плавучість 16 (на рис. 2.4 її не зображено).

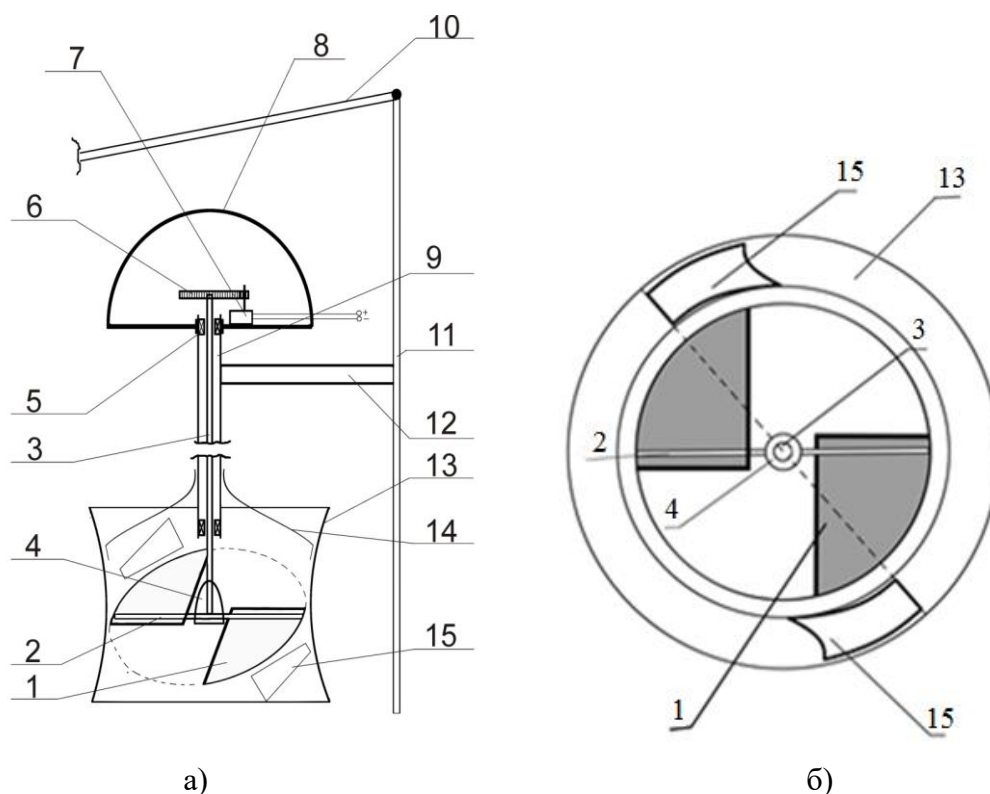


Рис. 2.4. Схема хвильової енергетичної установки з гнучкими лопатями:
а) вигляд установки збоку; б) вигляд концентратора потоку води зверху

Лопаті, які закріплені з одного боку на осях-спицях, та муфта утворюють лопатевий гвинт, який з'єднаний із нижнім кінцем валу, що встановлений у підшипниках стійки, і є складовими частинами гвинтового перетворювача енергії. Лопаті гвинта виконані гнучкими та пружними, а їх кількість повинна бути не менше двох. Верхній кінець валу з'єднаний з підвищувальним редуктором, що механічно з'єднаний із генератором. Редуктор та генератор, які розташовані в кожусі, утворюють енергетичний блок. Концентратор потоку води захищає лопатевий гвинт від механічних ушкоджень. Кожух запобігає потраплянню вологи та пилу до підвищувального редуктора й генератора. Штанга жорстко закріплена до плавучості.

Принцип дії. Хвильова установка тримається на воді за допомогою плавучості (нею можуть виступати спеціальні камери, буї, човни тощо). При виникненні хвиль на поверхні водоймища плавучість здійснює коливальний рух. За допомогою штанги цей рух передається шарнірно з'єднаному з нею штоку. При цьому розмах зворотно-поступального руху штока пропорційний

довжині штанги. Стійка, яка жорстко з'єднана зі штоком за допомогою кронштейна, повторює зворотно-поступальний рух штока. Цей рух передається валу, встановленому в підшипниках стійки й лопатям, які мають змогу рухатися мов «риб'ячий хвіст».

Для роботи хвильової установки можна використовувати як наявні плавучості (рис. 2.5, а) (буї, бакени, човни тощо), так і спеціальні (рис. 2.5, б). В останньому випадку пристрій встановлюється вздовж осі симетрії циліндричної плавучості й кріпиться до неї, наприклад, за допомогою кронштейнів.

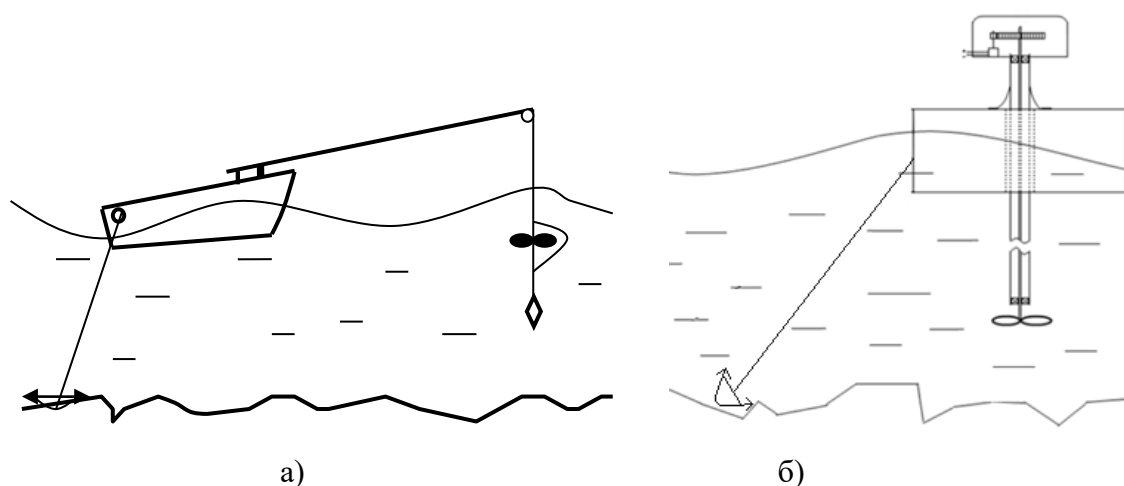


Рис. 2.5. Можливі схеми застосування установки:

- а) застосування на човні – як портативне автономне джерело електроенергії;
- б) стаціонарне застосування на бакені

Унаслідок піднімання стійки вгору гнучкі та пружні лопаті відхиляються потоком води вниз, що спричиняє обертання лопатевого гвинта. Це обертання передається валу установки. При русі установки вниз, лопаті відхиляються догори, а напрямок обертання лопатевого гвинта не змінюється, що обумовлює підвищення ККД установки, порівняно з відомими рішеннями. Від вала обертальний рух передається підвищувальному редуктору, а від нього – генератору установки. До генератора можна підключити електричне навантаження (наприклад, акумулятор). Підвищення ККД установки в запропонованому технічному рішенні досягається також завдяки введенню направляючих лопаток, які закріплені на внутрішній поверхні концентратора

потокі води. При зворотно-поступальному русі установки направляючі лопатки закручують потік води в бік, що відповідає напрямку обертання гвинта, це призводить до збільшення обертального моменту лопатевого гвинта.

5. Теоретичне дослідження запропонованого технічного рішення (з детальним вивченням його принципу дії). У процесі теоретичного дослідження хвильової енергетичної установки учнями – членами нашої експериментальної групи були проведені оцінні розрахунки робочих параметрів запропонованого технічного рішення. Зокрема, зроблено розрахунок механічної потужності установки залежно від площі, яку охоплює лопатевий гвинт, і параметрів хвиль (висоти й періоду); а також розрахунок мінімального об'єму плавучості для забезпечення заданої потужності) [37].

Для успішного здійснення цього етапу роботи над створенням інноваційного продукту ми використовуємо наступний методичний прийом. Спочатку формулюється технічне завдання (задача), у якому визначається перелік основних робочих параметрів установки, які потрібно знайти. Після цього кожне з таких завдань учні розбивають на низку більш простих фізичних задач, які потім розв'язують. Як приклад розглянемо два таких завдання (з ними учні мали справу на етапі розроблення хвильової установки).

Задача 1. Оцінити механічну потужність хвильової установки залежно від площі, що охоплює лопатевий гвинт, і параметрів хвиль (висоти та періоду).

➤ *Знайдемо потужність N_0 водяного потоку через ділянку площею S , що перпендикулярна до напрямку швидкості води v .*

Розв'язання. Нехай за час t через нерухому ділянку площею S проходить вода масою m . Тоді потужність цього потоку

$$N_0 = \frac{mv^2}{2t}.$$

Враховуючи, що $m = \rho \cdot V = \rho \cdot Svt$ (ρ – густина води, V – об'єм води, що проходить крізь ділянку S за час t), отримуємо:

$$N_0 = \frac{1}{2} S \rho v^3. \quad (2.1)$$

➤ *Врахуємо, що не вся потужність потоку води перетворюється на механічну потужність лопатевого гвинта.*

Розв'язання. Введемо коефіцієнт використання енергії водяного потоку ξ – відношення механічної потужності на валу гвинта до потужності водяного потоку, який проходить через переріз, що утворює гвинт при своєму обертанні. Зазвичай ξ знаходиться експериментальним шляхом. Застосування коефіцієнта ξ дозволяє записати формулу для механічної потужності N на валу гвинта у вигляді:

$$N = \frac{1}{2} \xi S \rho v^3. \quad (2.2)$$

➤ *Оцінімо середню швидкість вертикального переміщення гвинтового перетворювача енергії на хвилях висотою h і періодом T .*

Розв'язання. Швидкість вертикального переміщення точки на поверхні води при наявності хвиль висотою h і періодом руху T можна оцінити як $2h/T$. Проте використання штанги дозволяє збільшити цю швидкість у декілька, нехай у k , разів. Тому для швидкості підйому труби хвильової установки разом із гвинтовим перетворювачем енергії дістаємо формулу:

$$v = k \frac{2h}{T}. \quad (2.3)$$

Після підстановки (2.3) у (2.2), з урахуванням $S = \pi R^2$, отримуємо формулу для визначення механічної потужності хвильової установки:

$$N = 4\pi \xi \rho k^3 \cdot \frac{R^2 h^3}{T^3}. \quad (2.4)$$

Вихідні дані для розрахунку: середні параметри хвиль у Чорному морі: висота $h = 1$ м, період $T = 4$ с; радіус кола, яке описує гвинт при обертанні $R = 0,5$ м; коефіцієнт використання потоку води $\xi = 0,4$; густина води (наближене значення) $\rho = 1000$ кг/м³; коефіцієнт збільшення швидкості вертикального переміщення гвинта $k = 2$. Обчислення за формулою (2.4) дають

$$N \approx 160 \text{ Вт.}$$

Задача 2. Оцінити мінімальний об'єм V_0 плавучості для забезпечення даної механічної потужності хвильової установки.

Розв'язання. Рух установки вгору обумовлюється піднімальною силою, що діє на плавучість:

$$F = \rho g V_0 - mg, \quad (2.5)$$

де g – прискорення вільного падіння; m – маса установки (разом із плавучістю та електрогенератором).

З іншого боку, необхідне значення F , яке залежить від потужності N хвильової установки, можна оцінити за формулою:

$$F = N/v. \quad (2.6)$$

Порівнюючи (2.5) і (2.6) з урахуванням (2.3), знаходимо мінімальний об'єм плавучості

$$V_0 = \frac{1}{\rho} \left(\frac{N}{vg} + m \right) = \frac{1}{\rho} \left(\frac{NT}{2khg} + m \right). \quad (2.7)$$

Вихідні дані для розрахунку: механічна потужність установки $N = 160$ Вт; маса установки $m = 15$ кг; прискорення вільного падіння $g = 9,8$ м/с²; значення інших параметрів такі самі, як і в попередньому розрахунку. Отримуємо:

$$V \approx 0,031 \text{ м}^3.$$

Отже, для отримання механічної потужності 160 Вт мінімальний об'єм плавучості повинен складати 0,031 м³.

6. Розроблення та виготовлення діючої моделі. Важливість цієї складової інноваційної діяльності визначається не лише розвитком в учнів експериментальних умінь і набуттям досвіду відповідної діяльності. Зазвичай діюча модель має й дидактичне значення – її можна використовувати як демонстраційний пристрій у навчальному процесі. Діюча модель хвильової енергетичної установки (рис. 2.6) використовується нами при ознайомленні студентів-фізиків (майбутніх учителів) та учнів з питаннями, пов'язаними з альтернативною енергетикою.

Спільно з членами нашої експериментальної групи було розроблено та виготовлено різні варіанти діючих моделей описаного пристрою. На

початковому етапі експериментального досліджування розробки була створена дволопатева діюча модель (рис. 2.6, а). Вона дозволила впевнитися у працездатності запропонованого технічного рішення. На її основі була розроблена більш досконала трилопатева модель (рис. 2.6, б), яку можна використовувати в демонстраційному експерименті з фізики.

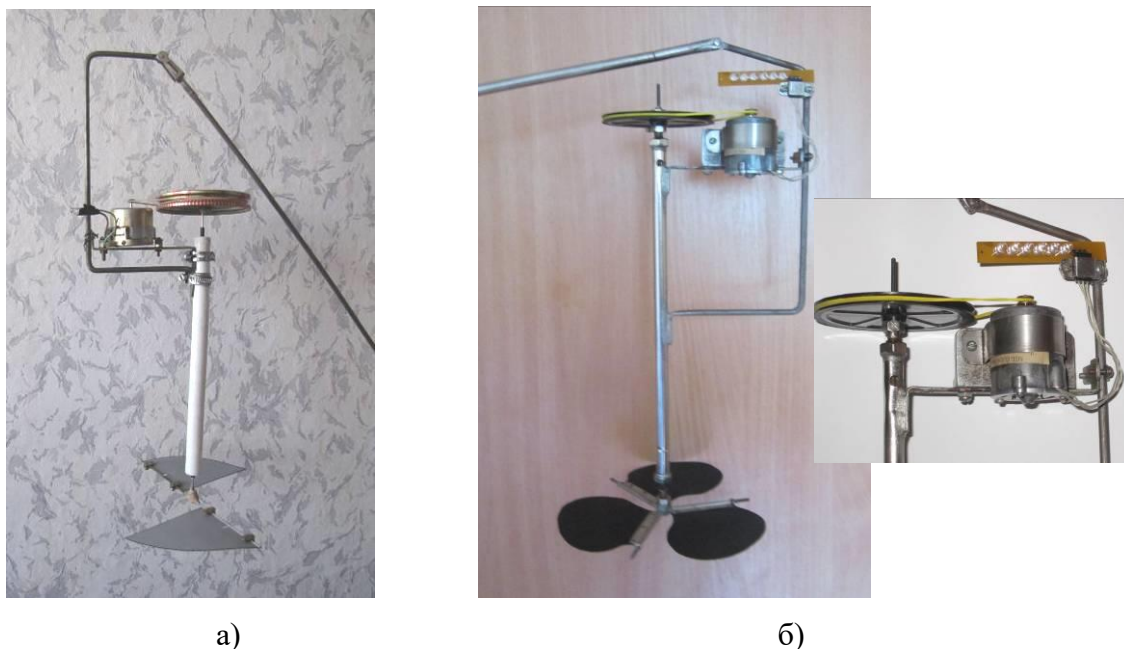


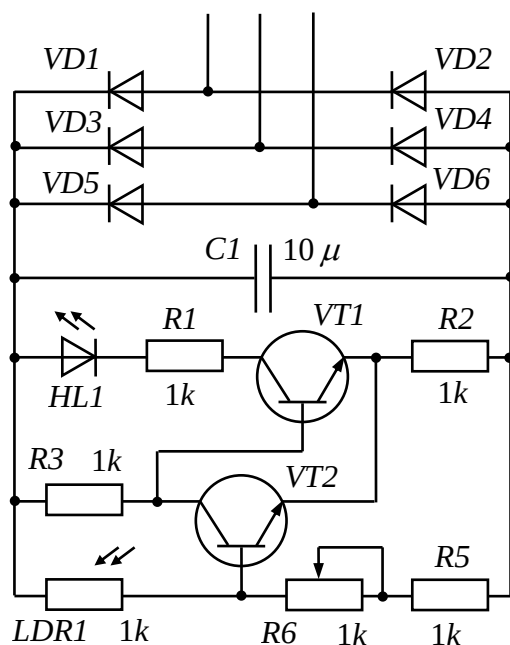
Рис. 2.6. Фото діючих моделей хвильової енергетичної установки:

а) дволопатева модель; б) удосконалена трилопатева модель

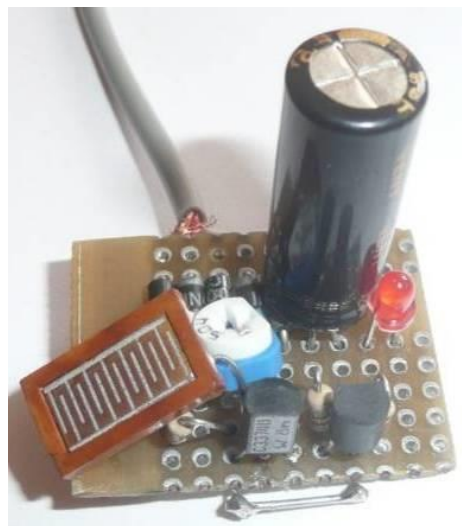
Електричний блок моделі містить електрогенератор (трифазний, з постійними магнітами) та блок автоматики (рис. 2.7). Завдання останнього полягає в автоматичній подачі напруги на світлосигнальний елемент (у моделі це система світлодіодів) залежно від рівня освітленості. Це зроблено, аби продемонструвати учням один із варіантів використання хвильової установки на практиці, а саме як автономний пристрій для електропостачання навігаційних світлосигнальних пристроїв (бакенів, буїв). Уночі вони здійснюють періодичні світлові спалахи (та/або періодичні звукові сигнали).

7. Експериментальне дослідження діючої моделі. Виготовлені діючі моделі запропонованих інноваційних продуктів дозволяють пояснити принцип дії відповідних технічних рішень, упевнитися в їх працездатності,

експериментально перевірити результати відповідних розрахунків, а також зробити певні удосконалення в конструкції інноваційного продукту для його подальшого практичного використання.



а)



б)

Рис. 2.7. Блок автоматики моделі хвильової енергетичної установки:

а) схема автоматичного ввімкнення/вимкнення світлосигнального елемента;

б) фото конкретного виконання блоку автоматики

На рис. 2.8 зображено дослідження діючої моделі запропонованої хвильової енергетичної установки. За допомогою штанги модель приєднується до плавучості (нею є штучний човен). Експериментатор здійснює коливання човна, імітуючи цим хвилі на поверхні водоймища. Через штангу коливний рух передається шарнірно з'єднаному з нею кронштейну, при цьому розмах зворотно-поступального руху кронштейна пропорційний довжині штанги. Цей зворотно-поступальний рух передається валу, встановленому в підшипниках стійки й лопатям, які рухаються мов «риб'ячий хвіст». Демонстрацію можна проводити й без використання плавучості. У цьому разі експериментатору за допомогою штанги слід здійснювати коливні рухи моделі у воді.



Рис. 2.8. Експериментальне дослідження діючої моделі
хвильової енергетичної установки

Унаслідок піднімання установки вгору гнучкі та пружні лопаті відхиляються потоком води вниз, що обумовлює обертання лопатевого гвинта. Це обертання передається валу. Коли пристрій рухається вниз, гнучкі та пружні лопаті відхиляються вгору. Від вала обертальний рух передається підвищувальному редуктору, а від нього, зі збільшеною частотою, – генератору. Генератор перетворює енергію зворотно-поступального руху на електричну та подає її на блок сигналізації. До клем електрогенератора можна підключити навантаження та/або вимірювальний прилад.

8. Вивчення патентоспроможності розробки та підготовка матеріалів для отримання охоронних документів (зокрема, патенту на корисну модель або винахід). Оскільки результатами інноваційної діяльності є, зазвичай, оригінальні технічні рішення (зокрема, пристрої та способи), виникає необхідність у їх документальній фіксації. Таким охоронним документом є, наприклад, патент на винахід або корисну модель. Саме патент дозволяє констатувати наявність у технічного рішення об'єктивної новизни, а це вже вказує на справжню «інноваційність» цього творчого продукту. Необхідною складовою отримання такого документа є написання заявки на видачу патенту – підготовленого за встановленою формою опису конструкції та принципу дії запропонованого технічного рішення. Зважаючи на це, ознайомлення студентів

– майбутніх учителів фізики з основами охорони інтелектуальної власності (зокрема, з правилами оформлення заявок на винаходи/корисні моделі) є важливим елементом формування їх готовності до організації інноваційної діяльності учнів.

Новизна розглядуваного нами інноваційного продукту «Хвильова енергетична установка» підтверджена документально (патент України № 59023 [404]). Співавторами цього винаходу є учні – члени нашої експериментальної групи: Вадим і Владислав Тернові (на той час вони були студентами другого курсу Економіко-правничого коледжу ЗНУ спеціальності «Розробка програмного забезпечення»), Еннан Умеров (учень 10 класу Міжводненської загальноосвітньої школи Чорноморського району Автономної Республіки Крим) та Денис Котов (учень 10 класу Василівської гімназії «Сузір'я»). Обов'язковою частиною заявки на видачу патенту є формула винаходу (корисної моделі). Для нашого прикладу вона полягає в наступному.

Ф о р м у л а к о р и с н о ї м о д е л і. Хвильова енергетична установка, що містить гвинтовий перетворювач енергії, виконаний у вигляді лопатевого гвинта, з'єднаного муфтою з валом і через підвищувальний редуктор із генератором, кожух, плавучість, яка *відрізняється* тим, що додатково містить штангу, жорстко закріплену до плавучості; шток, шарнірно з'єднаний зі штангою; стійку, у якій у підшипниках установлений вал; кронштейн, який з одного боку прикріплено до штока, а з іншого – до стійки; концентратор потоку води з направляючими лопатками, що з'єднаний зі стійкою за допомогою тримачів; причому лопаті лопатевого гвинта є гнучкими та пружними й жорстко закріплені з одного боку на осях-спицях.

9. Апробація експериментального зразка в реальних умовах і упровадження розробленого технічного рішення в певній галузі. Передбачуваними галузями застосування розглянутої хвильової енергетичної установки є виробництво електричної енергії та навчальний процес з фізики. Розглянемо їх докладніше.

Виробництво електричної енергії. Запропонована конструкція хвильової енергетичної установки шляхом використання гвинтового перетворювача енергії з гнучкими лопатями дозволяє перетворювати енергію хвиль водоймищ в електричну енергію з порівняно високим ККД цього перетворення завдяки спрощеному механізму відбору механічної енергії хвиль і має відносно низьку матеріалоємність. Найперспективніші напрямки застосування цієї розробки в галузі виробництва електроенергії ми пов'язуємо з використанням як:

- автономне (портативне) джерело струму для туристичних походів (наприклад, для підзарядки мобільних телефонів і фото/відео камер);
- джерело електроенергії для буїв, бакенів та маяків, а також для енергозабезпечення океанографічних зондів та годівниць для розведення риб;
- додаткове джерело електроенергії для мешканців прибережних районів;
- пристрою для гасіння бортових коливань маломірних суден.

Навчальний процес із фізики. Важливо, що практичне значення розглядуваної установки визначається не лише її застосовуванням за прямим призначенням (вироблення електричної енергії). Розробка також виявляє й дидактичну цінність. Адже навчальну модель хвильової енергетичної установки можна використовувати в навчальному процесі з фізики як наочний засіб для демонстрації перетворення механічної енергії хвиль в електричну [4; 17]. Наведемо деякі методичні особливості використання розглядуваної моделі на заняттях із фізики, що присвячені розгляду альтернативних джерел енергії. Таке заняття, наприклад, можна провести під час вивчення розділу «Механіка» після вивчення теми «Закони збереження в механіці».

Перед безпосереднім ознайомленням учнів із конструкцією моделі хвильової електростанції вчитель має привернути їх увагу до аналізу самого джерела енергії – морських та річкових хвиль. Наприклад, можна розглянути фізичні основи утворення хвиль на поверхні водоймищ. Слід також указати на передумови використання хвильових енергетичних установок. Адже проблема використання енергії хвиль є особливо актуальною для тих країн, які мають

відповідні гідроенергетичні ресурси. Після ознайомлення учнів із принципом дії моделі хвильової електростанції їм можна поставити такі завдання.

Завдання 1. Запропонувати варіанти можливого використання хвильових електростанцій на Чорному та Азовському морях, на Дніпрі.

Завдання 2. Знайти недоліки в розглянутій конструкції хвильової енергетичної установки.

Завдання 3. Запропонувати власний спосіб перетворення енергії хвиль в інші види енергії (наприклад, в електричну).

Характерною особливістю подібних завдань є те, що вони не мають завершеної відповіді (мають кілька розв'язків). Досвід застосування цих завдань показує, що їх із задоволенням розв'язують як учні, що цікавляться фізикою, так і ті, що зазвичай не виявляють особливого інтересу до її вивчення, а тому мають відносно невисокий рівень навчальних досягнень з предмета. Наприкінці заняття (наприклад, для домашньої роботи) учням можна запропонувати наступне завдання.

Завдання 4. Зробити порівняльну характеристику джерел енергії, у яких поновлювана енергія рухомої води використовується для виконання роботи (ними є енергія річок, припливів, хвиль та течій).

Додаткові творчі завдання. Учням, які вивчають фізику поглиблено (особливо тим, хто готується до олімпіад та інших конкурсів фізико-технічного спрямування), можна запропонувати, окрім якісних, ще й кількісні задачі, пов'язані, наприклад, з визначенням деяких робочих параметрів хвильової установки, з теоретичним досліджуванням її робочих характеристик тощо.

Слід зазначити, що за матеріалами розробки «Хвильова енергетична установка» спільно з учнями експериментальної групи ми створили дидактичний засіб «Пристрій для демонстрації перетворення енергії» (на який також отримано деклараційний патент України № 85622 [304]). Конструкцію цього пристрою наведемо у вигляді формули корисної моделі.

Формула корисної моделі. Пристрій для демонстрації перетворення енергії, що містить електрогенератор, вал та ротор, який

відрізняється тим, що додатково містить муфту, підвищувальний редуктор, блок сигналізації, штангу, стійку, симетричні кронштейни, які з одного боку закріплено до стійки, а з іншого – шарнірно до штанги; кожух, підшипники, а ротор виконаний у вигляді лопатевого гвинта, лопаті якого жорстко закріплені на осях-спицях і є гнучкими та пружними.

10. Написання наукової роботи за результатами проведених досліджень. Важливою організаційною формою навчання фізики у школі виступають творчі конкурси фізико-технічного спрямування (від шкільних до всеукраїнських і міжнародних). Необхідною умовою участі в більшості з них є підготовка *творчих (наукових) робіт* (що мають відповідати встановленими вимогам), виступів, презентацій. Як приклад наведемо теми двох учнівських робіт, які виконані за матеріалами розглядуваної розробки: «Хвильова енергетична установка з гвинтовим перетворювачем енергії» та «Хвильова енергетична установка для електропостачання світлосигнальних навігаційних пристроїв» (про результати їх представлення на конкурсах зазначено нижче).

Участь учнів у конкурсах сприяє, окрім іншого, розширенню їх кругозору, формуванню в них уміння грамотно й чітко висловлювати думки, обґрунтовувати свою точку зору, брати участь у дискусії. Про складові успішного представлення учнями інноваційних розробок на всеукраїнських та міжнародних конкурсах йдеться окремо в пункті 4.4.3. Організація підготовки учнів до участі в цих заходах є важливим завданням фахової підготовки майбутніх учителів фізики у ВНЗ. Ефективним способом щодо здійснення такої підготовки учнів є набуття студентами (майбутніми вчителями) власного досвіду участі в подібних заходах. Окрім конкурсів, навчання у ВНЗ передбачає й такі важливі організаційні форми як наукові конференції різних рівнів (від університетського до міжнародного) [46].

11. Експертне оцінювання розробки. Експертна оцінка інноваційного продукту «Хвильова енергетична установка» відбувалася шляхом його представлення авторами – представниками нашої експериментальної групи на

всеукраїнських і міжнародних конкурсах та виставках. Як приклад вкажемо деякі з них:

➤ *Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів – Intel International Science and Engineering Fair (Intel ISEF – 2011)* (травень 2011 р., м. Лос-Анджелес, штат Каліфорнія, США). Розробка посіла *призове IV місце* в секції «Виробництво і передача енергії». Представляв розробку на конкурсі один із її співавторів Еннан Умеров (на той час – учень 10 класу Міжводненської загальноосвітньої школи I–III ступенів, с. Міжводне, Автономна Республіка Крим).

➤ *VIII Міжнародний Салон винаходів та нових технологій «Новий час»* (27–28 вересня 2012 р., м. Севастополь). У межах цієї виставки відбувся *VII Міжнародний етап конкурсу молодіжних інновацій та розробок «Новий час»* [441]. Розробка-винахід «Хвильова енергетична установка з гвинтовим перетворювачем енергії» відзначена *золотою медаллю* та офіційним призом Салону «Морські технології» (додаток Б). Представляли винахід його співавтори – Вадим і Владислав Тернові (на той час студенти другого курсу Економіко-правничого коледжу ЗНУ спеціальності «Розробка програмного забезпечення», м. Запоріжжя).

➤ *Міжнародна Варшавська виставка-ярмарок розробок винахідників та раціоналізаторів – 2012* (жовтень 2012 р., м. Варшава, Польща). На цьому конкурсі-виставці робота також була відзначена *золотою медаллю* (додаток В). Представляли роботу ті ж студенти – Вадим і Владислав Тернові.

➤ *Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України* (державний етап МАН 2012 р., м. Київ). Робота «Хвильова енергетична установка для електропостачання світлосигнальних навігаційних пристроїв» була відзначена *дипломом другого ступеня* на відділенні «Технічні науки» (секція «Електроніка та приладобудування»). Розробку представляв один із її співавторів – Денис Котов (на той час – учень 10 класу Василівської гімназії «Сузір'я», м. Василівка, Запорізька область).

Отже, є підстави стверджувати, що створений інноваційний продукт «Хвильова енергетична установка» знайде своє застосування в галузі виробництва електричної енергії, а її модель може бути використана в навчальному процесі з фізики для вивчення матеріалу, пов'язаного з енергозбереженням, екологічно безпечними технологіями, розвитком альтернативної енергетики. Зауважимо, що саме впровадження винаходу в певній галузі є необхідною умовою, що дозволяє називати його інноваційним продуктом.

12. Написання статті за результатами роботи. Зазвичай цей етап відбувається вже після того, як проведено апробацію експериментального зразка (діючої моделі) та отримано охоронний документ (патент або рішення про його видачу), що засвідчує новизну розробки. Неабияке значення цей етап роботи має для студентів, оскільки вміння підготувати наукову статтю за результатами власних досліджень є необхідним елементом їх фахової підготовки. Особливо це стосується студентів, які здобувають ступінь магістра.

Проте початкові вміння, необхідні для написання статей, стануть у нагоді й для старшокласників. На початковому етапі їм можна доручати зробити аналіз літературних джерел для ознайомлення з певною проблемою; провести патентний пошук для виявлення аналогів і прототипу передбачуваного винаходу з виділенням їх недоліків; виконати креслення, рисунки тощо. На наступному етапі учнів слід навчати чіткому й логічному формулюванню фрагментів статті, робити висновки. Як показали наші спостереження, ці вміння успішно розвиваються саме в тих учнів, які вже мали досвід оформлення заявок на патент. Учні – співавтори винаходу «Хвильова енергетична установка» та «Пристрій для демонстрації перетворення енергії» згодом взяли активну участь у написанні статей [37] та [43].

Слід зазначити, що виокремлені нами етапи роботи над створенням інноваційного продукту (змістові компоненти інноваційної діяльності) є умовними. Послідовність їх реалізації на практиці теж дещо відрізняється. Залежно від конкретної розробки відрізняється й рівень безпосередньої участі

учнів у кожному з цих етапів. Зрозуміло також, що далеко не всі технічні рішення можна довести до рівня відповідних патентів (з наступним опублікуванням результатів у наукових статтях).

Отже, у структурі інноваційної діяльності учнів, до якої вони залучаються в навчальному процесі з фізики, нами виокремлені такі змістові компоненти (етапи): вибір актуальної теми для майбутньої розробки; формулювання проблеми (технічного завдання); пошук ідеї розв'язання проблеми; розроблення конструкції пристрою або способу, що є розв'язком поставленого завдання; теоретичне дослідження запропонованого технічного рішення; розроблення й виготовлення діючої моделі; експериментальне її дослідження; підготовка матеріалів для отримання охоронних документів (зокрема, патенту на корисну модель або на винахід); апробація експериментального зразка в реальних умовах та впровадження розробленого технічного рішення в певній галузі; написання наукової роботи за результатами проведених досліджень; експертне оцінювання розробки (наприклад, шляхом її представлення на всеукраїнських та міжнародних конкурсах та виставках); написання статті за результатами роботи. Виділення змістових компонентів інноваційної діяльності уможливорює розроблення методичних підходів щодо формування в майбутніх учителів фізики теоретичного та практичного компонентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів.

2.5. Вимоги до методів, форм і засобів навчання, що уможливлюють організацію інноваційної діяльності учнів

Використання компетентнісного підходу у процесі підготовки учнів до інноваційної діяльності при вивченні фізики, а також у процесі професійної підготовки майбутніх учителів фізики до організації цієї діяльності, передбачає зміщення акцентів із накопичення знань, умінь і навичок на розвиток здатності молодшої людини практично діяти, застосовувати набутий досвід у конкретних ситуаціях. Аналізуючи відмінності між технологіями організації навчального

процесу за умови «компетентнісного» і «некомпетентнісного» навчання, В. Д. Шарко виокремлює такі ознаки першого [421]:

- застосування знань і вмінь відбувається в життєвих/професійних (або наближених до них) ситуаціях;
- накопичується й осмислюється досвід розв'язання життєвих/професійних задач;
- життєвий контекст і формування життєвого досвіду включається в межі навчального процесу та його значущих елементів;
- основний результат навчання – осмислений досвід певних видів діяльності, цінності;
- методи й форми навчання використовуються як самостійні засоби досягнення певних педагогічних цілей.

Наведені ознаки, що передбачені компетентнісним підходом, нами враховані при розробці методів, форм і засобів навчання, що уможливлюють організацію інноваційної діяльності учнів, а також сприяють відповідній підготовці майбутніх учителів фізики. Розглянемо далі конкретні вимоги до розроблення цих методів, форм і засобів навчання.

Вимоги до методів навчання. *Методом навчання у школі* І. В. Зайченко вважає конкретні шляхи впливу на свідомість, почуття, волю, поведінку учнів з метою вирішення педагогічних завдань у процесі спільної діяльності вихованців і вихователів [171, с. 189]. *Метод навчання у ВНЗ* тлумачиться у словнику педагогічних термінів [286, с. 190] (упорядник О. О. Фунтікова) як спосіб або шлях пізнавальної теоретичної та практичної діяльності викладачів і студентів, спрямований на виконання завдань освіти. Врахувавши ці визначення, *методом навчання* у нашому дослідженні вважаємо способи діяльності, які використовуються викладачем (вчителем) і студентами (учнями) в їх спільній і взаємопов'язаній роботі, що спрямована на досягнення цілей навчання.

Кожен метод має складну структуру, зумовлений цілями, змістом освіти й виховання та органічно пов'язаний з формами організації навчальних занять

[185, с. 87]. Методи навчання класифікують за різними ознаками. Проте на сьогодні відсутня єдина загальновизнана класифікаційна система методів. Тут наведемо лише ті їх типи, які будемо використовувати в дослідженні.

Зважаючи на *мету навчання*, виокремлюють: методи здобуття нових знань; методи формування умінь і навичок; методи застосування знань на практиці; методи творчої діяльності; методи закріплення знань, умінь і навичок; методи перевірки й оцінювання знань, умінь, навичок [114, с. 321]. Поширення набула запропонована М. М. Скаткіним та І. Я. Лернером класифікація методів навчання за *особливостями навчально-пізнавальної діяльності учнів*. Згідно з нею методи навчання поділяються на пояснювально-ілюстративні, репродуктивні, проблемні, частково-пошукові (евристичні), дослідницькі [150, с. 207]. Відомою є класифікація методів навчання за *джерелами інформації*: словесні (розповідь, пояснення, лекція, бесіда; вони можуть мати проблемний і неproblemний характер), демонстраційні (показ учителем реальних і модельних дослідів), лабораторні (фронтальні лабораторні роботи, домашні досліді й спостереження, фізичний практикум), робота з книгою і друкованими посібниками, розв'язання задач (якісних, кількісних, експериментальних, графічних), ілюстративні (використання рисунків, плакатів і різних технічних засобів навчання), методи контролю та обліку знань і вмінь [185, с. 87].

Терміном «прийом навчання» називають частину методу, його елемент, що виражає лише окремі дії вчителя та учня в процесі навчання [89, с. 110]. Прийом навчання, зазначає Н. П. Волкова, є структурно-функціональною складовою методу навчання як певної системи, а також сукупністю конкретних навчальних ситуацій, що сприяють досягненню проміжної (допоміжної) мети конкретного методу [114, с. 320].

У процесі відбору та розроблення методів для нашого дослідження ми враховували, зокрема, наведені В. Д. Шарко основні вимоги до методів навчання [421]:

- відповідність закономірностям, принципам, меті та завданням навчання;

- створення умов для вияву творчих здібностей студентів (учнів);
- практична й прикладна спрямованість навчального процесу;
- забезпечення активності учнів/студентів у процесі навчання;
- поступове збільшення ступеня самостійності студентів і учнів;
- можливість впливу навчального матеріалу та результатів діяльності на емоції та почуття студентів (учнів);
- можливість побудови навчального процесу на основі суб'єкт-суб'єктних відносин між його учасниками.

Також В. Д. Шарко зазначає, що найбільше цим критеріям відповідають, зокрема, продуктивні методи навчання (проблемний, евристичний, дослідницький), метод проектів, задачний метод. У процесі розроблення методів і прийомів організації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики ми теж враховували запропоновану А. А. Давиденком модель повного циклу творчості [143, с. 12]. Вона містить кілька етапів:

- *виявлення дисгармонії, що існує в навколишньому світі.* Здатність людини виявляти дисгармонію між елементами певної системи А. А. Давиденко відносить до прояву найвищого рівня творчості. Для розвитку в учнів відповідної здатності він пропонує створювати у процесі навчання фізики ситуації, що уможлиблювали б ознайомлення учнів з прикладами як гармонійних систем, так і тих, що мають певну дисгармонію між елементами;
- *формулювання проблеми на основі виявленої дисгармонії.* Для розвитку творчих здібностей учнів на цьому етапі А. А. Давиденко пропонує залучати учнів до підготовки та проведення фізичного експерименту. Він також зазначає, що на цьому етапі часто виникає проблема створення нових пристроїв;
- *виокремлення суперечностей, що обумовлюють відповідну дисгармонію.* Особливістю такого етапу є те, що проблема вже сформульована;
- *формулювання задач на основі виділених суперечностей;*
- *розв'язування поставлених задач.*

Останні два етапи найчастіше трапляються в навчальній діяльності. Прикладом їх реалізації може бути, зокрема, розв'язування винахідницьких

задач під час вивчення фізики. Такі задачі є тренувальними вправами у процесі розвитку в учнів здібностей до науково-технічної творчості та можуть широко використовуватись на етапах закріплення й перевірки знань.

Вимоги до форм навчання. У сучасній дидактиці поняття «форма» відносно до навчання використовується у двох варіантах: як *форма навчання* та як *форма організації навчання*. Розглянемо тлумачення цих понять.

Форма навчання – дидактична категорія, що позначає зовнішню сторону організації навчального процесу (у спрощеному вигляді вона пов'язана з кількістю тих, кого навчають, часом і простором, а також з порядком реалізації цього процесу) [161, с. 163]. О. І. Іваницький і С. П. Ткаченко зазначають, що форма навчального процесу характеризується також сукупністю способів, якими забезпечується передача й засвоєння соціально-культурного досвіду, формується здатність до його збагачення. Вона містить множину компонентів, що поділяються на три основні категорії:

- тривалість у часі – скінченний, розрахований на певний період життя людини;
- інституціональне оформлення – система закладів і програм, інформальна освіта;
- дидактична система – форми й методи роботи, які використовують суб'єкти освітньої діяльності [185, с. 84].

Організаційна форма навчання тлумачиться як конструкція окремої ланки процесу навчання, певний вид занять (наприклад, урок, факультативне заняття, екскурсія тощо) [161, с. 176]; спосіб організації навчальної діяльності, який регулюється певним, наперед визначеним розпорядком [114, с. 374]. Серед структурних організаційних форм навчання традиційними виступають *групова (фронтальна й бригадна), парна (учитель – учень, учень – учень), та індивідуальна*, а основною конкретною організаційною формою навчання фізики у школі є *урок* [185, с. 86]. Формами організації освітнього процесу у ВНЗ, відповідно до Закону України «Про вищу освіту» [306], є такі: навчальні заняття, самостійна робота, практична підготовка, контрольні заходи.

Основними видами навчальних занять є: лекція; лабораторне, практичне, семінарське, індивідуальне заняття; консультація.

Основним напрямком удосконалення організаційних форм навчання в межах технологізації навчального процесу з фізики О. І. Іваницький і С. П. Ткаченко вбачають, з одного боку, підвищення *самостійності* учнів (студентів), формування міжособистісних відносин, розвиток різних форм самоуправління в колективах учнів (студентів), з іншого боку, – у варіативному поєднанні вказаних організаційних форм з іншими складовими технології навчання, які ведуть до інноваційного наповнення цих форм [185, с. 86].

Організаційні форми навчання, що уможливають інноваційну діяльність учнів (або принаймні її елементи), розподілимо на дві групи (рис. 2.9):

- *уроки з фізики різних типів* (семінарські, практичні, лабораторні заняття, фізичний практикум, домашня навчальна робота учнів та інші);
- *позаурочна робота учнів з фізики* (всеукраїнські та міжнародні творчі конкурси фізико-технічного спрямування, факультативні заняття, гурткові заняття, конференції, екскурсії тощо).

Слід зауважити, що такий поділ організаційних форм навчання учнів є умовним, оскільки тенденції розвитку сучасної шкільної освіти такі, що урочна й позаурочна діяльність учнів інтегруються в єдиний освітній процес. Тому цілісне дослідження проблеми організації інноваційної діяльності учнів має передбачати розгляд відповідних підходів, що поширюються на обидві групи організаційних форм навчання.

Уроки з фізики різних типів. У цій групі організаційних форм інноваційна діяльність учнів може бути організована у процесі таких видів роботи:

- розв’язання творчих фізичних задач (теоретичних, експериментальних, винахідницьких та інших);
- підготовка рефератів та доповідей;
- виконання експериментальних робіт, підготовка звітів з лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму;
- домашня навчальна робота учнів (підготовка до занять).



Рис. 2.9. Місце інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики

Позаурочна робота з фізики. Навчальний процес з фізики в сучасній школі є насиченим (це зумовлено, зокрема, великим обсягом навчального матеріалу та браком навчальних годин, що передбачені для його вивчення). Тому першорядну роль в організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики має відігравати саме позаурочна робота.

Позаурочна (позакласна) робота – організовані й цілеспрямовані заняття з учнями, що проводяться педагогом у позаурочний час для розширення та поглиблення знань, умінь і навичок, розвитку самостійності, індивідуальних здатностей учнів, а також задоволення їх інтересів і забезпечення активного й розумного відпочинку [360, с. 37]. Там же зазначається, що частина позаурочних занять безпосередньо пов’язана з уроками (наприклад, виконання поточних домашніх завдань, підготовка доповідей, рефератів тощо), інша ж їх частина пов’язана з уроками опосередковано й проводиться у вільний від вивчення шкільної програми час (зокрема, гурткові, факультативні, індивідуальні заняття).

А. А. Давиденко зазначає, що на позаурочних заняттях можна здійснювати постановку та розв'язання будь-якого типу творчих задач та виконувати інші роботи творчого характеру. Він також вказує на те, що позаурочна робота не повинна проходити у відриві від навчальної діяльності учнів, що здійснюється на уроці, позаяк на уроці можуть виникати ідеї для подальшої творчої діяльності учнів у позаурочний час, а результати останньої діяльності можна використовувати в подальшому на уроках [143, с. 22]. Про особливості організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики (на прикладі продуктивної діяльності з фізичних основ енергозбереження) йдеться в четвертому розділі монографії.

Важлива особливість позаурочної форми роботи стосовно можливості організації інноваційної діяльності учнів із фізики полягає в тому, що, як зазначають М. М. Поташник і М. В. Левіт [301, с. 196], участь учня в позаурочній діяльності є *добровільною*, адже й учень, і вчитель вибирають цю діяльність переважно за власним бажанням і відповідно до своїх інтересів. Тому до такої діяльності виявляються залученими й діти, і дорослі, чий інтереси, нахили, потреби є подібними. На уроках цього досягти вдається не завжди.

Про форми залучення учнів до наукової та науково-технічної діяльності йдеться у статті 26 Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» [310]: «Держава створює умови для залучення учнівської молоді до наукової і науково-технічної діяльності через систему спеціалізованих загальноосвітніх і позашкільних навчальних закладів, зокрема, наукових ліцеїв і наукових ліцеїв-інтернатів, Малу академію наук України або інші подібні установи позашкільної освіти». Там же зазначається, що МАН України організовує та забезпечує участь учнівської молоді у дослідницько-експериментальній, науковій, конструкторській, винахідницькій і пошуковій діяльності, сприяє формуванню інтелектуального капіталу нації, вихованню майбутньої наукової зміни. У методиці навчання фізики виділяють три основні

форми позаурочної діяльності учнів (залежно від кількості учнів, які беруть участь у цьому виді діяльності):

- *індивідуальна* (передбачає педагогічну взаємодію вчителя з учнем);
- *групова* (навчання відбувається у процесі взаємодії вчителя з групою учнів, наприклад, у межах гуртка);
- *масова* (передбачає залучення до процесу навчання широкого кола учнів, що утворюють цілісний колектив відповідно до поставленої мети й завдань певного масового заходу: творчого конкурсу, виставки, конференції, тематичного тижня тощо).

Кожна з цих форм навчання має свої переваги й недоліки. Наприклад, індивідуальна робота з учнями уможливорює реалізацію диференційованого підходу у процесі навчання з урахуванням нахилів та інтересів кожного учня. Така форма взаємодії вчителя з учнями реалізується, наприклад, у процесі підготовки науково-дослідницьких робіт (кожен учень виконує своє дослідження) з метою наступного їх представлення на конкурсах, виставках, конференціях та інших заходах. Зрозуміло, що індивідуальне спілкування вчителя можливе лише з обмеженою кількістю учнів.

Масова ж форма роботи, на відміну від індивідуальної, дозволяє залучити до діяльності чималий колектив учнів. У цьому полягає її педагогічна ефективність. Аналізуючи особливості масової форми роботи, В. І. Кондратенко, Є. В. Коршак, О. Г. Макаров та інші [354, с. 16] зазначають: «Це масовий вияв творчості, зародження духу змагання, що ґрунтується на досягненнях багатьох і виборі кращих. Однак масова робота не може забезпечити глибокого проникнення в те чи інше фізико-технічне питання, бо вона епізодична і склад її учасників змінюється».

Розглянемо організаційні форми позаурочної роботи, що виявляються найефективнішими для організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики. Насамперед, це:

1. Індивідуальна або групова робота учнів у *гуртках* фізико-технічного спрямування. На важливість гурткової роботи вказував ще

В. О. Сухомлинський: «Цінність гурткової роботи полягає у тому, що кожен має змогу упродовж тривалого часу використовувати свої задатки, здібності, виражати в конкретній справі свої схильності, знаходити улюблену роботу. ... Без гуртків, у яких вирує допитлива думка, не можна уявити ані інтелектуального, ані емоційно-естетичного виховання» [378, с. 527].

2. Виконання учнями *індивідуальних науково-дослідних робіт* для участі у всеукраїнських та міжнародних конкурсах і турнірах. А. А. Давиденком було показано, що виконання учнями науково-дослідницьких робіт, окрім іншого, дозволяє продемонструвати їм увесь шлях продуктивної діяльності людини – від моменту наукового відкриття – до винаходу певного пристрою або технології, від винаходу – до конструювання та виготовлення певного пристрою, від його виготовлення – до удосконалення [143, с. 12].

3. Колективне виконання інноваційних проектів у *наукових і навчальних лабораторіях*.

4. Участь в *олімпіадах із фізики* різних етапів і підготовка до них.

5. Участь у *науково-практичних конференціях, круглих столах, фестивалях та тижнях науки* тощо.

Вимоги до засобів навчання. Услід за Н. П. Волковою *засобами навчання* вважаємо допоміжні матеріально-технічні засоби, які виконують специфічні дидактичні функції [114, с. 365]. Там же виділено їх основні види:

– технічні засоби (наприклад, технічні моделі, кінофільми та кінофрагменти, відеозаписи, мультимедійні засоби);

– друковані засоби (збірники або дидактичні картки з навчально-пізнавальними задачами, текстами проблемних ситуацій, тестовими завданнями, таблицями тощо);

– натуральні предмети (прилади, інструменти, апарати, вироби промисловості, будівельні матеріали тощо).

Аналіз наведених В. Д. Шарко [421] навчальних засобів, що є ефективними за умови використання компетентнісного підходу до навчання, дав нагоду виділити ті, що є найважливішими для професійної підготовки майбутніх

учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів, а також для уможливлення цієї діяльності в навчальному процесі з фізики. Вони такі:

- наочне обладнання та рекомендації з його використання, а також мультимедійні засоби навчання;
- інформаційні засоби, зокрема й мережеві пошукові системи;
- системи фізичних задач практичного й прикладного змісту (зокрема, кількісні, якісні, експериментальні);
- тексти ситуацій різних типів (навчальних, професійних, побутових) для аналізу;
- тестові завдання для контролю й оцінювання навчальних досягнень учнів, зокрема завдання для контролю й оцінювання досвіду творчої діяльності та самостійності оцінних суджень.

Розглянутий у підрозділі 2.4 аналіз основних етапів інноваційної діяльності учнів, що розгортається в навчальному процесі з фізики, показав, що вихідним елементом в організації цієї діяльності є постановка проблеми з наступним формулюванням завдання, що має бути розв'язане учнями під час їх пошукової діяльності. Отже, такі завдання-проблеми є важливим засобом в організації учнівської інноваційної діяльності. *Навчальна проблема* (згідно з М. І. Махмутовим) – відображення (форма прояву) логіко-психологічного протиріччя процесу засвоєння, що спрямовує розумовий пошук, спонукає інтерес до дослідження суті невідомого та веде до засвоєння нового поняття або нового способу дії [247, с. 128].

У випадку нашого дослідження навчальна проблема є для вчителя засобом організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі, а для учнів вона – стимул активізації інноваційного пошуку, у процесі якого відбувається формування їх пізнавальних здібностей та перетворення знань на переконання. Окремим результатом розв'язання таких проблем є створення продукту (новизна якого принаймні суб'єктивна), що має прикладне значення, зокрема, може знайти застосування у діяльності учня, школи, домашньому господарстві.

Під час розробки вчителем навчальних проблем, спрямованих на організацію інноваційної діяльності учнів, слід враховувати такі основні вимоги (деякі з них виділені М. І. Махмутовим [247, с. 131]):

1. Проблема має бути пов'язана з навчальним матеріалом, що визначається навчальною програмою з фізики.

2. У формулюванні проблеми має міститись певне протиріччя, що викликає в учнів здивування, формує в них пізнавальний мотив та спонукає до інноваційного пошуку.

3. Проблема має бути не надто важкою для розв'язання, оскільки в цьому разі вона не викличе в учнів інтерес (проблема не буде сприйнята учнями). Проблема не має бути й надто легкою, позаяк такі проблеми недостатньо активізують пізнавальну діяльність учнів (учні не сприймають їх як проблеми).

4. Формулювання проблеми має містити певні вказівки (подані, принаймні, у неявній формі), що стають для учня орієнтирами в інноваційному пошуку.

5. Бажано, щоб навчальна проблема мала зв'язок з реальними життєвими ситуаціями. У цьому разі мета, що досягається при розв'язанні проблеми, набуває особливої значущості для учня. Наш досвід показує, що учні зацікавлені розв'язують проблеми, якщо в результаті діяльності будуть створені продукти, що можуть знадобитися, наприклад, у домашньому господарстві.

6. Навчальна проблема має впливати на емоційний стан учня, мусить спонукати його до інноваційного пошуку.

Постановка перед учнями інноваційних проблем також передбачає врахування певних дидактичних правил. Деякі з них є спільними з тими, що були визначені М. І. Махмутовим [247, с. 189] у застосуванні до постановки навчальних проблем, з огляду на взаємозв'язок навчальної проблеми й наукової (розв'язання останньої характеризується науковою або суспільною значущістю). Розглянемо ці правила.

1. *Відділення відомого від невідомого.* Перед постановкою проблеми вчитель має обов'язково провести актуалізацію вже засвоєних знань, умінь, досвіду, що знадобляться учням у процесі інноваційної діяльності. У протилежному випадку проблема не буде ними сприйнята. При цьому учні мають володіти прийомами відділення відомого від невідомого при аналізі проблеми (з метою наступного формулювання задачі для здійснення інноваційного пошуку). Звернімо увагу на те, що в навчальному процесі можна використовувати також ті проблеми, з якими учні вже мали справу раніше (наприклад, із метою залучення відносно слабких учнів до самостійної пошукової діяльності).

2. *Локалізація невідомого.* Вчитель має ставити лише доступні для розуміння учнів проблеми, які, до того ж, мають бути пов'язані з матеріалом, що вивчається. Для можливості здійснення управління діяльністю учнів, учителю необхідно знати можливі розв'язки запропонованих ним проблем (бажано також передбачити наперед основні дії учнів). Для локалізації невідомого учнів треба навчити відділяти в проблемі суттєві ознаки від несуттєвих із наступним переформулюванням умови задачі.

3. *Визначення можливих умов для успішного розв'язання проблеми.* Навчальний характер проблем, що пропонуються учням для розв'язання, вимагає врахування у процесі їх постановки певних дидактичних умов. Серед них: поступовий перехід від простого до складного, можливість самостійних дій учнів лише на основі відомих їм знань, часові обмеження навчального процесу тощо. Тому успішність розв'язання учнями конкретної навчальної інноваційної проблеми залежатиме також від попереднього аналізу вчителем відповідних умов її розв'язання.

4. *Наявність невизначеності у формулюванні проблеми.* Невизначеність тут розглядається як можливість подання проблеми в різних еквівалентних формулюваннях.

5. *Практичне значення результату.* Перед постановкою певної навчальної проблеми, що спрямовує учнів до інноваційної діяльності, вчитель має

проаналізувати практичне значення передбачуваного продукту, отриманого під час розв'язання цієї проблеми. Дійсно, повноцінну підготовку учнів до здійснення інноваційної діяльності можна реалізувати лише за умови, якщо вони проходять усі етапи цієї діяльності: від формулювання проблеми, що спрямовує учнів до інноваційного пошуку, до апробації та впровадження продукту (що повинен мати, принаймні, суб'єктивну новизну), отриманого при розв'язанні цієї проблеми.

Отже, врахування розглянутих у цьому пункті вимог до відбору та розроблення методів, форм і засобів навчання підвищує ефективність останніх щодо забезпечення умов для інноваційної діяльності учнів з фізики, а також сприяє фаховій підготовці майбутніх учителів фізики до організації цієї діяльності. Ці вимоги спрямовані, насамперед, на підсилення діяльнісної складової процесу навчання фізики; на уможливлення організації інноваційної діяльності учнів як під час урочної, так і позаурочної форм роботи; на підвищення активності студентів (учнів) у процесі навчання; на виявлення й розвиток їх творчих здібностей; на створення ситуацій успіху в того, хто навчається.

Висновки до розділу 2

1. Запропоновано авторське тлумачення поняття «готовність учителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів» як такої інтегративної якості особистості вчителя, що виявляється в його спрямованості на інноваційний характер професійної діяльності, у його здатності використовувати та розробляти технології, методи й засоби навчання, спрямовані на активізацію інноваційної діяльності учнів у процесі вивчення ними фізики, а також створювати сприятливі умови для організації цієї діяльності. У структурі такої готовності виділено три пов'язані між собою компоненти: *психологічний* (відображає мотиваційно-ціннісний та особистісний аспекти), *теоретичний* (когнітивний) та *практичний* (містить діяльнісний та

рефлексивний аспекти). Визначено критерії, показники та рівні цієї готовності, що дають нагоду проводити діагностику її сформованості у студентів – майбутніх учителів фізики.

2. Визначено та структуровано за трьома блоками концептуальні засади щодо підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів:

- *теоретико-методологічний блок* враховує емпіричні факти, що обумовлюють актуальність підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів; узагальнює результати досліджень різних аспектів підготовки вчителя до інноваційної професійної діяльності; визначає методологічні засади формування в нього готовності до організації інноваційної діяльності учнів; підкріплюється відомими підходами до розвитку творчої діяльності учнів у процесі вивчення фізики;

- *змістовно-процесуальний блок* обумовлює необхідність уточнення професійної моделі вчителя фізики, що має відобразити його здатність до організації інноваційної діяльності учнів; висуває вимоги щодо цілей, змісту, методів, засобів і організаційних форм навчання, передбачених методичною системою; вказує на важливі особливості освітнього середовища для формування готовності вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів; містить підходи до розроблення авторської технології організації цієї діяльності;

- *діагностичний блок* передбачає розроблення діагностичного інструментарію для оцінювання рівня сформованості у студентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі; розроблення методики визначення результативності учнівської інноваційної діяльності.

3. Запропоновано трирівневу систему підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів. *Перший* її рівень стосується теоретичної підготовки студентів, що пов'язана з вивченням основ інноватики та інноваційної діяльності, основ охорони інтелектуальної власності, методів і прийомів активізації інноваційної діяльності учнів. *Другий* рівень передбачає

набуття студентами практичних здатностей і досвіду здійснення інноваційної діяльності у процесі їх навчання (зокрема, безпосередньо під час навчальних занять, виконання домашніх та індивідуальних завдань із деяких дисциплін, у процесі науково-дослідної діяльності, що здійснюється в позаурочний час). *Третій* рівень підготовки пов'язаний із формуванням у студентів особистого досвіду роботи з учнями, що спрямована на організацію їх інноваційного пошуку в навчальному процесі з фізики (зокрема, набуття здатностей заохочувати учнів до творчої діяльності, створювати сприятливі умови для здійснення ними інноваційної діяльності, надавати педагогічну підтримку тим учням, які зазвичай не демонструють високого рівня навчальних досягнень, проте виявляють інтерес до пошукової діяльності).

4. Виокремлено характерні змістові компоненти (етапи) у структурі інноваційної діяльності учнів, до якої вони залучаються в навчальному процесі з фізики: вибір актуальної теми для майбутньої розробки; формулювання проблеми (технічного завдання); пошук ідеї розв'язання проблеми; розроблення конструкції пристрою або способу, що є розв'язком поставленого завдання; теоретичне дослідження запропонованого технічного рішення; розроблення й виготовлення діючої моделі; експериментальне її дослідження; підготовка матеріалів для отримання охоронних документів (зокрема, патенту на корисну модель або винахід); апробація експериментального зразка в реальних умовах і впровадження розробленого технічного рішення в певній галузі; написання наукової роботи за результатами проведених досліджень; експертне оцінювання розробки (наприклад, шляхом її представлення на всеукраїнських та міжнародних конкурсах і виставках); написання статті за результатами роботи. Виділення змістових компонентів інноваційної діяльності уможливило розроблення методичних підходів щодо формування в майбутніх учителів фізики теоретичного та практичного компонентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів.

5. Виділено вимоги до розроблення нових та відбору вже існуючих методів, форм і засобів навчання, які уможливлюють залучення учнів до

інноваційної діяльності в навчальному процесі з фізики, а також сприяють фаховій підготовці майбутніх учителів фізики до організації цієї діяльності. Ці вимоги спрямовані, насамперед, на підсилення діяльнісної складової процесу навчання фізики; на уможливлення організації інноваційної діяльності учнів як під час урочної, так і позаурочної форм роботи; на підвищення активності студентів (учнів) у процесі навчання; на виявлення й розвиток їх творчих здібностей; на створення ситуацій успіху в того, хто навчається.

6. Виділено та класифіковано за двома групами організаційні форми навчання фізики, що виявляють сприятливі умови для здійснення учнями інноваційної діяльності. До першої групи (урочна форма роботи) віднесено: розв'язання творчих фізичних задач (зокрема, експериментальних і винахідницьких); підготовку рефератів та доповідей; виконання експериментальних робіт, підготовку звітів із лабораторних робіт і робіт фізичного практикуму; домашню навчальну роботу учнів (підготовку до занять) тощо. У другій групі (позаурочна форма роботи) виокремлено: індивідуальну або групову роботу учнів у гуртках фізико-технічного спрямування; виконання учнями індивідуальних науково-дослідних робіт для участі у всеукраїнських та міжнародних конкурсах і турнірах; колективне виконання інноваційних проектів у наукових і навчальних лабораторіях; участь в олімпіадах з фізики різних етапів та підготовка до них; участь у науково-практичних конференціях, круглих столах, фестивалях і тижнях науки тощо.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

3.1. Структурно-функціональна модель підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів

У підрозділі 1.2 зазначалося, що важливим завданням сучасної освіти є розвиток у молоді здатності до здійснення інноваційної діяльності. Розв'язання цього завдання в контексті професійної підготовки майбутніх учителів (зокрема, учителів фізики) вимагає формування в них *інноваційної компетентності*. Водночас слід констатувати, що на сьогодні поняття «інноваційна компетентність педагога» не має усталеного визначення, воно також відсутнє в довідковій літературі з педагогіки. Розглядаючи інноваційну компетентність майбутнього педагога як результат процесу формування в нього готовності до здійснення інноваційної діяльності, К. Й. Артамонова виділяє чотири підходи до розгляду змісту цієї компетентності та її формування [56]:

- *функціональний*: основним аспектом інноваційної компетентності є продуктивність інноваційної діяльності, що визначається за: інноваційною активністю педагога; результативністю й ефективністю його інноваційної діяльності; інструментарієм, який використовує у процесі цієї діяльності (технології, методи, засоби, прийоми);

- *особистісний*: інноваційна компетентність розглядається як спосіб самореалізації особистості, що відіграє основну роль у формуванні й розвитку особистісних якостей майбутнього педагога, і досягається, насамперед, через вибір студентом власної освітньої траєкторії;

- *культурологічний*: інноваційна компетентність формується через оволодіння професійною та іншими видами культури, культурою самотійної роботи; важливе значення в цьому відіграють: академічна мобільність,

міжнародний студентський обмін, міжнародне співробітництво вищих шкіл; саме вони сприяють розвитку особистості в новому освітньому просторі;

– *віртуальний*: основним засобом підготовки майбутніх учителів до інноваційної діяльності й формування інноваційної компетентності є віртуальне освітнє середовище, що реалізується через локальні, корпоративні та глобальні комп'ютерні мережі.

Ми згодні з думкою К. Й. Артамонової [56] про неможливість виділення єдиного підходу до визначення змісту інноваційної компетентності майбутнього педагога, оскільки це поняття багатоаспектне, а тому має розглядатися всебічно. У нашому дослідженні вважатимемо, що інноваційна компетентність майбутнього вчителя є складовою частиною його професійної компетентності й визначає здатність учителя до здійснення інноваційного пошуку у своїй професійній діяльності. Як важливий компонент інноваційної компетентності майбутнього вчителя (зокрема, вчителя фізики) слід виділити його здатність організовувати інноваційну діяльність учнів у навчальному процесі. Цей важливий аспект інноваційної компетентності вчителя є результатом процесу формування *готовності до організації інноваційної діяльності учнів* (зміст, критерії, показники та рівні цієї готовності розглянуто в підрозділі 2.1).

Розроблену методичну систему підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів можна схематично подати за допомогою структурно-функціональної моделі (рис. 3.1), що відображає основні елементи методичної системи та зв'язки між ними [29]. Вихідною передумовою до створення такої системи є соціальне замовлення на майбутніх учителів фізики, здатних не лише здійснювати власний інноваційний пошук, але й створювати організаційно-педагогічні умови для залучення учнів до інноваційної діяльності у процесі навчання.

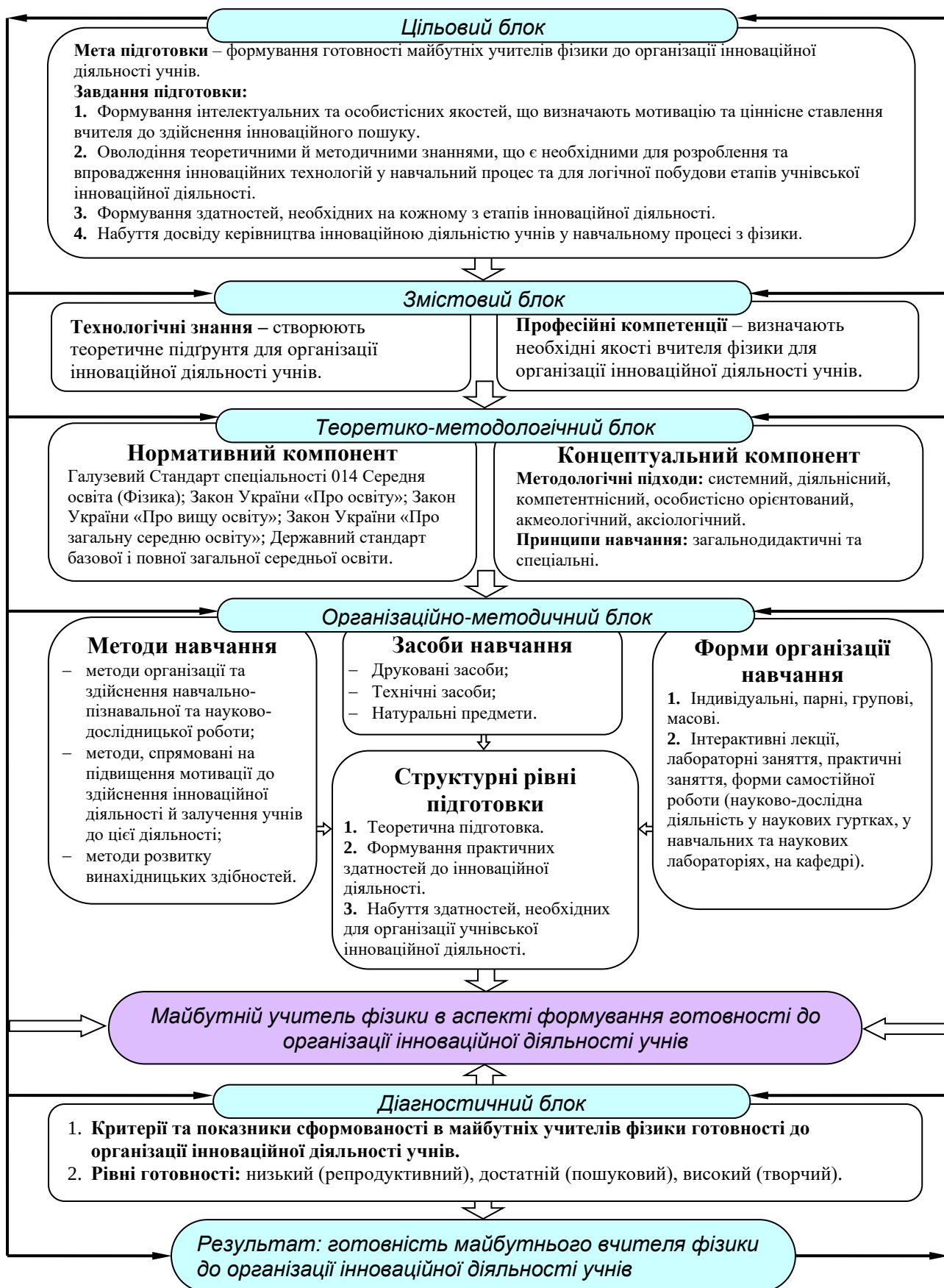


Рис. 3.1. Структурно-функціональна модель підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів

Запропонована структурно-функціональна модель підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів є складним (багаторівневим) утворенням, у межах якого ми виділили такі блоки: цільовий, змістовий, теоретико-методологічний, організаційно-методичний, діагностичний і результативний.

Цільовий блок цієї моделі складається з мети та основних завдань підготовки майбутнього вчителя. *Мета* підготовки полягає у формуванні готовності майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі. Відповідно до виділених у підрозділі 2.1 структурних компонентів цієї готовності до основних *завдань* підготовки, що відображені в моделі, ми відносимо такі:

1. Формування в майбутніх учителів фізики інтелектуальних та особистісних якостей, що визначають його мотивацію й ціннісне ставлення до здійснення інноваційного пошуку як у процесі власної професійної діяльності, так і під час навчально-пізнавальної діяльності учнів.

2. Оволодіння студентами-фізиками (майбутніми вчителями) теоретичними й методичними знаннями, що необхідні для розроблення та впровадження інноваційних технологій у навчальний процес та для логічної побудови етапів учнівської інноваційної діяльності з фізики.

3. Формування в майбутніх учителів здатності до здійснення практичних дій, необхідних на кожному з етапів інноваційної діяльності (від вибору актуальної теми для інноваційної розробки до впровадження інноваційного продукту та його оприлюднення в науковому виданні).

4. Набуття досвіду керування інноваційною діяльністю учнів, що розгортається в навчальному процесі з фізики (зокрема у процесі підготовки учнями інноваційних проектів для їх представлення на всеукраїнських і міжнародних фізико-технічних конкурсах).

Змістовий блок запропонованої моделі підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів вимагає розширення змісту інноваційної компетентності вчителя шляхом виділення важливих компетенцій,

що доповнюють його узагальнену професійну характеристику, створюючи підґрунтя для успішної організації інноваційного пошуку у процесі навчально-пізнавальної діяльності учнів. Враховуючи це, ми доповнили та конкретизували модель учителя фізики технологічними знаннями й професійними компетенціями, необхідними для ефективної організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики. Ми враховували виділені І. М. Дичківською [151, с. 280] професійні й особистісні якості, якими має володіти педагог для здійснення інноваційної професійної діяльності. Розглянемо ці доповнення докладніше.

Технологічні знання:

- знання фізичної теорії та прикладів її застосування в науці й техніці;
- знання ролі й місця інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики;
- знання психолого-педагогічних, методичних й організаційних умов залучення школярів до продуктивної діяльності (зокрема, до такої, що має інноваційну спрямованість);
- знання методів навчання, що сприяють творенню учнями освітніх продуктів у процесі вивчення фізики та стимулюють їх до інноваційної діяльності;
- знання суті та особливостей змістових етапів учнівської інноваційної діяльності, що розгортається в навчальному процесі з фізики;
- знання методів пошуку розв’язків творчих фізико-технічних завдань, прийомів і принципів усунення технічних протиріч;
- знання з основ охорони інтелектуальної власності (зокрема, з теоретичних основ патентування передбачуваних винаходів).

Професійні компетенції, якими доповнено модель учителя фізики, ми структурували за видами його діяльності на чотири групи: навчальні, організаційні, науково-дослідницькі, виховні.

1. *Навчальні:*

- здатність формулювати, досягати й переосмислювати освітні цілі щодо вивчення фізики загалом і певної методики, що використовується під час її навчання, зокрема;
- здатність творчо використовувати сучасні методи, організаційні форми та засоби, що сприяють активізації продуктивної діяльності учнів під час вивчення фізики, а також вносити в них творчі доповнення;
- здатність розробляти авторські інноваційні освітні продукти, засновані на власному педагогічному досвіді (формулювати навчальні інноваційні проблеми, складати винахідницькі задачі, розробляти лабораторні роботи з творчими завданнями тощо);
- здатність вибудовувати власну технологію інноваційного навчання фізики, що передбачає: врахування індивідуальних особливостей учнів; створення мотивів до здійснення ними інноваційної діяльності; наявність організаційно-методичного компоненту, що має забезпечувати ефективність продуктивної діяльності учнів; можливість здійснення ними аналізу результату власної діяльності (зокрема, з'ясування ступеня досягнення поставленої мети);
- здатність фіксувати й аналізувати ступінь *особистісного освітнього приросту учня* (термін запозичено в А. В. Хуторського [408, с. 156]) упродовж певного відтинку часу.

2. Організаційні:

- здатність забезпечувати умови для інноваційного пошуку учнів під час різних організаційних форм навчання фізики (зокрема, на уроках з фізики, у процесі виконання домашніх завдань і позаурочної роботи);
- здатність реалізовувати індивідуальний підхід до учнів у процесі включення їх до інноваційної діяльності в навчальному процесі з фізики;
- здатність допомагати учням не лише у створенні, але й в апробації та запровадженні результатів їх продуктивної діяльності (наприклад, у навчально-виховному процесі школи, у діяльності навчальної або наукової лабораторії);

- готовність до налагодження взаємодії з освітніми закладами й підприємствами регіону з метою виявлення актуальних проблем, що потребують розв’язання, і з метою впровадження запропонованих розробок;

- здатність здійснювати керівництво учнем (або групою учнів) у процесі їх підготовки до всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсів.

3. Науково-дослідницькі:

- здатність надавати кваліфіковану допомогу учням на всіх етапах інноваційної діяльності, виступати для них авторитетним консультантом і помічником;

- здатність до написання наукових статей і заявок на видачу патентів, а також до здійснення методичної допомоги в їх підготовці учнями задля оприлюднення найвагоміших результатів, отриманих під час спільної з учнями інноваційної діяльності.

4. Виховні:

- здатність до формування в учнів мотиваційно-ціннісного ставлення до продуктивної (зокрема, інноваційної) діяльності;

- здатність здійснювати виховні заходи з учнями на різних етапах інноваційної діяльності з урахуванням особистісно зорієнтованого підходу;

- здатність використовувати предметні та міжпредметні знання, що застосовуються у процесі інноваційної діяльності, як засіб для виховання учнів;

- здатність до особистісного творчого розвитку, усвідомлення важливості інноваційного пошуку під час професійної діяльності.

Формування виділених у цьому блоці компетентностей відбувається в межах таких навчальних дисциплін як «Теорія і методика навчання фізики», «Педагогіка», «Психологія», «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики», «Дидактичні засоби навчання фізики», «Комп’ютеризація шкільного фізичного експерименту» та інші (розширений перелік відповідних дисциплін наведено в підрозділі 2.2).

До *теоретико-методологічного блоку* моделі входять нормативний та концептуальний компоненти. *Нормативний* компонент підготовки майбутніх

учителів фізики представлений державними нормативно-правовими документами, що визначають освітні вимоги до змісту й рівня професійної підготовки майбутнього вчителя фізики, а також до освіченості учнів основної та старшої школи (насамперед, з фізики). Цими документами, зокрема, є: галузевий Стандарт спеціальності 014 Середня освіта (за предметними спеціальностями) для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти [314]; Закон України «Про освіту» [311]; Закон України «Про вищу освіту» [306]; Закон України «Про загальну середню освіту» [308]; Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти [147]. *Концептуальний* компонент теоретико-методологічного блоку містить загальнонаукові підходи (системний, діяльнісний, компетентнісний, особистісно зорієнтований, акмеологічний, аксіологічний) та принципи (загальнодидактичні та спеціальні; їх аналіз подано в підрозділі 1.4), що використовуються у процесі підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів.

Організаційно-методичний блок моделі містить методи, засоби та форми навчання майбутніх учителів фізики, а також визначає структурні рівні формування в них здатності до залучення учнів до інноваційної діяльності у процесі навчання фізики.

Методи навчання структуровано за такими групами:

- методи організації та здійснення навчально-пізнавальної та науково-дослідницької роботи, що дозволяють створити умови для інноваційного пошуку в діяльності студентів. Першорядну роль у цьому відіграють активні методи навчання: пошуковий, проблемний, дослідницький, проектний, ситуаційний та інші;
- методи, спрямовані на підвищення мотивації до здійснення студентами інноваційної діяльності й до залучення учнів до такої діяльності. До цієї групи слід віднести, зокрема, методи стимулювання інноваційної діяльності (наприклад, шляхом залучення студентів до участі у всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсах, конференціях різних рівнів); методи активізації творчого мислення (наприклад, ігровий метод);

– методи розвитку винахідницьких здібностей студентів, що вкрай необхідні на етапі пошуку ідеї розв’язання певної творчої задачі (першорядну роль у цій групі відіграють відомі методи пошуку розв’язків творчих задач).

Більшість *засобів та організаційних форм* навчання, що передбачені в цій моделі, є загальними для системи освіти у ВНЗ. Серед *структурних організаційних форм*, які використовуються під час навчання майбутніх учителів фізики до здійснення інноваційної професійної діяльності, а також у процесі підготовки їх до організації інноваційної діяльності учнів, важливу роль відіграють:

– *індивідуальні* (виконання студентами індивідуальних інноваційних проектів як індивідуальних домашніх завдань із дисциплін; виконання курсових і кваліфікаційних робіт, що мають інноваційну спрямованість, тощо);

– *парні* (проведення консультацій студента з викладачем (науковим керівником) у процесі виконання науково-дослідницької роботи, написання статті, підготовки заявки на отримання патенту на передбачуваний винахід або корисну модель);

– *групові* (науково-дослідницька діяльність студентів на кафедрі; розробка інноваційних проектів у науково-дослідних лабораторіях; інноваційна діяльність студентів у гуртках науково-технічної творчості);

– *масові* (зокрема, представлення студентами своїх розробок у всеукраїнських і міжнародних фізико-технічних конкурсах, на наукових конференціях різних рівнів, на науково-технічних виставках).

У запропонованій моделі організаційні форми навчання (визначені Законом України «Про вищу освіту» [306]) ми конкретизували й доповнили з урахуванням специфіки підготовки майбутніх учителів фізики до здійснення інноваційної діяльності та розвитку в них здатності залучати учнів до цієї діяльності. Наше дослідження показало, що до найефективніших форм організації навчання для здійснення такої підготовки слід віднести:

– *інтерактивні лекції* (проблемні лекції, лекції-дискусії тощо);

– *лабораторні заняття*, що передбачають індивідуальний підхід до студентів у процесі виконання ними лабораторних робіт. Як приклад реалізації такого підходу, вкажемо на розроблений нами цикл лабораторних робіт з фізики, що містять додаткові творчі завдання, які потребують інноваційного пошуку. Ці завдання студенти можуть вибирати за власним бажанням (методичні особливості використання цих робіт розглянуті в підрозділі 3.3);

– *практичні заняття*, що спрямовані на розв’язання ситуаційних задач (насамперед, фізико-технічних та організаційно-методичних);

– *різні форми самостійної роботи*, що уможливлюють залучення студентів до інноваційної діяльності. Окрім традиційних форм самостійної роботи (виконання індивідуальних і домашніх завдань, курсових та кваліфікаційних робіт), важливе значення набуває науково-дослідна діяльність студентів, що здійснюється в позаурочний час (у наукових гуртках, навчальних і наукових лабораторіях, на кафедрі).

Прикладами авторської реалізації форм навчання, що сприяють підготовці майбутнього вчителя до організації інноваційної діяльності учнів, а також створюють умови для залучення школярів до інноваційного пошуку, є такі:

1. На базі ЗНУ створена навчально-наукова лабораторія енергоефективності та енергозбереження, що провадить не лише науково-дослідницьку й практичну діяльність у сфері заощадження енергетичних ресурсів, але є експериментальним майданчиком для залучення студентів-фізиків та учнів до інноваційної діяльності, що пов’язана з фізичними основами енергозбереження. Докладно про використання цієї лабораторії у процесі підготовки майбутнього вчителя фізики йтиметься в підрозділі 4.3.

2. У процес підготовки майбутніх учителів фізики в ЗНУ запроваджений авторський спецкурс «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики».

3. Для організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики розроблено й запроваджено навчальну програму з позашкільної освіти науково-технічного напрямку «Підготовка учнів до інноваційної діяльності (на матеріалі фізики)» (пункт 4.4.1 монографії). Програма використовується в

роботі гуртків Комунального закладу «Запорізький обласний центр науково-технічної творчості учнівської молоді “Грані”» Запорізької обласної ради.

4. Запроваджено нові форми позаурочної роботи учнів з фізики: *Обласний конкурс юних фізиків для учнів професійно-технічних навчальних закладів* (Запорізька область) і *Міський конкурс творчих робіт з удосконалення фізичного демонстраційного експерименту* (м. Запоріжжя).

Засоби навчання, передбачені в моделі підготовки майбутнього вчителя до організації інноваційної діяльності учнів, наведемо відповідно до прийнятої в підрозділі 2.5 класифікації, за якою умовно виділяють такі засоби й предмети:

1. Друковані засоби:

– навчально-методична та наукова література як із загальної професійної підготовки вчителя фізики (підручники, навчальні посібники, довідники, наукові статті), так і з його підготовки до інноваційної педагогічної діяльності, а також до організації учнівської інноваційної діяльності (література з основ інтелектуальної власності; науково-методичні статті, присвячені інноваційній діяльності в системі освіти; патенти на винаходи й корисні моделі);

– система навчально-пізнавальних завдань, які спрямовують студентів до інноваційного пошуку. Це, зокрема: навчальні проблеми (проблемні ситуації); ситуаційні задачі, що мають практично зорієнтовану спрямованість (зокрема, на професійну діяльність учителя фізики); винахідницькі задачі (що можуть мати як навчальне, так і практичне значення) тощо.

2. Технічні засоби:

– лабораторне фізичне устаткування (насамперед, вимірювальні та демонстраційні пристрої); діючі моделі та макети технічних пристроїв, що є результатом інноваційної діяльності студентів (учнів); сучасні технічні пристрої, що використовуються студентами залежно від специфіки їх науково-дослідницької діяльності (наприклад, інноваційна діяльність студентів нашої експериментальної групи була пов'язана з фізичними основами енергозбереження, у процесі якої вони користувалися відповідними сучасними приладами: оптичним пірометром, люксметром, тепловізором та іншими);

- мультимедійні пристрої (комп'ютер, проектор, сканер, принтер тощо);
- інформаційні засоби (комп'ютерні програми; мережеві пошукові системи; освітні веб-сайти; продукти мультимедіа, зокрема, відеоматеріали, презентації).

3. *Натуральні предмети* (інструмент, вироби промисловості, будівельні матеріали). Конкретні приклади цих засобів навчання визначаються специфікою інноваційної діяльності, до якої залучаються студенти під час навчально-пізнавальної діяльності у ВНЗ.

Окрім методів, засобів і форм підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів, організаційно-методичний блок моделі визначає також структуру побудови цієї підготовки. Відповідно до поданого в підрозділі 2.3 обґрунтування, цю підготовку запропоновано реалізовувати за трьома рівнями: першим її рівнем є теоретична підготовка студентів – майбутніх учителів фізики; другий рівень пов'язаний із формуванням у них практичних здатностей до інноваційної діяльності; третій – із набуттям здатностей, необхідних для організації учнівської інноваційної діяльності.

Діагностичний блок моделі містить критерії, показники та рівні готовності вчителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів. Складники діагностичного блоку (підрозділ 2.1) дають змогу оцінити рівень сформованості цієї готовності у студентів – майбутніх учителів фізики. *Результатом* запропонованої моделі є готовність майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі.

Отже, описана структурно-функціональна модель підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів, що відображає принципові елементи цієї підготовки та встановлює зв'язки між ними, складається з таких блоків: цільового, змістового, теоретико-методологічного, організаційно-методичного, діагностичного та результативного. Зворотний зв'язок між блоками моделі дозволяє забезпечити коригування змісту, методів,

засобів і форм організації навчання залежно від результату, що обумовлюється розробленою методичною системою підготовки майбутніх учителів фізики.

3.2. Методи й прийоми теоретичної підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів

3.2.1. Задачний підхід у процесі теоретичної підготовки

Раніше зазначалося, що успішна організація інноваційної діяльності учнів можлива за умови, що така діяльність розгортається навколо певної проблеми (наукової або навчально-пізнавальної). Тому проблема має бути значущою як для вчителя, так і для учнів. Для організації учнівської інноваційної діяльності в певному тематичному напрямку вчитель повинен мати відповідну теоретичну підготовку. Насамперед вона пов'язана з таким: вчитель має визначити, чи є проблема актуальною; він має володіти певним запасом знань щодо можливих шляхів її вирішення (та бути здатним проводити їх пошук); а також за можливості мати досвід розв'язання подібної проблеми (зокрема, досвід науково-дослідної або винахідницької діяльності).

В основу теоретичної підготовки студентів – майбутніх учителів фізики нами покладено *задачний підхід*. Відповідно до ідей цього підходу навчальний матеріал, пов'язаний із тематикою творчої діяльності учнів (наприклад, із розробкою ресурсо- та енергозберігаючих технологій, екологічними розробками) подається у вигляді циклу пізнавальних задач. Розв'язуючи ці задачі, студенти засвоюють теоретичний матеріал і набувають ціннісних ставлень до відповідної проблеми, яку вони потім зможуть використати як навчальну у процесі роботи з учнями.

Важливо, що такий же задачний підхід можна використовувати в навчально-виховному процесі з фізики у школі для організації творчої роботи учнів, адже цей підхід побудований за дуальним принципом поєднання змісту курсу фізики у школі та змісту методики викладання фізики у ВНЗ [62]. На

важливості розв'язання фізичних задач у навчанні фізики наголошується в чинній навчальній програмі з фізики для 10–11 класів загальноосвітніх шкіл [263]. Там, зокрема, зазначається, що задачі різних типів можна ефективно використовувати на всіх етапах засвоєння фізичного знання: для розвитку інтересу, творчих здібностей і мотивації учнів до навчання фізики, під час постановки проблеми, що потребує розв'язання, у процесі формування нових знань учнів, вироблення практичних умінь учнів, з метою повторення, закріплення, систематизації та узагальнення засвоєного матеріалу, з метою контролю якості засвоєння навчального матеріалу чи діагностування навчальних досягнень учнів тощо. Підкреслюється, що в умовах особистісно орієнтованого навчання важливо здійснити відповідний відбір фізичних задач, який би враховував пізнавальні можливості й нахили учнів, рівень їх готовності до такої діяльності, розвивав би здібності відповідно до освітніх потреб.

Перед розглядом конкретної реалізації задачного підходу в нашому дослідженні, доцільно вказати на зміст, який ми вкладаємо в поняття «задача». У нашому випадку корисною буде класифікація, яку наводять П. С. Атаманчук, О. І. Ляшенко, В. В. Мендерецький, А. М. Кух [61, с. 7]. Зокрема, серед задач, що обслуговують пізнавальну діяльність, вони виділяють наукові, пізнавальні та навчальні задачі.

Наукова задача (проблема) має віддалену цільову зорієнтованість, що розрахована на створення об'єктивно нового знання в суспільній свідомості. П. С. Атаманчук, О. І. Ляшенко, В. В. Мендерецький, А. М. Кух [61, с. 7] зазначають, що хоча такі задачі й розв'язують науковці та винахідники, нехтувати ними в навчанні не варто, оскільки залучення учня до осмислення важливих наукових проблем спонукає його до роздумів, фантазії, пошукової діяльності; задає певні ціннісні орієнтири, що обумовлює виникнення стійкого пізнавального інтересу та активності в навчанні.

Пізнавальна задача своєю метою зорієнтована на зону найближчого розвитку дитини. Зона найближчого розвитку (за Л. С. Виготським [118]) визначається розумовими операціями, які дитина самотійно виконати ще не

може, але які стають для неї посильними за певної допомоги. Саме так молода людина оволодіває суб'єктивно новим знанням та способами його отримання. Останнє сприяє формуванню таких особистісних якостей як готовність до самоконтролю, самоуправління та самоосвіти. Отже, пізнавальні задачі є носіями як навчального змісту, так і розвивальних можливостей.

Вчені П. С. Атаманчук, О. І. Ляшенко, В. В. Мендерецький, А. М. Кух [61, с. 10] звертають увагу на те, що «в означенні пізнавальної задачі чітко вимальовуються три її складові частини, а саме: вихідна ситуація (певні умови); модель кінцевої ситуації (мета); засоби розв'язання задачі (дії студента, що направлені на зміну ситуації)». Там же вказується на те, що пізнавальна задача функціонально забезпечує логічний ряд навчально-пізнавального акту: цілевизначеність → упередження кінцевого результату діяльності → активна перетворювальна діяльність → управління (функція вчителя) → самоуправління.

Ми цілком погоджуємося з висновком, зробленим П. С. Атаманчуком, О. І. Ляшенко, В. В. Мендерецьким, А. М. Кухом [61, с. 12] про те, що пізнавальна задача є основним компонентом технологічного процесу фахової підготовки майбутніх учителів. Цей компонент є і способом організації навчального процесу, і засобом досягнення дидактичних, освітніх, розвивальних та виховних цілей навчання. У посібнику зазначається: «Технологічно постановка пізнавальної задачі означає забезпечення матеріальної, операційної і психологічної готовності студента до засвоєння навчального матеріалу».

Для забезпечення ефективності задачного підходу слід враховувати наступне. Інколи формули, потрібні для розв'язання задачі, студенти та учні записують формально. Зрозуміло, що такий процес не сприяє усвідомленому засвоєнню ними навчального матеріалу. За таких умов, як справедливо зазначає Б. Г. Кремінський [211], не можна робити висновок про довершеність теоретичних і практичних знань з фізики, попри успішне розв'язання задачі. Тому, використовуючи задачний підхід, викладач має окремо навчати студентів

(учнів) самостійно аналізувати відповіді, перевіряти отримані вирази на граничні переходи, звертати увагу на межі застосування тих чи тих фізичних моделей, законів. Не поодинокими є також випадки, коли сам процес розв'язання деяких задач стає нецікавим для студента або учня через те, що умови цих задач надто відірвані від реальності, а тому в того, хто навчається, практично відсутні внутрішні (пізнавальні) мотиви до їх розв'язання. Зауважені особливості враховані нами в наступному методі.

3.2.2. Метод проблемних ситуацій як реалізація задачного підходу

Як один із варіантів реалізації задачного підходу у процесі теоретичної підготовки майбутніх учителів фізики нами використано *метод проблемних ситуацій* [1]. Теоретичним підґрунтям цього методу були методологічні засади *проблемного навчання*, різні аспекти якого розглядали Л. А. Закота та О. І. Ляшенко [173], Н. М. Зверева [179], Р. І. Малафєєв [243], О. М. Матюшкін [246], М. І. Махмутов [247], А. В. Фурман [403] та інші вчені. Вихідна ідея проблемного навчання полягає в тому, що самостійна пізнавальна діяльність людини, що пов'язана з добуванням нових знань, з розкриттям суті нових для неї понять, реалізується лише шляхом розв'язання проблем [247, с. 121]. Основною метою такого навчання, за М. І. Махмутовим, є засвоєння не лише результатів наукового пізнання, але й самого шляху, процесу отримання цих результатів, а також формування пізнавальної самостійності суб'єкта навчання, розвиток його творчих здібностей [247, с. 253]. Розглянемо суть і особливості використання методу проблемних ситуацій для здійснення теоретичної підготовки майбутніх учителів фізики (та учнів) до інноваційної діяльності.

Аналізований метод передбачає подання матеріалу, що підлягає засвоєнню, у вигляді *навчальних блоків* [11]. Кожен із них має свою назву й передбачає такі основні компоненти:

- проблемна ситуація;

- формулювання фізичної задачі (або кількох задач), що за своєю дидактичною метою є пізнавальною;
- розв’язання задачі з аналізом отриманих результатів.

Розглянемо ці компоненти детальніше.

Проблемна ситуація. Проблемною є ситуація, коли перед студентами (учнями) виникають нові умови й інформація, через що вони не можуть прийняти рішення на основі власних знань та досвіду й тому мають шукати нову інформацію й набувати новий досвід [161, с. 175]. Основне призначення проблемної ситуації, як зазначає А. В. Фурман, полягає в породженні продуктивних творчих процесів мислення учня або студента, стимулюванні його інтелектуального й особистісного розвитку [403, с. 188].

Ми згодні з О. М. Матюшкіним у тому, що основними відмінними ознаками проблемної ситуації, порівняно, наприклад, із навчальною задачею, є такі [246, с. 34]:

- формулювання проблемної ситуації та запропонована в ній дія мають створювати пізнавальний мотив у того, хто навчається;
- невідоме у проблемній ситуації характеризується певним узагальненням;
- чим вище рівень можливостей суб’єкта навчання (зокрема, його творчих здібностей, знань, досвіду), тим більш загальні відношення він може побачити в невідомому, тим більший особистий освітній приріст він може здобути у процесі виконання завдання.

Як зазначає Л. О. Ланіна, проблемне завдання (проблема) існує об’єктивно й незалежно від суб’єкта пізнання. Тому для того, аби виникла потреба в розв’язанні проблемного завдання, воно має бути не лише засвоєне молодого людиною, але й мусить отримати його особисту оцінку (тобто стати для нього значущою) [161, с. 129]. Виконання останньої вимоги в розглядуваному нами методі досягається шляхом подання в навчальному блоці проблемної ситуації, що створена на матеріалі конкретних фізико-технічних проблем (наприклад, пов’язаних із фізичними основами енергозбереження). Проблемна ситуація

одночасно забезпечує і появу інтересу до порушеного питання в тих, хто навчається, і сприяє їх залученню до активного пізнавального пошуку. На важливість використання задачних і проблемних ситуацій у навчанні фізики вказує також А. І. Павленко [280, с. 29].

Суть проблемної ситуації, за Л. О. Ланіною, полягає у створенні суб'єктивного психологічного стану, переживання пізнавального утруднення, що одночасно супроводжується розумінням, що істина знаходиться десь поруч, треба лише подумати, прикласти певне зусилля [161, с. 130].

У запропонованому нами методі проблемна ситуація, що ґрунтується на певній технічній проблемі, завершується *творчою задачею (проблемним завданням)*. Використовуючи термін «технічна проблема», ми, передусім, маємо на увазі його методичний аспект. Проблемою в педагогіці називають різновид питання, відповідь на яке не міститься в накопичених знаннях і способах діяльності, тому вимагає відповідних практичних дій, відмінних від простого інформаційного пошуку [161, с. 25]. В основі навчальної проблеми, зазначають Л. А. Закота і О. І. Ляшенко [173, с. 6], лежить певна суперечність, що може мати об'єктивний та суб'єктивний характер. Останні виникають тоді, коли в учнів бракує відповідних знань, а також тоді, коли вони застосовують свої знання в нових пізнавальних ситуаціях.

Творчу задачу вважаємо, услід за В. Г. Разумовським [320, с. 10], такою, у якій сформульована певна вимога, що може бути виконана на основі фізичних законів, але в якій відсутні будь-які прямі або посередні вказівки на ті фізичні явища, законами яких слід скористатися для розв'язання цієї задачі. За класифікацією, наведеною А. А. Давиденком, такі задачі залежно від способу розв'язання можна розділити на типи: логіко-математичні, експериментальні, дослідницькі, винахідницькі, конструкторські та раціоналізаторські [140, с. 73].

Слід також зазначити, що для створення проблемних ситуацій можна використовувати відомі прийоми активізації мислення. До останніх Н. М. Зверєва [179] відносить такі:

- попереднє повідомлення про значення явища, що вивчається, у науці, техніці, житті;
- використання фізичного експерименту;
- зацікавлення проблемою шляхом попереднього розв’язання задач;
- використання хрестоматійного матеріалу.

Формулювання фізичної задачі (або кількох задач). У процесі детального вивчення певної технічної проблеми (під час розв’язування творчої задачі) виникає потреба у виокремленні й формулюванні більш конкретних фізичних задач. До того ж, часто доводиться одну й ту ж задачу переформулювати кілька раз (адже від вдалого формулювання задачі залежить успішність її розв’язання). Саме з розв’язанням сформульованих таким чином фізичних задач та з аналізом отриманих у них результатів пов’язана наступна (остання) частина навчального блоку, присвяченого певному фрагменту теоретичного матеріалу.

Розглянуті компоненти навчальних блоків обумовлені основними етапами розв’язання проблеми в загальному вигляді. Дійсно, розв’язання починається з *постановки проблеми* (тобто зі з’ясування її суті та формулювання). У процесі детального вивчення проблеми можливе неодноразове переформулювання й уточнення творчого завдання. У результаті отримують більш конкретну задачу. Наступні етапи пов’язані з її розв’язанням та аналізом здобутих результатів.

Деякі спільні ознаки з запропонованим нами підходом до структурування блоків із навчальним матеріалом, що підлягає засвоєнню, подано в дослідженні Н. Л. Мислинської [258], яке присвячене особливостям методики розв’язування задач з екологічним змістом. У ньому, зокрема, зазначається, що умови таких задач можуть містити, окрім екологічного, ще й ціннісний аспект (фабулу). За змістом останнього виділено задачі з історичним, світоглядним, естетичним, економічним, регіональним змістом, цікаві задачі. Процес розв’язування задач з екологічним змістом, зазначає дослідниця, може охоплювати, разом із традиційним аналізом умови та використанням фізичних знань, ще й такі

компоненти як вступ (преамбула) до задачі та висновки (резюме). Їх зміст визначає викладач.

Серед головних вимог, які ми висуваємо до навчальних блоків, та які визначають відмінні ознаки запропонованого нами методу, є такі:

➤ *Дидактичний аспект.* Матеріал, що розглядається в навчальному блоці, має відповідати навчальній програмі з конкретної дисципліни (зокрема, навчальній програмі з фізики, якщо йдеться про використання розглядуваного методу у процесі теоретичної підготовки учнів). Заразом у проблемній ситуації (що, як вже зазначалося, завершується проблемним завданням) має міститися пізнавальне утруднення (тобто ще невідомий студентові (учневі) змістовий елемент, що потребує засвоєння). Як справедливо наголошують Л. А. Закота і О. І. Ляшенко [173, с. 10], проблемне завдання результативне лише в тому разі, коли воно відповідає реальному питанню, яке виникає в учня у процесі виконання ним певного пізнавального завдання. Тобто він має *усвідомлювати* проблемне завдання.

➤ *Практичний аспект.* Проблемна ситуація має відображати зв'язок фізики з реальним життям (зокрема, з технікою). Для цього бажано розглядати задачі, які можуть виникати, наприклад, в умовах виробництва або в побуті.

➤ *Актуальність та новизна матеріалу.* Матеріал навчальної технічної проблеми має відповідати сучасному рівню розвитку техніки. Проте це не означає, що він обов'язково повинен містити елементи об'єктивної новизни. Адже зрозуміло, що при вивченні фізики більшість із проблемних ситуацій можуть мати лише навчальний характер (оскільки не пов'язані зі створенням нових технічних рішень), але це не применшує їх пізнавального значення. Наявність елементів новизни в навчальному блоці обумовлює виникнення у студентів (учнів) певного емоційного стану, що позитивно впливає на якість засвоєння навчального матеріалу.

Отже, навчальні блоки є відносно незалежними між собою змістовими одиницями. Кожен із них присвячений розгляду певного змістового елементу теоретичного матеріалу. Тому під час самостійної теоретичної підготовки

студент може почати розгляд саме тих блоків, які викликають у нього найбільший інтерес. Окрім цього, ці ж навчальні блоки (із деяким спрощенням) може використовувати вчитель у процесі роботи з учнями.

Приклад навчального блоку та його методичний аналіз. У четвертому розділі монографії буде розглянуто технологію організації інноваційної діяльності учнів, змістова компонента якої пов'язана з фізичними основами енергозбереження як актуальної проблеми сьогодення. Зважаючи на це, для ілюстрації запропонованих у цьому розділі підходів, методів та прийомів до відповідної фахової підготовки майбутнього вчителя фізики будуть використані приклади, зміст яких пов'язаний саме з фізичними основами енергозбереження.

Розглянемо приклад навчального блоку та проведемо методичний аналіз його структурних компонентів (рис. 3.2). Назва блоку: «Теплові втрати у трубопроводі». Цей навчальний блок розроблено на основі реальної проблемної ситуації.



Рис. 3.2. Структурна схема навчального блоку (на матеріалі, що пов'язаний

із проблемою енергозбереження)

Проблемна ситуація. До студентського гуртожитку гаряча вода подається з бойлера центрального теплового пункту університету сталевим трубопроводом, який прокладено під землею (у теплотрасі). Мешканці гуртожитку помітили, що температура «гарячої» води, яка до них подається, нижче норми. Потрібно:

- а) знайти теплові втрати у трубопроводі за певний проміжок часу;*
- б) запропонувати можливі заходи щодо зменшення цих втрат.*

Відповідно до розглядуваного методу до кожної проблемної ситуації, подається одна або кілька фізичних задач, доцільність розв'язання яких визначається власне технічною проблемою. Основні вимоги, що висувуються до фізичних задач, і які подаються до проблемної ситуації, є такими:

1. Результат, отриманий під час розв'язування задачі, повинен давати відповідь на конкретне питання практики. У цьому разі у студентів (учнів) з'являється додатковий інтерес до розв'язування задачі, оскільки вони усвідомлюють можливість подальшого використання результату.

2. Умова фізичної задачі не повинна бути громіздкою, переобтяженою зайвими (несуттєвими) даними, що лише ускладнюють її розв'язування. Для відповіді на перше запитання, наведене в нашому прикладі, студентам необхідно проаналізувати проблемну ситуацію та сформулювати відповідну фізичну задачу, умова якої має містити лише *суттєві ознаки*, потрібні для розв'язування задачі.

Для виконання другої умови у формулюванні проблемної ситуації слід виокремити *ключові слова* й додати (за необхідністю) дані, яких не вистачає для розв'язання. У наведеному прикладі цими даними є, зокрема, температура води на вході й виході з труби (або різниця цих температур), а також витрата води (об'єм води, що витікає з труби за одиницю часу). Умова відповідної задачі матиме наступний вигляд.

Задача. Вода від нагрівача до споживача подається трубою. При сталому режимі температура води на вході до труби становить $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на виході – $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Витрата води складає 1 м^3 за годину. Визначте кількість теплоти, що втрачається у трубопроводі впродовж доби.

Зазначимо, що виділення в умові задачі (на етапі її формулювання) суттєвих ознак уможлиблює використання при подальшому її розв’язуванні відомого в методичній літературі *методу ключових слів*. Як зазначають Ю. П. Мінаєв і Н. І. Тихонська [259, с. 6], навчання студентів або школярів уважному ставленню до тексту умови, проведення його ретельного аналізу, виділення ключових слів, сприяє їх переходу на якісно новий рівень умінь, необхідних для розв’язання фізичних задач.

Система навчальних блоків із конкретних дисциплін. Теоретична підготовка майбутніх учителів фізики (та учнів) до здійснення інноваційної діяльності буде ефективною лише за умови *систематичного* навчання. Нами створено *систему* навчальних блоків у межах змістового напрямку, пов’язаного з фізичними основами енергозбереження. Ця система містить теоретичний матеріал із різних розділів курсу загальної фізики. За умови деякого спрощення ці ж навчальні блоки можна використовувати в загальноосвітніх навчальних закладах для теоретичної підготовки учнів до інноваційної діяльності.

Розглянемо приклади навчальних блоків, які уможливлюють теоретичну підготовку студентів (учнів) до здійснення інноваційної діяльності в галузі фізичних основ енергозбереження. Приклади структуровано за відповідними розділами курсу загальної фізики.

Механіка.

1. Вітровий двигун. У науково-технічній літературі можна знайти багато різних конструкцій *вітрових двигунів*, які виготовляються власноруч. Ці вітродвигуни можна встановити, наприклад, у індивідуальному господарстві, на дачі. Отриману механічну енергію можна використовувати як безпосередньо (наприклад, для приведення в дію водяного насоса), так і перетворювати її в електричну (за допомогою електрогенератора). Найпоширенішими є крильчасті

вітродвигуни, які мають горизонтальну вісь обертання, причому вал розташовано вздовж вітрового потоку. Такі вітродвигуни, порівняно з іншими видами (зокрема з вітродвигунами з вертикальною віссю обертання), мають більший коефіцієнт використання енергії повітряного потоку ξ , що показує, яка частина енергії вітру перетворюється в механічну енергію на валу вітродвигуна. Здебільшого ξ визначається експериментальним шляхом (для сучасних крильчастих вітродвигунів ξ складає $0,3 \div 0,4$). Як оцінити потужність саморобного вітродвигуна залежно від діаметра його вітроколеса та швидкості вітру?

З а д а ч а . Довжина лопаті вітродвигуна з горизонтальною віссю обертання $R = 0,6$ м. Оцінити потужність N , яку може розвивати цей вітродвигун при швидкості вітру $v = 8$ м/с. Вважати, що лише чверть енергії повітряного потоку перетворюється в кінетичну енергію на валу вітродвигуна.

Р о з в ' я з а н н я . При своєму обертанні лопаті вітродвигуна охоплюють круг площею $S = \pi R^2$. За швидкості вітру v через перпендикулярну площу ділянку площею S за час t проходить повітряний потік масою $m = \rho \cdot S v t$, де ρ – густина повітря.

Потужність цього повітряного потоку

$$N_0 = \frac{m v^2}{2t} = \frac{\rho S v^3}{2}. \quad (3.1)$$

Проте не вся енергія вітру перетворюється на механічну енергію на валу вітродвигуна. Цю особливість можна врахувати шляхом введення коефіцієнта використання енергії вітру ξ (за умовою задачі $\xi = 0,25$). Отже, з урахуванням (3.1) потужність вітродвигуна можна оцінити за формулою

$$N = \xi N_0 = \frac{1}{2} \xi \rho S v^3 = \frac{1}{2} \xi \rho \pi R^2 v^3.$$

Відповідно до даних, наведених в умові задачі ($\xi = 1/4$; $\rho = 1,29$ кг/м³; $R = 0,6$ м; $v = 8$ м/с), отримуємо $N \approx 100$ Вт.

2. Дощова електростанція. Спектр можливих безвідходних джерел енергії весь час розширюється. Наприклад, винахідниками вже запропоновані

способи перетворення енергії акустичних коливань (їх можна використовувати в місцях з підвищеним рівнем шуму), хвиль на поверхні водоймищ, навіть енергії хитання дерев на вітру. На учнівському конкурсі *Intel ISEF – 2011* (8–13 травня, м. Лос-Анджелес, США) було запропоновано кілька варіантів *дощових електростанцій*. Ідея одного з них полягає в наступному. Воду, яка потрапляє під час дощу на дах висотного будинку, накопичують у спеціальних ємностях, а потім спускають за допомогою спеціального трубопроводу. На виході з трубопроводу струмінь води обертає турбіну, з якою механічно з'єднаний електрогенератор. Вироблена ним електроенергія накопичується в акумуляторі. *Потрібно оцінити енергетичну ефективність описаного технічного рішення.*

З а д а ч а . Відомо, що під час сильного дощу на горизонтальну ділянку поверхні припадає шар води завтовшки $d = 50$ мм. Знайти потенціальну енергію (відносно поверхні Землі), запасену у воді, яку зібрано під час дощу на даху будівлі заввишки $h = 30$ м, завдовжки $a = 30$ м, завширшки $b = 10$ м (типовий дев'ятиповерховий житловий будинок). Чи достатньо цієї енергії для зарядки акумулятора з номінальними ємністю (тобто зарядом, який можна отримати при розрядці акумулятора) $Q = 60$ А·год і напругою $U = 12$ В?

Р о з в ' я з а н н я . Маса дощової води на даху дорівнює $m = \rho V = \rho \cdot abd$, де ρ – густина води. Потенціальна енергія цієї води (потенціальну енергію на рівні поверхні Землі прийнято за нуль) складає:

$$E_1 = mgh = \rho abd \cdot gh,$$

де g – прискорення вільного падіння.

Обчислення дають $E_1 = 4,5 \cdot 10^6$ Дж.

Витрати енергії для зарядки акумулятора можна оцінити за енергією, що виділиться при його розрядці:

$$E_2 = Q \cdot U = 2,6 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

Величини E_1 і E_2 мають сумірні значення. Отже, можна припустити, що в регіонах із частими опадами використання дощових міні-електростанцій може

виявитися виправданим. Отриману електроенергію можна використовувати, наприклад, для автономного (або додаткового) освітлення під'їздів будинку.

3. Нижньобійне водяне колесо. Нині актуальним є створення малих гідроелектростанцій (для енергозабезпечення селища або приватного будинку). Найперспективнішим є виробництво електроенергії на тих річках, де є значні перепади висоти й спостерігається істотна кількість опадів упродовж року, адже в цьому разі не треба споруджувати штучні водосховища. Такі річки є, наприклад, у Карпатах. За великого напору й малої витрати води (це має місце, наприклад, на гірських річках) використовують *нижньобійні водяні колеса* (рис. 3.3).

Для *найефективнішого перетворення енергії за допомогою такого пристрою потрібно визначити його максимально можливу потужність, тобто потужність, при якій коефіцієнт використання енергії струменя води досягає максимального значення.*

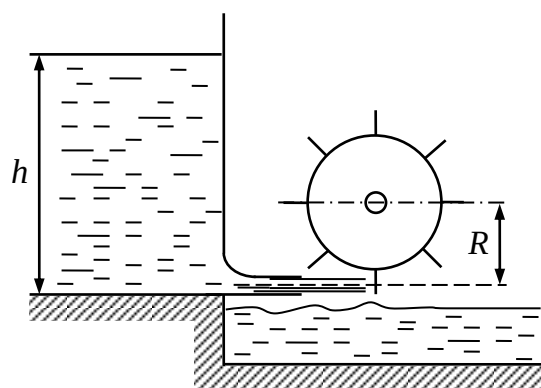


Рис. 3.3. Схема, що пояснює роботу нижньобійного водяного колеса

З а д а ч а . Оцінити максимальну потужність і найвигіднішу кутову швидкість нижньобійного водяного колеса, якщо відомі: висота напору води $h = 2$ м, поперечний переріз струменя $S = 0,02$ м², радіус колеса $R = 0,6$ м. Яке значення при цьому набуває коефіцієнт використання енергії водяного струменя. Вважати, що струмінь безперервно б'є в лопаті (число лопатей доволі велике) і після удару падає вниз.

Р о з в ' я з а н н я . Швидкість витікання води з отвору дорівнює $u = \sqrt{2gh}$. Нехай лінійна швидкість руху лопаті v (кутова швидкість колеса $\omega = v/R$). Тоді швидкість води відносно лопаті дорівнюватиме $\sqrt{2gh} - v$. Маса води, що взаємодіє з лопатями колеса впродовж 1 с, дорівнює $\rho S(\sqrt{2gh} - v)$.

Після удару вода втрачає свій імпульс (за умовою). Тому щосекундна зміна її імпульсу, яка дорівнює силі, що діє на лопать, складає

$$F = \rho S (\sqrt{2gh} - v)^2.$$

Обертальний момент колеса дорівнює

$$M = R \cdot F = R \cdot \rho S (\sqrt{2gh} - v)^2. \quad (3.2)$$

З урахуванням (3.2) знаходимо формулу для потужності, яку розвиває колесо:

$$N = M \cdot \omega = \rho S (\sqrt{2gh} - v)^2 v. \quad (3.3)$$

Дослідивши вираз (3.3) на екстремум, знаходимо, що максимального значення потужність набуває при

$$v = \sqrt{2gh}/3,$$

а кутова швидкість колеса складатиме

$$\omega = v/R = \sqrt{2gh}/(3R).$$

Отже, максимальне значення потужності колеса дорівнює

$$N_1 = \frac{4}{27} \cdot \rho S (2gh)^{3/2}.$$

Потужність водяного струменя, що має швидкість u ($u = \sqrt{2gh}$) можна визначити так:

$$N_2 = \frac{mu^2}{2t},$$

де t – час, за який через поперечний переріз труби протікає вода масою m .

Враховуючи, що $m = \rho \cdot Su t$, отримуємо

$$N_2 = \frac{1}{2} \cdot \rho S u^3 = \frac{1}{2} \cdot \rho S (2gh)^{3/2}.$$

Отже, коефіцієнт використання енергії водяного струменя дорівнює

$$\xi = N_1/N_2 = 8/27 \approx 0,3.$$

Молекулярна фізика та термодинаміка.

4. Утеплення стін. Стіни будівель часто споруджують із залізобетонних плит. Однак відомо, що залізобетон має порівняно невисокі теплоізоляційні властивості. Тому залізобетонні стіни часто вкривають *теплоізоляційним матеріалом*, наприклад, шаром пінопласту. Як з'ясувати, *наскільки ефективним є таке утеплення стіни?* Для відповіді на це запитання можна знайти зменшення теплових втрат унаслідок використання певного матеріалу як утеплювача (потрібно задати товщини шарів залізобетону та теплоізоляційного матеріалу або їх відношення). Можна зробити й навпаки: визначити потрібну товщину теплоізолятора, яка забезпечує задане зменшення втрат тепла через стіну (зрозуміло, що в обох випадках потрібно знати коефіцієнти теплопровідності матеріалів, що розглядаються).

З а д а ч а . Знайти, яку частину товщини залізобетонної плити має складати товщина шару пінопласту, щоб теплові втрати такої двошарової стіни знизилися у n разів? Коефіцієнт теплопровідності залізобетону $\kappa_1 = 2,33 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, пінопласту $\kappa_2 = 0,035 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Р о з в ' я з а н н я . Потужність теплових втрат через ділянку однорідної стіни площею S і товщиною d_1 можна оцінити за формулою (яка впливає з закону Фур'є):

$$P_0 = \kappa_1 \cdot \frac{\Delta T}{d_1} \cdot S, \quad (3.4)$$

де κ_1 – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стіни (залізобетону); ΔT – різниця температур на поверхнях стіни.

Згідно з формулою (3.4) зменшення втрат тепла при використанні теплоізоляційного покриття товщиною d_2 і теплопровідністю κ_2 складає

$$\frac{P_0}{P} = \frac{\kappa_1}{\kappa} \cdot \frac{d_1 + d_2}{d_1} = \frac{\kappa_1}{\kappa} \cdot \left(1 + \frac{d_2}{d_1}\right), \quad (3.5)$$

де κ – коефіцієнт теплопровідності складної (двошарової) стіни.

За умовою задачі $P_0/P = n$, тому для знаходження d_2/d_1 потрібно виразити відношення κ_1/κ через відомі величини.

Через кожний шар стіни проходить однаковий тепловий потік. Тому зі співвідношення для спаду температур на зовнішніх поверхнях стіни

$$\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2,$$

а також з урахуванням закону Фур'є, отримуємо

$$\frac{d_1 + d_2}{\kappa} = \frac{d_1}{\kappa_1} + \frac{d_2}{\kappa_2}.$$

Звідки

$$\frac{\kappa_1}{\kappa} = \frac{1 + (\kappa_1/\kappa_2) \cdot (d_2/d_1)}{1 + (d_2/d_1)}. \quad (3.6)$$

Із формули (3.5) з урахуванням (3.6) знаходимо шукане відношення

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \cdot \left(\frac{P_0}{P} - 1 \right) = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \cdot (n - 1).$$

Наприклад, при $n=2$ шукане відношення дорівнює $d_2/d_1=0,015$, а при $n=10$ воно складає $d_2/d_1=0,14$.

5. Використання добового коливання температури. При тепловому розширенні твердих та рідких тіл виникають значні сили. З їх використанням пов'язана низка винаходів. Для зміни розмірів тіл можна використати й природне коливання температури навколишнього середовища впродовж доби (або навіть року).

Уже відомі пристрої, які виконують корисну роботу, використовуючи для цього природні зміни температури. Наприклад, винайдено *льодяний прес* (авторське свідоцтво № 190855 [343, с. 109]), в основу роботи якого покладено процес розширення води внаслідок замерзання. У щільно закриту з обох боків трубу під тиском подають воду. Потім у спеціальному холодильнику або на природному морозі вода замерзає. Зовні труба охоплена формою, що має рельєфну поверхню. Лід працює як прес: розширюючись, стінки труби заповнюють форму. Цим способом можна робити на трубах ребра жорсткості, штампувати монтажні виступи, фланці тощо. На сьогодні також відомі конструкції теплових двигунів, робота яких ґрунтується на використанні природної різниці температур [141; 437, с. 64]. Потрібно з'ясувати «силову

можливість» явища теплового розширення твердих тіл на конкретних прикладах.

З а д а ч а . Сталевий стрижень довжиною $l = 1$ м і площею поперечного перерізу $S = 1$ см² вставлено без зазору між двома нерухомими абсолютно жорсткими стінками. З якою силою діятиме стрижень на стінки, якщо його нагріти на $\Delta T = 5$ К. Яку роботу може виконати цей стрижень? Термічний коефіцієнт лінійного розширення сталі $\alpha = 1,1 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹, модуль Юнга – $E = 2,0 \cdot 10^{11}$ Па.

Р о з в ' я з а н н я . Якщо видовження стрижня не стримувати стінками, то при нагріві на ΔT його довжина збільшиться на

$$\Delta l = \alpha l \cdot \Delta T, \quad (3.7)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення стрижня; l – його початкова довжина.

Щоб тепер вставити нагрітий стрижень між нерухомими абсолютно жорсткими стінками, його доведеться стиснути на Δl . Згідно з законом Гука, для цього необхідна сила (яку треба прикласти до торців стрижня):

$$F = k \Delta l = \frac{ES}{l} \cdot \Delta l, \quad (3.8)$$

де k – коефіцієнт жорсткості стрижня (його можна виразити через модуль Юнга E матеріалу стрижня, його поперечний переріз S та початкову довжину l , $k = ES/l$).

Після підстановки (3.7) у (3.8) отримуємо шукану силу

$$F = ES\alpha \cdot \Delta T. \quad (3.9)$$

Знайдемо тепер роботу, яку може виконати нагрітий стрижень, стиснутий між стінками. Будемо звільняти стрижень шляхом дуже повільного переміщення однієї стіни. Температуру стрижня при його розширенні вважатимемо незмінною (це можна забезпечити через теплообмін із навколишнім середовищем). Сила ж, що діє на стінки, лінійно зменшуватиметься від значення F (що задається формулою (3.9)) до нуля. Середнє значення сили дорівнюватиме $F/2$. Видовження стрижня

(переміщення стінки) складе Δl (формула (3.7)). Робота, яку виконав стрижень, дорівнюватиме

$$A = \frac{F}{2} \cdot \Delta l = \frac{1}{2} E S l \alpha^2 (\Delta T)^2. \quad (3.10)$$

Обчислення за формулами (3.9) і (3.10) дають: $F = 1,1$ кН, $A = 0,03$ Дж.

Електрика та магнетизм.

6. Підвищення напруги в лініях електропередачі. При передачі електроенергії від електростанції до споживача, що розташований на великій відстані, напругу *підвищують* до десятків або сотень кіловольт. Це робиться для зменшення теплових втрат, спричинених струмом, а також для зменшення маси проводів лінії електропередачі (ЛЕП). Проте напруга електроспоживання окремих приймачів має бути порівняно низькою (десятки або сотні вольт) для спрощення їх конструкції та для безпеки при обслуговуванні. Підвищення й зниження напруги досягається за допомогою трансформаторів, робота яких полягає у використанні явища взаємодукції. *Потрібно з'ясувати ефективність цього способу зменшення теплових втрат при електропередачі на великі відстані.*

З а д а ч а . Передача електроенергії споживачеві здійснюється за допомогою двопровідної лінії з алюмінієвого провода. Вважаючи теплові втрати в лінії малими порівняно з потужністю, яка передається, знайти:

а) у скільки раз слід підвищити напругу на ЛЕП, щоб при передачі тієї ж потужності втрати в лінії зменшилися у $n = 100$ разів;

б) у скільки раз можна зменшити масові витрати алюмінію на виготовлення проводів ЛЕП шляхом підвищення напруги на ній при незмінних теплових втратах.

Р о з в ' я з а н н я . Потужність теплових втрат у лінії, що обумовлені струмом силою I , дорівнює

$$P_{\text{втр}} = I^2 R, \quad (3.11)$$

де R – опір проводів лінії.

Оскільки за умовою задачі $P_{\text{втр}} \ll P$, напруга на початку лінії приблизно дорівнює напрузі на виході з лінії. Тому силу струму I у лінії наближено можна знайти так:

$$I = P/U, \quad (3.12)$$

де P – потужність, що передається; U – напруга на виході з лінії.

Перепишемо (3.11) з урахуванням (3.12):

$$P_{\text{втр}} = (P/U)^2 \cdot R. \quad (3.13)$$

Використовуючи (3.13), легко знайти шукане підвищення напруги на лінії, яке забезпечує зниження втрат у n разів при незмінній потужності P :

$$U_2/U_1 = \sqrt{P_{\text{втр}1}/P_{\text{втр}2}} = \sqrt{n} = 10.$$

Підвищення напруги дозволяє зменшити поперечний переріз S проводів ЛЕП. Дійсно, підставивши в (3.13) формулу для опору R проводів двопровідної лінії $R = \rho(2l/S)$ (де ρ – питомий опір матеріалу проводу, l – довжина лінії), отримуємо:

$$P_{\text{втр}} = \left(\frac{P}{U}\right)^2 \cdot \rho \frac{2l}{S}.$$

Втрати в лінії до й після підвищення напруги однакові (за умовою), тобто:

$$\left(\frac{P}{U_1}\right)^2 \cdot \rho \frac{2l}{S_1} = \left(\frac{P}{U_2}\right)^2 \cdot \rho \frac{2l}{S_2},$$

де індексами 1 і 2 позначено значення змінних величин відповідно до й після підвищення напруги.

З останнього виразу дістаємо

$$S_1/S_2 = (U_2/U_1)^2.$$

Отже, шукане зменшення маси проводів дорівнює:

$$m_1/m_2 = S_1/S_2 = (U_2/U_1)^2 = 100.$$

7. Підвищення коефіцієнта потужності. Робота змінного струму, що характеризує перехід його енергії в будь-який інший вид енергії (наприклад, в теплову, механічну, хімічну), визначається активною потужністю P .

Потужність ділянки кола з індуктивним опором називається реактивною потужністю Q . Вона характеризує реактивну енергію, тобто енергію, яка не втрачається безповоротно, а лише тимчасово накопичується у вигляді енергії магнітного поля.

Для електромережі реактивна потужність є некорисною, навіть шкідливою, оскільки періодичний обмін енергією між генератором і магнітним полем кола, що обумовлений реактивним струмом, створює додаткові втрати енергії (насамперед, унаслідок нагрівання проводів). Тому в мережах змінного струму важливим показником раціонального використання електроенергії є *коефіцієнт потужності* $\cos \varphi$ (φ – зсув фаз між силою струму й напругою). Він показує, яку частину повної потужності S складає активна потужність P : $\cos \varphi = P/S$. *Потрібно встановити, яке зниження теплових втрат у ЛЕП досягається при заданому підвищенні коефіцієнта потужності установки. Як можна досягти підвищення $\cos \varphi$?*

З а д а ч а. У скільки разів знизиться потужність теплових втрат у підвідних проводах установки, якщо її коефіцієнт потужності підвищити з $\cos \varphi_1 = 0,7$ до $\cos \varphi_2 = 0,9$? Активна потужність установки весь час залишається сталою. Втрати в лінії вважати малими порівняно з активною потужністю, яку споживає установка.

Р о з в ' я з а н н я . Активна потужність, яку споживає установка до й після підвищення коефіцієнта потужності, не змінюється (за умовою) й дорівнює

$$P = UI_1 \cos \varphi_1 = UI_2 \cos \varphi_2, \quad (3.14)$$

де U – напруга на установці (спадом напруги на підвідних проводах нехтуємо); I_1, I_2 – відповідно струм, що споживає установка, до й після підвищення $\cos \varphi$.

Потужність теплових втрат у ЛЕП з активним опором R дорівнює

– до підвищення коефіцієнта потужності

$$P_{\text{втр}1} = I_1^2 R; \quad (3.15)$$

– після підвищення

$$P_{\text{втр}2} = I_2^2 R. \quad (3.16)$$

Порівнюючи (3.15) і (3.16) з урахуванням (3.14), отримуємо

$$P_{\text{втр}1}/P_{\text{втр}2} = (I_1/I_2)^2 = (\cos \varphi_2/\cos \varphi_1)^2 = 1,7.$$

Отже, підвищення коефіцієнта потужності установок, що працюють на змінному струмі, є важливою задачею енергозбереження, оскільки дозволяє значно зменшити теплові втрати в генераторах, трансформаторах, у ЛЕП (у розглянутій задачі підвищення $\cos \varphi$ від 0,7 до 0,9 призводить до зниження теплових втрат у ЛЕП майже вдвічі). Одним зі способів підвищення $\cos \varphi$ є паралельне ввімкнення з установкою батареї конденсаторів визначеної ємності. У цьому разі періодичний обмін реактивною енергією відбувається між установкою та конденсаторною батареєю, а генератор і ЛЕП розвантажуються від реактивної складової струму.

О п т и к а .

8. Вибір висоти підвісу світильника. Інколи трапляється ситуація, коли через неправильно вибрану висоту підвісу світильника освітленість робочих місць (наприклад, поверхонь парт) є недостатньою. Дуже часто для усунення цієї проблеми необґрунтовано збільшують кількість світильників або замінюють лампи в них на більш потужні. Зрозуміло, що це призводить до невиправданого (марнотратного) збільшення витрат електроенергії. *Потрібно визначити висоту підвісу світильника у приміщенні для отримання найбільшої освітленості заданої ділянки поверхні за незмінної потужності лампи.*

З а д а ч а . На якій висоті над центром круглого стола радіусом $R = 1$ м потрібно підвісити лампочку, щоб освітленість краю поверхні стола була максимальною? Лампочку вважати точковим та ізотропним джерелом світла. Чому буде дорівнювати освітленість краю й центру стола, якщо сила світла лампочки $I = 36$ кд?

Р о з в ' я з а н н я . Освітленість поверхні точковим джерелом світла силою I , можна визначити за формулою:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha, \quad (3.17)$$

де r – відстань від точки поверхні до джерела світла; α – кут падіння променя в цій точці поверхні.

Скориставшись формулою (3.17) та рис. 3.4, можна записати вираз для освітленості на краю стола у вигляді функції $E = E(h)$:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha = I \cdot \frac{h}{(h^2 + R^2)^{3/2}}.$$

Дослідивши $E(h)$ на екстремум, знаходимо шукану висоту підвісу лампи:

$$h = R/\sqrt{2} = 0,71 \text{ м.}$$

При цьому освітленість стола в його центрі дорівнює

$$E_1 = I/h^2 = 71 \text{ лк,}$$

а поблизу його краю –

$$E_2 = I \cdot \frac{h}{(h^2 + R^2)^{3/2}} = 14 \text{ лк.}$$

Зазначимо, що шукану висоту h можна також отримати, записавши вираз для освітленості на краю стола як функцію $E = E(\alpha)$ (α – кут падіння променя) (див. рис. 3.4):

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha = \frac{I}{R^2} \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha.$$

Не складно знайти, що максимальне значення E досягається при куті α , що задовольняє рівнянню $2 \cos^2 \alpha = \sin^2 \alpha$. Звідки $\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{2}$, тому шукана висота $h = R/\operatorname{tg} \alpha = R/\sqrt{2}$.

9. Тепловізор. За допомогою тепловізора можна виявити різні тіла, якщо їх температури відрізняються навіть незначно (рис. 3.5). І це не залежить від освітленості тіл (вони можуть знаходитися й у темряві).

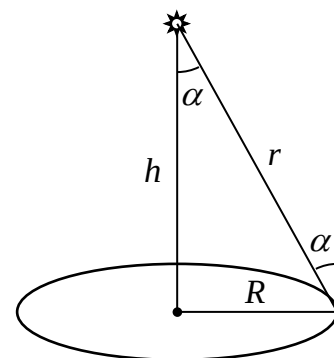


Рис. 3.4. До визначення зв'язку між характерними відстанями

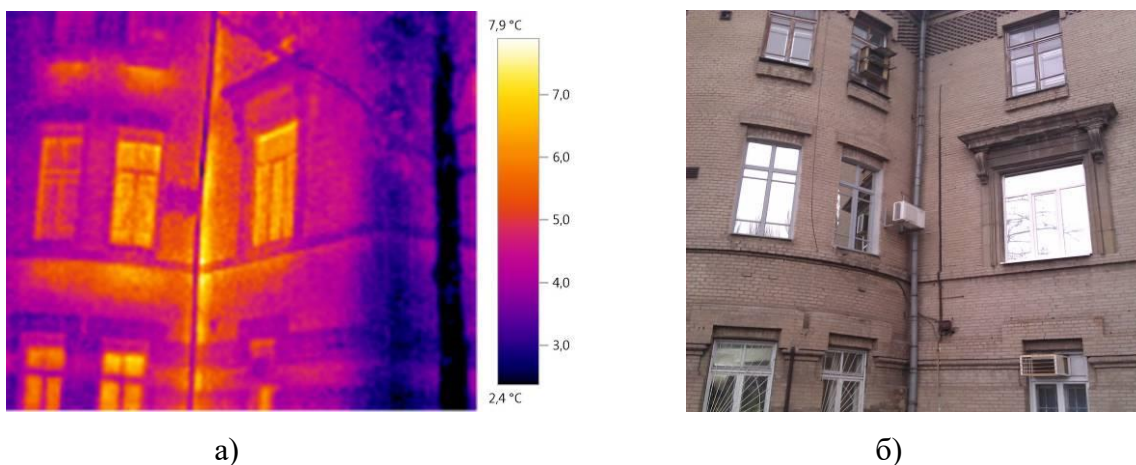


Рис. 3.5. Ділянка стіни, сфотографована тепловізором (а) та фотокамерою (б)

З а д а ч а . На використанні якого фізичного явища засновано принцип дії тепловізора? Як можна використати цей прилад для розв’язання проблем енергозбереження?

Р о з в ’ я з а н н я . При низькій температурі максимум спектральної густини енергії у спектрі електромагнітного випромінювання тіл знаходиться в інфрачервоній (невидимій) області. Під дією цього випромінювання змінюється опір напівпровідникових датчиків приладу, що обумовлює появу відповідної картини на екрані тепловізора.

Прикладом використання тепловізора є пошук «мостів холоду» – місць із підвищеними тепловими втратами (що з’являються, передусім, через погане утеплення). Обстеження тепловізором стін будівель узимку дозволяє виявляти такі місця, оскільки вони мають більш високу температуру, а, отже, інтенсивніше випромінюють інфрачервоне світло (див. рис. 3.5). Відтак на виявлених таким чином ділянках можна, наприклад, посилити теплову ізоляцію або застосувати інші засоби зменшення теплових втрат.

Особливості розроблення та використання навчальних блоків для організації інноваційної діяльності учнів. Зрозуміло, що навчальна проблема має бути поставлена таким чином, аби максимально зацікавити учнів. Адже інтерес учнів до проблеми визначає рівень їх пізнавальної активності при засвоєнні матеріалу. Для виявлення та формулювання проблемних ситуацій, що сприяють виникненню інтересу в учнів і створюють передумову щодо

організації учнівської інноваційної діяльності, майбутні вчителі можуть використовувати різні методичні прийоми (адже розроблення навчальних блоків сприяє теоретичній підготовці й самих студентів). Деякі з таких прийомів ми запозичили з переліку, поданого Р. І. Малафєєвим [243, с. 16]. Їх суть полягає в такому:

➤ *ситуація несподіваності* створюється при ознайомленні студентів (учнів) з явищами, фактами, які викликають здивування й часто здаються парадоксальними. Деякі навчальні блоки викликають в учнів (навіть у студентів) подив через те, що містять нові й інколи несподівані технічні ідеї. Яскравим прикладом цього є навчальний блок «Дощова електростанція». Ситуацію несподіваності містить також блок «Тепловізор»;

➤ *ситуація припущення* пов'язана з висуненням викладачем припущень щодо можливості існування деякої нової закономірності (або ще невідомого учням явища), а також із залученням студентів (учнів) до відповідного дослідження (цей прийом використовується в навчальних блоках «Підвищення коефіцієнта потужності», «Підвищення напруги в лініях електропередачі», «Нижньобійне водяне колесо»);

➤ *ситуація спростування* – у завданні пропонується довести неспроможність певного проекту, непрацездатність певного пристрою тощо;

➤ *ситуація невідповідності* виникає у випадках, коли уявлення (що часто спираються на повсякденний досвід) про деякі поняття й факти мають суперечності з науковими даними;

➤ *ситуація невизначеності* виникає тоді, коли для розв'язання творчого завдання бракує даних. У цьому випадку необхідно самостійно доповнити умову завдання, наприклад, шляхом проведення відповідного експерименту (така ситуація має місце у блоці «Утеплення стін»);

➤ *використання творчих завдань практичного спрямування*. Насамперед, цей прийом має місце при постановці проблемних завдань практичного характеру (зокрема, таких, що передбачають конструювання або вдосконалення певних пристроїв). Цей прийом застосовано у блоці «Вітровий двигун».

Під час запровадження методу проблемних ситуацій у процесі теоретичної підготовки майбутніх учителів фізики (та учнів) до здійснення інноваційної діяльності виявлено, що з метою добору матеріалу для розроблення відповідних навчальних блоків можна використовувати такі джерела:

1. *Наявна технічна інформація*. Насамперед її можна знайти в навчальних текстах підручників і посібників з фізики, а також в умовах задач із технічним змістом (С. У. Гончаренко, Є. В. Коршак, А. І. Павленко та інші [326, с. 54] такі задачі класифікують як виробничі). Приклади подібних задач наведені в посібниках [77; 269].

2. *Реальні життєві ситуації*, що пов'язані, наприклад, із такими проблемами: виробництво та перетворення енергії; ефективне використання енергетичних ресурсів; підвищення якості електроенергії; використання альтернативних джерел енергії. Відповідні проблемні ситуації можуть мати місце на виробництві, у побуті, у навчальному закладі тощо.

Відповідно до першого напрямку нами були створені такі з наведених блоків: «Дощова електростанція», «Нижньобійне водяне колесо», «Використання добового коливання температури», «Підвищення напруги у лініях електропередачі». А навчальні блоки «Вітровий двигун», «Утеплення стін», «Підвищення коефіцієнта потужності», «Вибір висоти підвісу світильника», «Тепловізор» були пов'язані з безпосередньою науково-дослідною діяльністю студентів та учнів нашої експериментальної групи, що розгорталась у навчально-науковій лабораторії енергоефективності та енергозбереження ЗНУ (про досвід залучення студентів та учнів до науково-дослідної діяльності в цій лабораторії йтиметься в четвертому розділі).

Роботу студентів із цими навчальними блоками доцільно організовувати, наприклад, під час практичних занять з дисциплін курсу загальної фізики. Розв'язування задач, що містяться у блоках може мати місце як під час аудиторної форми роботи, так і в позааудиторний час. Останнє ми здійснювали так. Студенти заздалегідь отримують від викладача низку проблемних ситуацій і мусять їх самостійно розв'язати впродовж семестру як індивідуальне домашнє

завдання. Потім на спеціально відведених заняттях (переважно наприкінці семестру) майбутні вчителі захищають свої розв'язки. Як альтернативне завдання, студенти можуть самостійно розробити проблемні ситуації з певної тематики з наступним їх розв'язанням (таке завдання оцінюється більш високими балами). Така форма теоретичної підготовки дозволяє залучити всіх студентів академічної групи до активного обговорення конкретних проблем (зокрема, проблеми енергозбереження) та пошуку їх можливих розв'язків.

Важливо, що проілюстрований нами на матеріалі курсу загальної фізики метод проблемних ситуацій можливо використовувати й під час вивчення інших дисциплін, які сприяють підготовці майбутнього вчителя фізики до інноваційної діяльності та до її організації з учнями.

Досвід автора щодо використання розглядуваного методу теоретичної підготовки в загальноосвітніх навчальних закладах засвідчив, що ефективною формою ознайомлення учнів з навчальним матеріалом, поданим у блоках, є ігрове навчання. Його можна організувати, наприклад, у такий спосіб: учні заздалегідь отримують від учителя низку проблемних ситуацій і повинні їх самостійно розв'язати. Потім свої розв'язки вони захищають під час спеціально організованих конкурсів («фізичних боїв», вікторин тощо). Їх можна проводити як безпосередньо на уроці (як найкраще для цього підходять уроки повторення та узагальнення матеріалу, що мають місце наприкінці чверті чи семестру), так і на позакласних заняттях.

Розглянута форма вивчення теоретичного матеріалу є інтерактивною, оскільки дає нагоду вчителю залучити майже всіх учнів класу до активної участі в обговоренні конкретних змістових елементів навчального матеріалу (що присвячені, зокрема, актуальним проблемам, які спрямовують учнів до інноваційного пошуку); до моделювання життєвих ситуацій та спільного розв'язування різних проблем. Усе це активізує навчання, оскільки, за словами І. Я. Ланіної та А. П. Тряпціної [228, с. 48]: «Участь у пошуку розв'язку конкретної практично важливої задачі викликає у школярів позитивний емоційний настрій на урок: усвідомлення своїх можливостей, радість

оволодіння більш досконалыми формами діяльності, задоволення від своєї праці, відчуття успіху, гордість за успіх товаришів».

Зазначимо, що місце розглянутих нами навчальних блоків для теоретичної підготовки студентів (учнів) не обмежується лише спеціально відведеними заняттями. За їх допомогою можна, наприклад, створювати проблемні ситуації під час вивчення нового матеріалу для стимулювання інтересу як студентів, так і школярів до конкретної теми. Дійсно, оскільки у тексті проблемної ситуації актуалізується певна проблема, у суб'єктів навчання не виникають питання на зразок «Навіщо вивчати цю тему?», «Яке практичне значення має матеріал, що вивчається?». Наведемо приклади.

З розгляду навчального блоку «Підвищення напруги в лініях електропередачі» вчитель може розпочинати ознайомлення учнів із темою «Виробництво, передача та використання енергії електричного струму»; а з матеріалу про тепловізор – розпочинати тему «Фоторезистор і фотоеlementи. Застосування фотоефекту» (на важливості створення проблемних ситуацій на уроці наголошують С. У. Гончаренко, Є. В. Коршак, А. І. Павленко та інші [326, с. 62]).

Завершуючи висвітлення методу проблемних ситуацій, зазначимо, що ми орієнтуємо майбутніх учителів фізики на те, що на уроках фізики доцільно розглядати не будь-які види навчальних блоків, адже деякі творчі завдання, що містяться в них, потребують тривалого часу для розв'язання. Особливо це стосується творчих завдань, що конкретизуються у вигляді експериментальних, винахідницьких, раціоналізаторських і конструкторських задач. Тому використання навчальних блоків є важливим і в позаурочній роботі з фізики. Саме в цьому випадку вчитель може враховувати як рівень підготовки окремих учнів з фізики, так і їх індивідуальні творчі здібності й нахили.

Отже, для здійснення теоретичної підготовки майбутніх учителів фізики (та учнів) до інноваційної діяльності нами запропоновано використовувати метод проблемних ситуацій. Він передбачає подання матеріалу, що підлягає засвоєнню, у вигляді навчальних блоків. Кожен із них присвячений розгляду

певного змістового елементу теоретичного матеріалу й структурований за проблемною ситуацією, фізичними задачами, їх розв'язаннями та аналізом результатів. Навчальні блоки є відносно незалежними між собою змістовими одиницями. Тому під час самостійної теоретичної підготовки студент може почати розгляд саме тих блоків, які викликають у нього найбільший інтерес. Окрім цього, ці ж навчальні блоки (із деяким спрощенням) вчитель може використовувати у процесі роботи з учнями. Запропонований метод сприяє усвідомленому засвоєнню студентами теоретичного матеріалу з актуальних фізико-технічних проблем, які можна використовувати в майбутній педагогічній практиці для організації учнівської інноваційної діяльності.

3.3. Методичні особливості підготовки майбутніх учителів фізики до розроблення та проведення лабораторних робіт, що уможливають залучення учнів до інноваційної діяльності

3.3.1. Методичне вдосконалення лабораторних робіт з фізики для забезпечення можливості залучення учнів до інноваційної діяльності

Органічною складовою методичної системи навчання фізики є *навчальний фізичний експеримент* (останній одночасно виконує функцію й методу навчального пізнання, й засобу навчання). У загальноосвітній школі він реалізується у формі демонстраційного експерименту, лабораторних робіт, робіт фізичного практикуму, позаурочних дослідів і спостережень тощо. Фізичний експеримент забезпечує формування в учнів необхідних практичних умінь, дослідницьких навичок та особистісного досвіду практичної діяльності (зокрема, експериментальної, винахідницької, конструкторської). Він сприяє залученню учнів до наукового пошуку, розвитку в них політехнічного світогляду й конструкторських здібностей. Завдяки цьому учні стають спроможними розв'язувати пізнавальні задачі, а також здійснювати

продуктивну діяльність у межах своїх знань. Усе це є необхідною умовою для успішної організації вчителем інноваційної діяльності учнів у навчання фізики.

Особливе місце в системі навчального фізичного експерименту належить лабораторним роботам і роботам фізичного практикуму, завдяки яким в учнів формується здатність до *практичних дій*. Вони також є різновидами самостійного експерименту учнів, що реалізується на уроках фізики.

З метою наближення форми організації навчально-пізнавальної діяльності студентів під час виконання ними лабораторних робіт (що передбачені, наприклад, дисциплінами: курс загальної фізики, «Теорія і методика навчання фізики» та інші) до форм їх професійної діяльності, навчання в університеті має включати імітацію тих елементів педагогічної діяльності, які доведеться виконувати майбутнім учителям.

Які недоліки мають місце за традиційного підходу до проведення лабораторних робіт? За традиційного підходу експериментальна діяльність учнів на уроці, зазвичай, регламентована інструкціями. Останні часто є детально розписаним алгоритмом усіх дій, які необхідно виконати для досягнення результату, зазначеного в меті лабораторної роботи. З цього приводу Р. І. Малафєєв [243, с. 82] зазначає: «Виконання лабораторних робіт за інструкціями знижує ступінь самостійності учнів, при цьому всі учні (і сильні, і слабкі) знаходяться в однакових умовах, тобто їх індивідуальні особливості не враховуються». Також певні труднощі виникають і при оцінюванні учнівських робіт. Часто при цьому оцінку виставляють за якість оформлення звіту про проведення роботи.

Виконання роботи за докладними інструкціями стримує ініціативу учнів, гальмує розвиток їх творчого мислення. Виконання роботи перетворюється на реалізацію набору команд, над логічним зв'язком між якими учні часто навіть не замислюються. Зрозуміло, що за такого підходу практично унеможлиблюється прояв інноваційного пошуку учнів у процесі виконання ними лабораторних робіт. Непоодинокими є випадки, коли найбільш підготовлені до проведення фізичного експерименту учні не виявляють

інтересу до виконання традиційних лабораторних робіт. Це пояснюється, насамперед, тим, що теоретичний матеріал роботи таким учням добре відомий, тому вони не мають сумніву в тому, що легко й правильно розв'яжуть запропоноване завдання, а отримані в експерименті дані узгоджуватимуться з теорією. Від таких учнів можна почути питання на кшталт: «Навіщо перевіряти виконання закону збереження імпульсу (або енергії), якщо ніхто не сумнівається в їх справедливості?», «Навіщо визначати наближені значення сталих Авогадро, Больцмана та інших, якщо вони вже відомі з досить високою точністю?» На подібні недоліки традиційного підходу до проведення лабораторних робіт вказували О. Ф. Кабардін, С. І. Кабардіна, В. О. Орлов та інші [255, с. 27].

Отже, виникає проблема створення таких лабораторних робіт, виконання яких уможливило б активне включення до пізнавальної діяльності всіх учнів – і тих, хто бере участь в олімпіадах та конкурсах з фізики й техніки, і навіть тих, хто зазвичай не виявляє особливого зацікавлення фізикою.

Які підходи до розв'язання цієї проблеми відомі? Нормативно можливість вносити певні зміни в циклі лабораторних робіт зазначена в пояснювальній записці до чинної навчальної програми з фізики для 10–11 класів загальноосвітніх шкіл [263]. Там, зокрема, вказано, що залежно від умов і наявної матеріальної бази кабінету фізики вчитель може замінювати окремі роботи (серед тих, що наведені в навчальній програмі) або демонстраційні досліди рівноцінними, використовувати різні їх можливі варіанти. Він може доповнювати наведений у програмі перелік додатковими дослідями, короткочасними експериментальними завданнями, збільшувати їх кількість під час виконання фронтальних лабораторних робіт або робіт фізичного практикуму, об'єднувати кілька робіт в одну тощо. Підкреслимо, що така нагода надається вчителю також і Законом України «Про освіту» (стаття 54, пункт 1) [311].

Учений Р. І. Малафєєв запропонував використовувати в навчальному процесі з фізики (зокрема, у процесі експериментальної його складової) роботи,

що подаються у вигляді невеликих *експериментальних проблем* (без інструкцій) [243, с. 83]. Він пропонує використовувати не одне, а два-три завдання різного рівня складності на вибір (або загальне завдання й одне-два додаткових). Під час їх виконання допомога з боку вчителя має індивідуальний характер. При оцінці роботи за такого підходу враховується, передусім, ступінь самостійності учня та обсяг виконаної ним роботи, а потім уже якість оформлення звіту. Запропонований Р. І. Малафєєвим фронтальний проблемний експеримент має такі елементи: знаходження загальної ідеї розв'язання експериментальної проблеми; складання плану дослідження; виконання роботи; обробка отриманих результатів; формулювання висновків.

Для підвищення інтересу учнів до виконання експерименту О. Ф. Кабардін, С. І. Кабардіна, В. О. Орлов та інші [255, с. 28] пропонують підбирати для окремих учнів нестандартні завдання творчого характеру, наприклад, у вигляді нової лабораторної роботи або індивідуального завдання дослідницького змісту. Ці завдання, на відміну від стандартних лабораторних робіт, містять замість докладної інструкції лише формулювання задачі й перелік обладнання. Проте наведені там же приклади завдань творчого характеру розраховані, головним чином, на їх використання під час факультативних занять. Подібний підхід до організації експериментальної діяльності на уроках фізики при поглибленому її вивченні досліджено Г. О. Котельніковим [208].

Відповідаючи на питання про те, *як* зробити лабораторну роботу творчою, М. Ю. Галатюк, Ю. М. Галатюк, В. І. Тищук [123] зазначають, що для цього робота має виконуватися в контексті розв'язування пізнавальної проблеми, моделлю якої є творча експериментальна фізична задача. Ключовим творчим моментом процесу розв'язування експериментальної задачі, на думку цих авторів, є необхідність пошуку самого алгоритму (послідовності дій), а також відповідних засобів організації та виконання фізичного досліду. Про досвід використання творчих завдань до програмних лабораторних робіт фізичного практикуму у ВНЗ йдеться також у статті методистів С. Г. Гільмеярової та

Л. М. Матвєєвої [127]. Там же розглянуто приклади творчих завдань до лабораторних робіт із розділу «Оптика» для студентів хімічних і біологічних факультетів.

Методичні пропозиції щодо вдосконалення лабораторних робіт.

Розроблений нами методичний підхід, що уможлиблює організацію інноваційної діяльності учнів у процесі виконання ними лабораторних робіт, передбачає внесення відповідних методичних удосконалень як до навчальних текстів робіт, так і до методики їх проведення. Головна мета цих удосконалень полягає в допомозі вчителю організовувати активне залучення до пізнавальної діяльності (що може мати ознаки інноваційної) учнів із різним рівнем навчальних досягнень із фізики. Розглянемо методичні пропозиції до розроблення таких лабораторних робіт. Відповідні методичні вдосконалення проілюструємо навчальними текстами до конкретної лабораторної роботи. Як приклад розглянемо роботу, яку можна запропонувати учням 11 класу під час вивчення розділу «Електродинаміка».

Тема роботи. Вимірювання електричного опору провідника.

Завдання. Виміряти опір дротяного реостата. Визначити питомий опір матеріалу дроту та встановити, з якого металу його зроблено.

Коментар. У темі роботи вчителю потрібно окреслити експериментальну навчальну проблему (у даному випадку – вимірювання електричного опору). У пункті «Завдання» конкретизується проблема, подана в темі. Чітко формулюється завдання, яке потрібно розв'язати в роботі, із вказівкою на конкретний кінцевий результат, що має досягти учень (у нашому випадку йому потрібно знайти опір дротяного реостата, питомий опір матеріалу дроту та визначити який це матеріал).

Обладнання. Досліджуваний дротяний реостат (опір реостата кілька Ом), амперметр (опір амперметра $R_a = 0,1$ Ом), вольтметр (опір вольтметра $R_v = 2$ кОм), міліметрова лінійка або штангенциркуль, джерело струму (батарейка або блок живлення постійного струму), вимикач, з'єднувальні провідники (рис. 3.6).

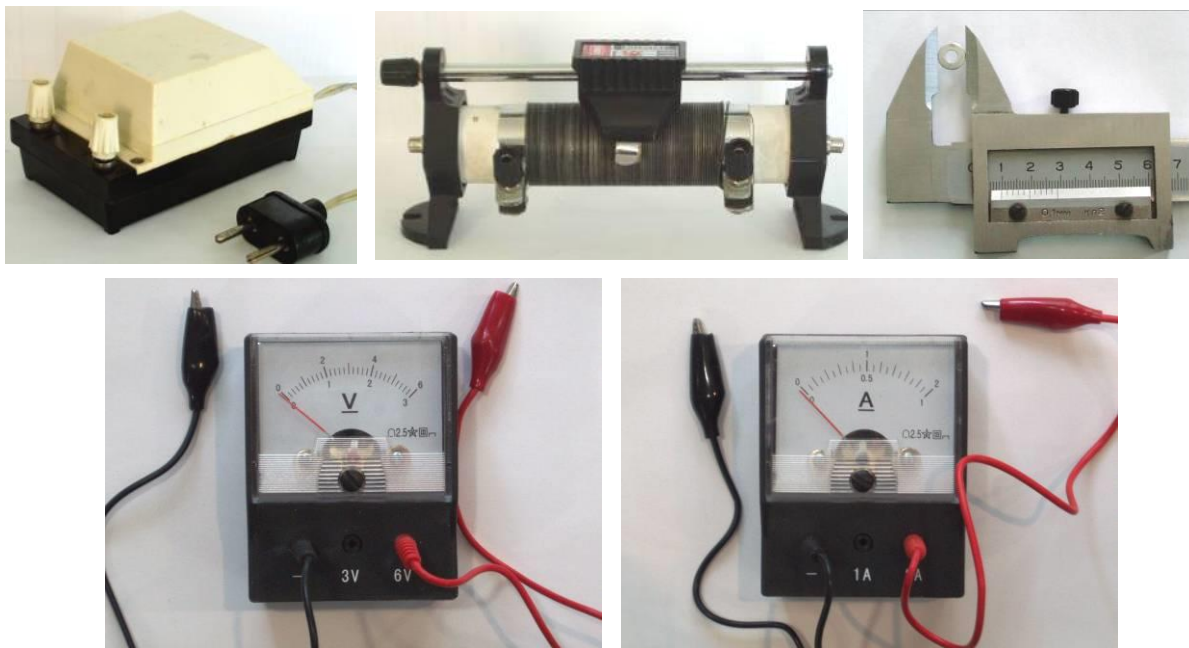


Рис. 3.6. Деякі пристрої, що використовуються при виконанні дослідів

Коментар. У цьому пункті наведено перелік засобів (вимірювальні прилади, пристрої, досліджувані об'єкти, довідкова література) для проведення експерименту, за даними якого можна було б розв'язати поставлене завдання. Відмінною ознакою подання такого переліку є додаткове наведення фотографій деяких пристроїв без вказівок на їх назви (учні мають встановити це самостійно) [390; 391]. Доцільність цього прийому пов'язана з тим, що часто за назвою пристрою старшокласники не бачать його подумки. Непоодинокі є також випадки, коли з певним пристроєм вони мають справу вперше (такими пристроями можуть бути: магазин опорів, насос Комовського, тангенс-гальванометр і багато інших).

Слід зазначити, що сформульовані таким чином пункти «Завдання» та «Обладнання» в сукупності утворюють умову певної *експериментальної задачі*. Може виявитися, що деяким учням цієї інформації цілком достатньо для самостійного виконання роботи (насамперед це стосується тих учнів, які беруть участь в олімпіадах з фізики). У цьому разі вчитель може дозволити їм приступити до безпосереднього виконання експериментального завдання. Якщо ж подальші дії для учня не є очевидними, корисною є попередня теоретична

підготовка до виконання роботи (з нею пов'язані наступні два структурні компоненти лабораторної роботи).

Теоретичні відомості. *Коментар.* У цій частині лабораторної роботи вчитель має коротко розглянути основні поняття теорії, пов'язані з темою роботи, пояснити можливий спосіб проведення вимірювання шуканої величини, привернути увагу учнів на можливі джерела похибок при вимірюваннях. На наш погляд, не слід обтяжувати цю частину суто теоретичними поняттями – учні повинні детально з ними ознайомитися за допомогою підручників і довідкової літератури. Доцільніше детально розглянути метод вимірювання (з аналізом його переваг і недоліків порівняно з іншими), а також звернути увагу на значення та галузь застосування цього методу у фізиці й техніці. Останнє дозволить учню з'ясувати для себе *навіщо* потрібна ця лабораторна робота, *де* можна використати розглядуваний у роботі спосіб вимірювання тощо. Такий методичний прийом сприятиме збагаченню життєвого досвіду учня (а останній є важливим фактором при перетворенні знань на цінності). Наведемо далі авторський варіант навчального тексту до пункту «Теоретичні відомості» розглядуваної лабораторної роботи.

Метод амперметра – вольтметра. Вимірювання електричного опору є поширеною фізико-технічною задачею. Однією з умов працездатності певного електричного пристрою (електронагрівальні пристрої, електричні машини та апарати, електровимірювальні прилади тощо) є відповідність опору його струмопровідних частин (нагрівальні спіралі, обмотки) розрахунковим (номінальним) даним. Вимірювати (або принаймні оцінювати) опір інколи доводиться й вдома для з'ясування причини несправності побутових пристроїв (лампи розжарювання, електроплитки, праски, електросвердлильної машини).

Опір провідника, у якому протікає постійний струм, ще називають *омічним* опором. У разі проходження змінного струму, повний опір провідника визначається не лише омічним опором, а залежить, наприклад, від частоти змінного струму та форми провідника. У цій роботі йдеться про вимірювання саме омічного опору.

Для прямого вимірювання електричного опору існує спеціальний прилад – *омметр*. Проте визначити опір можна й без нього (непрямим методом). Для одного з таких способів потрібні амперметр і вольтметр. Цей спосіб, який ґрунтується на застосуванні закону Ома для ділянки кола, відомий у теорії електричних вимірювань як *метод амперметра й вольтметра*. Він може бути реалізований за двома схемами вимірювання (рис. 3.7).

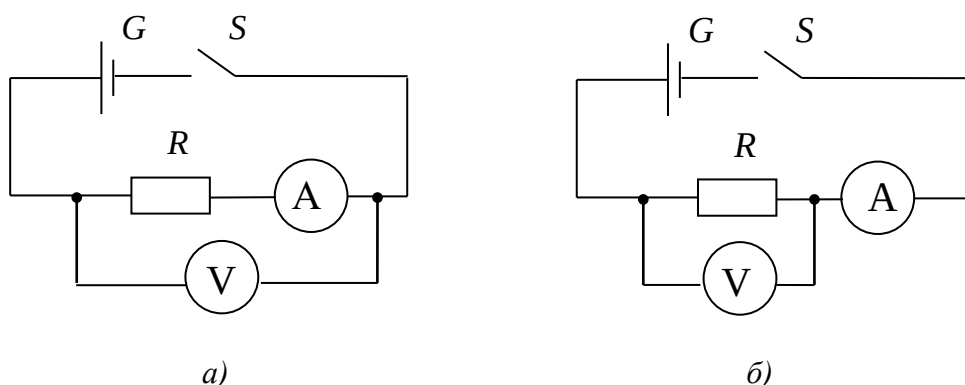


Рис. 3.7. Схеми вимірювання опору за методом амперметра та вольтметра

При вимірюванні за схемою (а), опір резистора визначається за формулою:

$$R = \frac{U - U_a}{I} = \frac{U - I \cdot R_a}{I}, \quad (3.18)$$

де U – напруга на резисторі та амперметрі (напруга, яку показує вольтметр); U_a – напруга на амперметрі; I – сила струму, що протікає через резистор та амперметр (сила струму, яку показує амперметр); R_a – опір амперметра.

При вимірюванні за схемою (б):

$$R = \frac{U}{I - I_b} = \frac{U}{I - (U/R_b)}, \quad (3.19)$$

де U – напруга на резисторі (напруга, яку показує вольтметр); I – сила струму, що протікає через амперметр; I_b – сила струму, що протікає через вольтметр; R_b – опір вольтметра.

Формули (3.18) та (3.19) спрощуються, якщо $R_a \ll R$ та $R_b \ll R$. У цих випадках

$$R \approx U/I. \quad (3.20)$$

Відносну похибку вимірювання опору, з урахуванням формул (3.18) та (3.19), можна оцінити за формулами:

- для схеми (а):

$$\varepsilon_R \equiv \frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U - IR_a} + \frac{\Delta I \cdot R_a}{U - I \cdot R_a}, \quad (3.21)$$

де ΔI , ΔU – межі абсолютних похибок при прямих вимірюваннях сили струму та напруги відповідно;

- для схеми (б):

$$\varepsilon_R = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I \cdot R_b}{IR_b - U} + \frac{\Delta U}{IR_b - U}. \quad (3.22)$$

Якщо ж користуватися наближеною формулою (3.20), то

$$\varepsilon_R = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U}. \quad (3.23)$$

В останньому випадку буде мати місце ще й систематична похибка, пов'язана з переходом від «точних» формул (3.18) та (3.19) до наближеної – (3.20).

Для визначення питомого опору ρ матеріалу дроту, з якого виготовлено реостат, скористаємося відомою формулою для опору R однорідного провідника довжиною l з постійним поперечним перерізом S : $R = \rho l / S$. Звідки

$$\rho = RS / l.$$

Площу поперечного перерізу S та довжину l дроту можна знайти непрямыми методами. Кінцева формула для ρ матиме вигляд:

$$\rho = \frac{RL^2}{4n^3 D}, \quad (3.24)$$

де L – довжина обмотки реостата; n – кількість витків обмотки; D – діаметр витка обмотки.

Отже, для визначення питомого опору матеріалу обмотки реостата потрібно знати його опір, довжину обмотки та діаметр її витків. Врахувавши вигляд робочої формули (3.24), похибку вимірювання можна оцінити так:

$$\varepsilon_\rho \equiv \frac{\Delta \rho}{\rho} = \varepsilon_R + 2 \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta D}{D}. \quad (3.25)$$

Після знаходження значення ρ , за відповідною таблицею питомих опорів можна встановити матеріал провідника реостата.

Підготовчі завдання. Зазвичай у дидактичних матеріалах описи лабораторних робіт містять пункт «Порядок виконання роботи». У ньому наводиться детальна інструкція щодо проведення експерименту. Проте часто ці вказівки зводяться переважно до команд: «Ввімкніть ...», «Натисніть ...», «Виміряйте три рази ...» тощо. На наш погляд, надто докладні інструкції є зайвими, адже за такої умови робота перетворюється на пасивне виконання послідовності вимог. Відтак експериментальна діяльність набуває репродуктивного характеру, що ускладнює розвиток творчих здібностей того, хто навчається.

Саме з проблемою підготовки до виконання лабораторної роботи пов'язане наступне методичне вдосконалення. Його відмінна ознака полягає у формулюванні вказівок щодо порядку виконання роботи мовою відповідних *підготовчих завдань* (цей методичний прийом детально розглянуто нами у статтях [2; 22]). Зміст цих завдань пов'язаний із тими діями (розумовими й практичними), з якими доведеться мати справу учням (студентам) у процесі виконання конкретної лабораторної роботи. Розглянемо далі приклади підготовчих завдань до розглядуваної лабораторної роботи.

Рівень А

1. Установіть відповідність:

1. I	А В
2. U	Б Кл
3. R	В Ом·м
4. ρ	Г А
	Д Ом

2. Установіть відповідність:

1 $I = \frac{dq}{dt}$	А Вираз для сили постійного струму в провіднику
2 $I = \frac{U}{R}$	Б Закон Ома для повного кола

$$3 \quad I = \frac{E}{R + r}$$

В Визначення сили струму

$$4 \quad I = |e| \cdot n \cdot v \cdot S$$

Г Закон Ома для ділянки кола

Д Закон Ома в диференціальній формі

3. Чому дорівнює електричний опір мідного провідника довжиною 100 м з площею поперечного перерізу 0,25 мм²? Питомий опір міді (при 20°C) складає 1,7·10⁻⁸ Ом·м.

А. 4,25 мОм.

Б. 0,68 Ом.

В. 6,8 Ом.

Г. 68 Ом.

4. Яким має бути опір амперметра для вимірювання сили струму в певній ділянці кола?

А. Порівнянним з опором ділянки кола. **Б.** Набагато меншим за опір ділянки кола.

В. Набагато більшим за опір ділянки кола. **Г.** Порівнянним з опором вольтметра.

5. Шкала вольтметра має 150 поділок. Вольтметр розрахований на вимірювання напруги до 3 В. Стрілка приладу відхиляється на 50 поділок при проходженні через нього струму 1 мА. Чому дорівнює електричний опір приладу?

А. 0,5 кОм.

Б. 1 кОм.

В. 1,5 кОм.

Г. 2 кОм.

Рівень Б

6. На рис. 3.8 наведені шкали приладів з однією границею вимірювання. Визначте: призначення приладу; ціну поділки шкали; границю вимірювання. Результат вимірювання запишіть із зазначенням меж абсолютної та відносної похибок. Клас точності обох приладів дорівнює 4.

7. Отримайте формули (3.18) та (3.19).

8. Накресліть схему електричного кола, що дозволяє реалізувати дослід з вимірювання опору резистора за методом амперметра – вольтметра, якщо відомо, що опір амперметра складає декілька Ом, опір вольтметра – декілька кОм, а передбачуваний опір резистора – декілька Ом? (декілька кОм?)

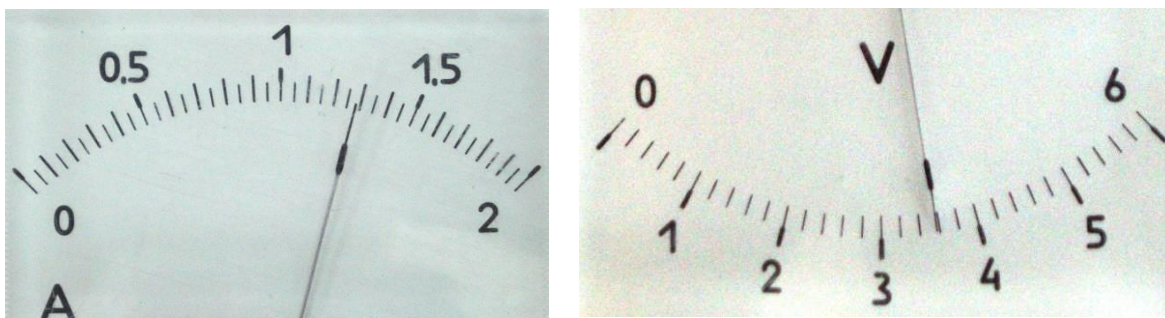


Рис. 3.8. До завдання 6

9. Як з'ясувати експериментально (за допомогою наданого обладнання), чи можна вважати опір вольтметра набагато більшим, а опір амперметра набагато меншим за опір досліджуваного резистора?

10. Чи можна в цій роботі скористатися наближеною формулою (3.20)? Виміряний за цією формулою опір виявиться більшим або меншим, ніж насправді?

11. Чи правильно працює ватметр, який показує потужність $P = 600$ Вт постійного струму, що протікає у резисторі, якщо справні прилади показують: напругу на резисторі $U = 120$ В, силу струму в ньому $I = 6$ А?

12. Доведіть формули (3.21), (3.22) та (3.23).

13. Як знайти діаметр проводу реостата за допомогою лінійки?

14. Отримайте формули (3.24) та (3.25).

15. У досліді з визначення питомого опору проводу були отримані такі результати прямих вимірювань: довжина проводу $l = 200,0 \text{ см} \pm 0,5 \text{ см}$; його діаметр $d = 0,80 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$; сила струму у проводі та напруга на ньому відповідно складала $I = 0,50 \text{ А} \pm 0,05 \text{ А}$, $U = 3,0 \text{ В} \pm 0,1 \text{ В}$. За наведеними результатами визначте питомий опір проводу та оцініть похибку результату.

Коментар. Використання підготовчих завдань дозволяє організувати теоретичну підготовку учнів (студентів) до лабораторної роботи. Ця підготовка передбачає, зокрема, повторення теоретичних відомостей, що пов'язані з тематикою роботи; засвоєння окремих елементів методу вимірювання, що використовується в роботі; підготовку плану експерименту та з'ясування

способів обробки його результатів. Зрозуміло, що така діяльність вже не є репродуктивною. Якщо учень (студент) упорався зі всіма підготовчими вправами, то зникає необхідність у детальних поясненнях і вказівках (*що та як робити*). Тому пункт «Порядок виконання роботи» у звичайному вигляді виявляється непотрібним.

Важливе значення попередньої підготовки до виконання лабораторної роботи визнають П. С. Атаманчук, О. І. Ляшенко, В. В. Мендерецький [60]. Вони зазначають, що формулюючи питання для підготовки, викладач створює проблемну ситуацію, аналогічну тій, у яку потрапляють виконавці під час експериментального дослідження. Відповідаючи на ці запитання, студенти (або учні) заздалегідь шукають шлях вирішення проблемної ситуації. Це підвищує рівень їх підготовленості до практичного виконання роботи на занятті та оформлення письмового звіту.

Зазначимо, що пункти, які були нами розглянуті вище, є тим мінімумом, якого цілком достатньо для розв'язання поставленого завдання, а, отже, для успішного виконання лабораторної роботи. Однак для учнів (студентів), які виявляють особливий інтерес до фізики, у кожній роботі слід передбачити додаткові творчі завдання. Особлива цінність цих завдань полягає в уможливленні підготовки й активного включення учнів до інноваційного пошуку. Розглянемо далі можливі види цих завдань.

Завдання для засвоєння способів розв'язування творчих задач.
Самостійне розв'язання певного творчого завдання (наприклад, експериментальної або винахідницької задачі) передбачає попереднє набуття тим, хто навчається, досвіду розв'язання менш складних (підготовчих) завдань. Наш досвід показує, що найефективніше засвоєння способів розв'язання таких задач відбувається за умови їх подання в цікавій формі. Наприклад, у задачі може бути запропоновано вказати спосіб вимірювання певної фізичної величини за допомогою нестандартного обладнання. Розв'язуючи такі задачі, учні *відкривають для себе* їх можливі розв'язки, набуваючи досвіду здійснення самостійної пошукової діяльності. Велике початкове значення виявляє також

підбір та складання цікавих задач (велику їх кількість можна знайти у збірниках [176; 227] та інших). Розглянемо авторський приклад такого завдання.

З а д а ч а «Моток проводу». Як за допомогою олівця, лінійки, аркуша паперу відомої густини та довідника з фізики, не розмотуючи моток мідного проводу, виміряти: а) діаметр проводу; б) масу мотка; в) довжину проводу у мотку. *Примітки:* а) поверхню стола можна використовувати як обладнання; б) густину паперу звичайно вказують на його упаковці (наприклад, значення густини $\gamma = 80 \text{ г/м}^2$ означає, що аркуш площею 1 м^2 матиме масу 80 г).

Р о з в ' я з а н н я . Для вимірювання діаметру проводу можна намотати на олівець певну кількість N витків. Нехай довжина намотки L , тоді діаметр проводу $d = L/N$.

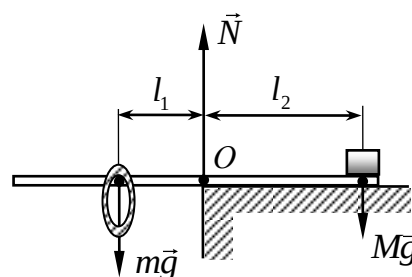


Рис. 3.9. Вимірювання маси мотка за правилом важеля

Виміряти масу мотка проводу можна за методом важеля. Для цього слід покласти лінійку на стіл так, щоб її половина звисала (рис. 3.9). Перебуваючи у стані рівноваги, лінійка спирається лише на край стола. Розмістивши на одному кінці лінійки згорнутий аркуш паперу, потрібно переміщувати вздовж її іншої половини моток дроту, шукаючи таке його положення, при якому лінійка знову спиратиметься лише на край стола (перебуваючи в рівновазі). З умови рівноваги лінійки можна знайти масу мотка $m = M(l_2/l_1)$, де M – маса аркуша паперу (її можна знайти за відомою густиною паперу та виміряною площею аркуша); l_1, l_2 – плечі сил $m\vec{g}$ і $M\vec{g}$ відносно полюса O (центр мас лінійки).

Для визначення довжини дроту слід скористатися формулою $l = V/S$, де V – об'єм проводу (який можна знайти за вже відомою нам масою і густиною матеріалу проводу (мідь), що можна взяти з довідника); S – площа поперечного перерізу проводу, $S = \pi d^2/4$.

Наведемо приклади інших завдань, пов'язаних із тематикою лабораторної роботи:

1. Як виміряти діаметр тонкого дроту за допомогою аркуша міліметрового паперу?
2. Як за допомогою декількох однакових амперметрів виміряти силу струму на ділянці кола, якщо її передбачуване значення перевищує границю вимірювання одного амперметра?
3. Як виміряти опір вольтметра за допомогою резистора з відомим опором і джерела струму (відомо, що опір вольтметра набагато більший за внутрішній опір джерела)?
4. Як знайти опір електричної праски в робочому режимі (паспортні дані відсутні) за допомогою електролічильника та радіоприймача? Розглянути окремо випадки, коли радіоприймач живеться від мережі та від батареї гальванічних елементів.

Додаткові експериментальні та винахідницькі задачі. Цей структурний компонент лабораторних робіт є факультативним. Він розрахований, передусім, на тих учнів, які виявляють особливий інтерес до фізики (зокрема на тих, хто готується до фізико-технічних конкурсів та олімпіад). Учитель може запропонувати учням вибрати на свій розсуд одну-дві задачі та самостійно їх розв'язати. Зазначимо, що роботу над задачами цього блоку учні можуть продовжити вдома, адже більшість із таких задач не потребує складного обладнання.

У нашому дослідженні *експериментальними* ми називаємо задачі, дані для розв'язання яких знаходяться шляхом проведення фізичного експерименту, що можна реалізувати за допомогою поданого в умові задачі обладнання. Важливо, що, розв'язуючи експериментальні задачі, учні оволодівають різними способами вимірювання фізичної величини (залежно від наданого обладнання) та навчаються діяти самостійно (без інструкцій). У пояснювальній записці до чинної навчальної програми з фізики для 10–11 класів загальноосвітніх шкіл [263] зазначається: «Самостійне експериментування учнів необхідно

розширювати, використовуючи найпростіше обладнання, інколи навіть саморобні прилади й побутове обладнання. Такі роботи повинні мати пошуковий характер, завдяки чому учні збагачуються новими фактами, узагальнюють їх і роблять висновки. У процесі такої діяльності учні мають навчитися ставити мету дослідження, обирати адекватні методи й засоби дослідження, планувати та здійснювати експеримент, обробляти його результати й робити висновки».

Згідно з визначенням А. А. Давиденка [140, с. 106], *винахідницькою* називають задачу, у результаті технічного розв'язання якої можна отримати новий продукт або спосіб досягнення корисного ефекту. Їх розв'язки можуть включати створення діючої моделі та часто супроводжуються цікавими фізичними демонстраціями. Важливо, що у процесі розв'язання винахідницьких задач учні отримують досвід перенесення теоретичних знань у галузь практики. Часто розв'язання таких задач перетворюється у довгострокові творчі роботи, результатами яких стають інноваційні продукти. Їх представлення (апробація) відбувається на фізико-технічних конкурсах різних рівнів. Наведемо приклади додаткових експериментальних і винахідницьких задач до лабораторної роботи «Вимірювання електричного опору провідника».

Експериментальні задачі.

1. Виміряти опір резистора. *Обладнання:* досліджуваний резистор; дротяний реостат, максимальний опір якого перевищує опір досліджуваного резистора (максимальний опір реостата $R = 6 \text{ Ом}$); джерело струму (батареяка); амперметр; три з'єднувальні провідники; смужка міліметрового паперу. *Примітки.* 1) Зверніть увагу на те, що є лише *три* з'єднувальні провідники; 2) про опір амперметра нічого не відомо.

2. Виміряти опір резистора. *Обладнання:* досліджуваний резистор; резистор з відомим опором; джерело струму (батареяка); амперметр; з'єднувальні провідники. *Примітка.* Відомо, що опір амперметра набагато менший за опори вказаних резисторів.

3. Визначити опір резистора з найбільшою точністю. *Обладнання:* резистор з невідомим опором, амперметр, вольтметр, джерело струму, з'єднувальні провідники.

4. Визначити опори трьох резисторів, з'єднаних зіркою. Підключати вимірювальні прилади до точки з'єднання всіх трьох резисторів не можна. *Обладнання:* три резистори (з'єднані зіркою), амперметр, вольтметр, джерело струму, з'єднувальні провідники.

5. В одному чорному ящику знаходиться резистор, в іншому – лампочка від ліхтаря. Встановити, у якому ящику знаходиться лампочка. *Обладнання:* два ящики з виводами, батарея гальванічних елементів, реостат, амперметр, вольтметр, з'єднувальні провідники.

Перша з наведених експериментальних задач є авторською. Решта мають свої аналоги у збірниках [57; 116; 133; 134] та інших.

Винахідницькі задачі.

1. Як із шести резисторів 1 Ом, 2 Ом, 4 Ом, 8 Ом, 16 Ом та 32 Ом зробити магазин опорів, за допомогою якого можна було б отримувати будь-яке ціле значення опору від 1 Ом до 63 Ом? Як розширити діапазон можливих значень опору в такому пристрої?

2. Запропонуйте, як на основі вольтметра зробити омметр (накресліть схему, визначте ціну поділки та границю вимірювання омметра, виготовте запропонований пристрій).

3. Один із проводів двожильного кабелю має електричний контакт із землею. Запропонуйте спосіб визначення місця пошкодження (кабель прокладено під землею).

4. На основі шкільного вольтметра з границею вимірювання 6 В розробіть вольтметр зі змінною границею вимірювання: 6 В, 12 В, 30 В.

Перша винахідницька задача є авторською. Її розв'язок став основою для створення інноваційного продукту «Демонстраційний магазин опорів» (докладніше про нього йдеться в пункті 3.4.3). Умови решти задач нами

сформульовано на основі аналогічних задач, поданих у збірнику В. Г. Разумовського [320].

Конструкторські завдання. Конструкторською А. А. Давиденко [140, с. 118] називає задачу, в умові якої міститься вимога щодо розробки технічного пристрою з наперед заданими характеристиками на основі вже зробленого винаходу або відомої фізико-технічної ідеї. Доцільність використання подібних завдань у лабораторних роботах обумовлена, головним чином, необхідністю розвитку в учнів моторних умінь і навичок [26]. Від сформованості останніх залежить успішність важливого етапу інноваційної діяльності, пов'язаного з виготовленням діючих моделей запропонованих технічних рішень. Окрім цього, процес створення технічних пристроїв (вимірювальних приладів, макетів тощо) є для деяких учнів ефективним прийомом посилення інтересу до вивчення фізики. Останнє, як і у випадку винахідницьких задач, стосується учнів з різним рівнем теоретичної підготовки з фізики. Наведемо приклади таких завдань.

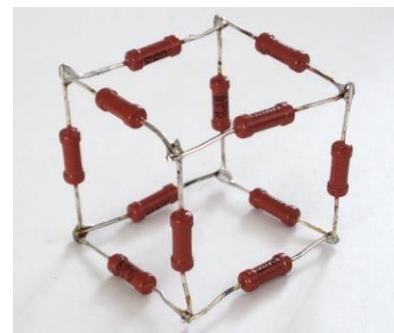


Рис. 3.10. Куб з резисторів

1. З 12 однакових резисторів спаяйте куб (рис. 3.10). Обчисліть опір між будь-якими вершинами такого куба. Розрахункові дані перевірте шляхом прямих вимірювань.

2. Виготовте пристрій для пошуку розриву в електричному колі («пробник»), який стане в нагоді в домашньому господарстві. Конструкцію та принцип дії найпростішого пробника легко зрозуміти за його принциповою схемою (рис. 3.11). Замість лампи *HL* можна застосувати світлодіод.

Отже, використання вчителем зазначених методичних підходів до розробки лабораторних робіт із розглянутою структурою створює умови для залучення учнів до продуктивної навчально-пізнавальної діяльності, що може мати ознаки

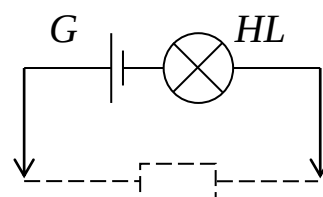


Рис. 3.11. Принципова схема найпростішого пробника

інноваційної. Наведені методичні вдосконалення сприяють також набуттю учнями дослідницьких умінь і навичок, розвитку самостійності, формуванню у старшокласників творчого мислення та виникненню в них мотивів до інноваційного пошуку. Запропонований підхід реалізувався нами під час професійної підготовки майбутніх вчителів фізики, зокрема, при виконанні ними лабораторних робіт зі шкільного фізичного експерименту дисципліни «Теорія і методика навчання фізики». У процесі виконання таких лабораторних робіт майбутні вчителі фізики набували дослідницьких вмінь та досвіду творчої діяльності, розуміння особливостей здійснення відповідної експериментальної діяльності та здатності передати цей досвід учням, що сприяло формуванню їх готовності до організації інноваційної діяльності учнів у процесі навчання фізики.

3.3.2. Методичні підходи до організації інноваційної діяльності учнів на лабораторних заняттях з фізики

З метою формування в майбутніх учителів фізики готовності до залучення учнів з різним рівнем навчальних досягнень до інноваційної діяльності під час лабораторного експерименту, нами розроблено та впроваджено у процес підготовки майбутніх учителів фізики навчальний посібник «Фізика. Лабораторні роботи з творчими завданнями» [42] (гриф МОН України «Рекомендовано»). Посібник містить цикл лабораторних робіт, а також дидактичні матеріали (творчі задачі винахідницького, експериментального та конструкторського характеру), що сприяють організації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики (зокрема в позаурочній роботі). Важливо, що розроблений цикл лабораторних робіт можна використовувати й безпосередньо в навчальному процесі з фізики у школі. Останнє виявляється можливим (як і в уже розглянутому в підрозділі 3.2 задачному підході) завдяки використанню дуального принципу поєднання змісту курсу фізики у школі та змісту методики викладання фізики у ВНЗ. Посібник містить широке коло дослідів та

експериментальних творчих завдань з фізики, що уможливорює реалізацію диференційованого підходу до учнів (студентів) у процесі їх експериментальної діяльності, створює умови для організації інноваційної діяльності учнів, розвитку в них творчих здібностей і навичок самостійного наукового пізнання. Наведені в посібнику лабораторні роботи мають таку структуру:

1. *Теоретичні відомості.* У цій частині коротко пояснюються основні поняття теорії, пов'язані з темою навчального блоку. Особлива увага приділяється саме тим теоретичним питанням, що необхідні для проведення експериментального дослідження (для вимірювання певної фізичної величини).

2. *Експериментальна частина.* Детально розглядається конкретна навчальна проблема (пов'язана, зокрема, з вимірюванням певної фізичної величини), яка має бути розв'язана шляхом проведення фізичного експерименту: формулюється завдання; наводиться перелік засобів для проведення експерименту (вимірювальні прилади, пристрої, досліджувані об'єкти, довідкова література); висвітлюється суть методу вимірювання зі вказівкою на його значення та галузь застосування у фізиці та техніці.

Експериментальна частина також містить підготовчі завдання. Вони розділені на два рівні. *Рівень А* складається з тестових завдань, які пов'язані з теоретичним матеріалом роботи (частина з них запозичена зі збірника різнорівневих завдань І. М. Гельфгата [177]). Завдання *рівня Б* спрямовані на засвоєння окремих елементів методики проведення конкретного експерименту. Розв'язуючи їх, учні (студенти) самостійно досягають необхідності виконання певної дії у процесі виконання роботи, наново відкривають для себе окремі елементи методики вимірювання. За допомогою підготовчих завдань учитель (викладач) може здійснювати діагностику рівня підготовленості учнів (студентів) до лабораторної роботи та за результатами цієї діагностики приймати рішення про допуск до безпосереднього виконання експерименту.

3. *Додаткові творчі завдання.* Основним призначенням цих завдань є залучення того, хто навчається, до продуктивної навчально-пізнавальної діяльності. Насамперед вони адресовані тим учням (студентам), які виявляють

особливий інтерес до фізики. Більшість із запропонованих у посібнику творчих завдань є авторськими. Для врахування інтересів і нахилів учнів (студентів) творчі завдання структуровано за такими блоками:

- *Завдання для засвоєння способів розв'язування творчих задач.* Розв'язками таких задач є можливі способи вимірювання заданих фізичних величин, які можна реалізувати за допомогою вказаного в умові задачі обладнання. У посібнику розроблена система таких задач (деякі з них взяті з відомого збірника цікавих задач В. М. Ланге [227]).

- *Експериментальні та винахідницькі задачі.* Ці задачі можна успішно використовувати як завдання для домашньої роботи, під час якої кожен учень (студент) зможе приділити задачі стільки часу, скільки він вважає за необхідне. Значна частина з наведених експериментальних задач пропонувалася раніше на державних та обласних етапах учнівських олімпіад з фізики (автор з 2012 р. є розробником експериментального туру обласної олімпіади з фізики в Запорізькій області). У процесі розв'язування винахідницьких задач учні (студенти) набувають досвіду застосовування наявних у них знань на практиці, зокрема, для створення конкретних технічних рішень (що є важливим компонентом інноваційної діяльності).

- *Завдання блоку «Зробіть своїми руками!».* Такі завдання сприяють розвитку в учнів (студентів) конструкторських умінь. Крім цього, для багатьох із них створення діючих моделей та макетів пристроїв є мотивувальним фактором, що активізує процес навчання.

Для забезпечення можливості використання цих лабораторних робіт як у процесі фахової підготовки студентів – майбутніх учителів фізики (зокрема, під час лабораторних занять з дисципліни «Теорія та методика навчання фізики»), так й у процесі навчання фізики у школі (для різних рівнів навчання), нами використано принцип доповнення в побудові навчального тексту лабораторних робіт (подібний принцип, наприклад, використовується в побудові змісту курсу фізики академічного й профільного рівнів у навчальній програмі з фізики для загальноосвітніх шкіл [263]). Навчальні тексти лабораторних робіт, окрім

основного матеріалу, містять додатковий (факультативний). У ньому наведені більш докладні пояснення, інформаційні довідки, виведення деяких формул, додаткові вправи. У навчальному посібнику [42] цей матеріал подано дрібнішим шрифтом. За бажанням його можна пропустити (в основному тексті відсутні покликання на додатковий матеріал). Основний текст розрахований на учнів, що навчаються за рівнем стандарту або за академічним рівнем. Додатковий текст адресований, насамперед, студентам, але з ним можуть ознайомлюватися й учні, які вивчають фізику поглиблено.

Ефективне використання додаткових творчих завдань, що уможлиблюють організацію продуктивної діяльності учнів, має відбуватися з урахуванням певних умов. Більшість із них є аналогічними до виділених О. Ф. Кабардіним, С. І. Кабардіною, В. О. Орловим та іншими [255, с. 32] загальних умов ефективного запровадження творчих завдань у навчальний процес з фізики. Основними з них є такі:

- наявність в учнів необхідного рівня підготовки до проведення лабораторної роботи, що визначається рівнем володіння відповідними теоретичними відомостями (засвоєння змісту фізичних понять, законів, формул) і здатністю розв'язувати прості підготовчі завдання;
- інтерес до поставленої задачі, що має виявлятися як з боку учня, так і з боку самого вчителя; здатність учителя переживати радість творчості і передавати це почуття учням;
- успішність творчої діяльності учнів. У разі потреби вчитель має прийти на допомогу тим учням, для кого задача виявилась надто складною. Для цього слід використовувати ті задачі, для яких учителю відомий принаймні один варіант можливого розв'язання;
- поставлені задачі мають передбачати відкриття учнями нових для них способів та ідей розв'язання (зрозуміло, що новизна в більшості випадків є суб'єктивною).

Зазначимо, що розглянуті нами методичні вдосконалення до лабораторних робіт були предметом окремих наукових досліджень автора монографії.

Апробація циклу лабораторних робіт із творчими завданнями, поданих у посібнику [42], відбувалася трьома напрямками [10]:

- у школі (Запорізька гімназія № 28, фізико-математичний клас);
- у коледжі (Економіко-правничий коледж ЗНУ, академічні групи 1 курсу спеціальностей «Розробка програмного забезпечення», «Організація виробництва» та «Фінанси і кредит») [46];
- в університеті (ЗНУ, академічні групи фізичного факультету предметної спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика)). При цьому навчальна діяльність студентів – майбутніх учителів фізики була пов'язана не лише з виконанням циклу лабораторних робіт, але й з розробкою авторських робіт.

Детальніше розглянемо деякі результати апробації. Увесь процес виконання лабораторної роботи можна умовно розділити на чотири етапи:

- *підготовчий* (постановка завдання, перевірка рівня підготовленості студентів до виконання роботи);
- *безпосереднє виконання експерименту* (складання експериментальної установки, проведення дослідів, прямих вимірювань);
- *обробка експериментальних даних* (обчислення значень шуканих величин та оцінка їх похибок, побудова графіків залежностей фізичних величин, оформлення звіту про роботу з відповідними висновками);
- *виконання додаткових творчих завдань* (цікавих експериментальних завдань, експериментальних, винахідницьких або конструкторських задач).

Як уже зазначалося, у розглядуваних лабораторних роботах обов'язковими для студентів (учнів) є лише перші три етапи. Четвертий етап є факультативним. Нами виявлено, що загалом запропонований підхід до змісту та структури лабораторних робіт із творчими завданнями, а також до методики їх проведення, досягає своєї дидактичної мети. Зокрема, він дозволяє організовувати активне включення до пізнавальної діяльності учнів і студентів з різним рівнем навчальних досягнень з фізики. Водночас переважна більшість учнів і студентів з експериментальних груп успішно виконували обов'язкову частину лабораторних робіт. А частина з них охоче долучалася до виконання

додаткових творчих завдань у позаурочний час. За такої умови учні та студенти самостійно вибирали тип творчих задач (та їх кількість) для розв'язування. Про знайдені цікаві розв'язки учні за бажанням могли доповісти на спеціально відведених уроках фізики, а студенти – під час наукових конференцій «Молода наука» [46].

Підставою, яка свідчить про ефективність запропонованого підходу до проведення лабораторних робіт, є успішне виконання учнями (та студентами) навчальних досліджень експериментального та винахідницького характеру (із наступним представленням їх на всеукраїнських і міжнародних конкурсах, присвячених фізико-технічній творчості молоді), а також посилення інтересу членів експериментальної групи до фізики. У процесі розв'язування додаткових творчих завдань учням (студентам) нерідко вдавалося створювати власні технічні рішення, що мали елементи об'єктивної новизни. Проілюструємо останнє двома прикладами.

Членами нашої експериментальної групи Тимуром Фараджевим і Олексієм Капленком (на той час – учні 11 класу) запропоновано інноваційний продукт «Рідинна самоцентруюча опора» (патент України № 82979 [325]). Ідея цього пристрою виникла при розв'язуванні конструкторської задачі, що наведена в авторській лабораторній роботі «Вимірювання горизонтальної складової індукції магнітного поля Землі» (робота міститься в додатку А та є прикладом реалізації розробленого нами підходу до створення лабораторних робіт). У цій задачі необхідно було вдосконалити конструкцію відомого рідинного компаса (що складається з намагніченої швацької голки, корка та ємності з водою).

Іншим прикладом є створення інноваційного продукту «Демонстраційний магазин опорів» (патент України № 44726 [146]). Його співавтор – Андрій Попов (на той час – студент першого курсу Економіко-правничого коледжу ЗНУ). Ідея цього винаходу виникла у процесі розв'язування задачі № 1 з наведеного вище списку винахідницьких задач до лабораторної роботи «Вимірювання електричного опору провідника» (технічний опис пристрою наведено в пункті 3.4.3).

Зазначимо, що деякі аспекти описаного підходу щодо подання навчального матеріалу знайшли відображення в наших навчальних посібниках «Термодинаміка і статистична фізика в прикладах і задачах» [276] (гриф МОН України «Рекомендовано») та «Теорія ймовірностей та математична статистика» [275] (рекомендовано вченою радою ЗНУ), які адресовані, насамперед, студентам фізичних факультетів і також застосовувалися у процесі професійної підготовки майбутніх учителів фізики.

Отже, обов'язковим компонентом підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів є набуття студентами досвіду виконання та розроблення лабораторних робіт, що мають передбачати продуктивну навчально-пізнавальну діяльність. Основною відмінною ознакою цих робіт є наявність системи додаткових творчих завдань, які представлені експериментальними, винахідницькими та конструкторськими задачами, що покликані спрямовувати учнів з різним рівнем навчальних досягнень з фізики до самостійної творчої діяльності з урахуванням їх інтересів та нахилів. Розроблену нами систему таких лабораторних робіт можна використовувати як у процесі професійної підготовки майбутніх учителів фізики в університеті, так і в навчальному процесі з фізики у школі.

3.4. Формування в майбутніх учителів фізики здатності застосовувати методи й прийоми активізації інноваційної діяльності учнів у навчанні

Важливою організаційною компонентою педагогічного процесу є *активізація* навчання. За визначенням, поданим М. В. Артюшиною, О. М. Котиковою, Г. М. Романовою та іншими [317, с. 363], вона є діяльністю, що полягає у розробленні та використанні змісту, методів, прийомів і засобів навчання, які сприяють підвищенню інтересу та творчої активності того, хто навчається; формуванні вмінь і навичок, використанні їх на практиці (подібний підхід до розуміння активізації розглядає А. О. Вербицький [103, с. 43]). Серед

шляхів активізації інноваційної діяльності учнів з фізики важливе місце посідають методи й прийоми, що сприяють посиленню інтересу, творчої активності та самостійності учнів, а також забезпечують формування в них необхідних здібностей і вмінь для здійснення інноваційного пошуку. У цьому підрозділі розглянемо методи та прийоми, що сприяють організації інноваційної діяльності учнів на таких її етапах: у процесі виявлення проблем та вибору тем для досліджень; під час проведення теоретичного та експериментального дослідження інноваційної розробки; під час розроблення й виготовлення діючої моделі запропонованого технічного рішення.

3.4.1. Розвиток здатності до виявлення фізико-технічних проблем та вибору тем для учнівських досліджень

Під час проведеного в підрозділі 2.4 аналізу етапів інноваційної діяльності, яка може бути організована в навчальному процесі з фізики, з'ясовано, що одним із важливих її змістовних компонентів є виявлення фізико-технічної проблеми з наступним вибором актуальної теми для майбутньої розробки. Досвід показує, що цей етап виявляється непростим навіть для досвідчених учителів фізики. Під час проведення автором (як деканом фізичного факультету ЗНУ) обласних науково-практичних семінарів для вчителів фізики Запорізької області непоодинокими були випадки, коли вчителі звертались до науковців фізичного факультету ЗНУ з проханням «придумати їм цікаву й актуальну тему для учнівської творчої роботи». З метою розв'язання зазначеної проблеми слід передбачити відповідну методичну підготовку ще на етапі професійної підготовки майбутніх учителів фізики. Певний досвід щодо виявлення фізико-технічних проблем та самостійного вибору теми для творчої роботи можуть набувати й самі учні за умови їх активного залучення до продуктивної навчально-пізнавальної діяльності.

Розвиток у майбутніх учителів фізики та учнів розглядуваної здатності має свої складнощі. Наприклад, дехто вважає, що в наш час вже все давно

винайдено. Переважно так думають ті, хто поверхово ставиться до своєї роботи, або ті, хто вважає, що винаходити, створювати щось нове здатні лише окремі люди. Ми вважаємо, що це хибна думка: кожна людина є потенційним винахідником. Стверджуючи це, ми спираємось на дослідження вчених-психологів (наприклад, на дослідження Л. С. Виготського [117, с. 31]).

Із розвитком суспільства повсякчас удосконалюються та винаходяться нові знаряддя праці та інші пристрої, які використовує людина. Навіть конструкції таких простих пристроїв як лопата, колесо, цвях, молоток тощо продовжують змінюватися і в наш час, не говорячи вже про складні прилади, установки, системи. Проте побачити творчі проблеми не так просто. З чим це пов'язано?

Як свідчать дослідження А. А. Давиденка, постановці проблеми передуює виявлення людиною дисгармонії (невідповідності, неузгодженості) між окремими елементами певної системи або між самою системою та навколишнім світом [143, с. 12]. Саме на основі відчуття дисгармонії в навколишньому світі творець ставить проблему, виявляє суперечності, які обумовлюють цю дисгармонію, формулює й розв'язує задачу.

Обґрунтуємо далі основні методичні рекомендації щодо розвитку у студентів – майбутніх учителів фізики та учнів здатності до виявлення фізико-технічних проблем та вибору теми творчої роботи. Розвитку цієї здатності сприяє залучення того, хто навчається, до вивчення різних систем – створених людиною, природних, казкових та фантастичних – з виокремленням у цих системах корисних властивостей [14]. Розглянемо ці напрямки детальніше.

1. Удосконалення наявних технічних систем. Молода людина має зрозуміти, що остаточних винаходів не існує, – відтак усе вдосконалюється. Ми поділяємо думку винахідників М. Т. Петровича і В. М. Цурикова [289] про те, що все, що нас оточує вдома, на вулиці, на роботі, під час відпочинку – машини, інструменти, транспортні засоби – може бути вдосконалено або побудовано на нових ідеях, принципах. Тому кількість тем для творчого пошуку необмежена.

Зауважимо, що вибираючи фізико-технічну проблему (задачу) для розв'язання, слід звернути увагу майбутніх учителів фізики (або учнів) на два критерії. Перший із них пов'язаний з тим, що пропозиція щодо вдосконалення певного пристрою має бути корисною, тобто має приносити економічний чи соціальний ефект. Економічний ефект може полягати, наприклад, в економії матеріалів, енергетичних ресурсів, у підвищенні якості (або надійності) виробів. Як зазначав А. Ейнштейн, винайти – означає збільшити дріб A/B , де A – вироблені товари, а B – витрачена праця. Соціальним ефектом вважають, зокрема, покращення умов праці, підвищення якості медичної діагностики або профілактики.

Другий критерій, який треба врахувати при виборі тематики творчої розробки (наприклад, майбутнього інноваційного продукту), пов'язаний з умовою принципового існування розв'язку цієї проблеми. Тобто потрібно з'ясувати, чи можливо взагалі знайти розв'язок задачі, чи не суперечитиме передбачуваний розв'язок законам фізики. Як класичний приклад неврахування цього критерію вкажемо на спроби створення вічних двигунів першого та другого роду.

Отже, при виборі теми винахідницької задачі вчителю фізики слід впевнитися в тому, чи є вона корисною та чи може мати принциповий розв'язок з точки зору законів природи. Вчитель також має застерегти юних винахідників від спроб одразу ж братися за складні задачі. Починати слід з простих, поступово набуваючи вміння та досвіду їх розв'язання, засвоюючи різні методики пошуку розв'язків творчих завдань.

2. Природа допомагає створювати нові технічні пристрої. Окрім величезного фонду технічних систем, які потребують удосконалення, важливим джерелом проблем, що обумовлюють вибір тематики інноваційної діяльності з наступною конкретизацією формулювання винахідницької задачі та її розв'язанням, є *природа*. Існує чимало прикладів, коли ідеї для своїх розробок або готові рішення дослідники брали з природних систем. Приклади технічних пристроїв, конструкції яких пішли від живої та неживої природи, можна знайти

в навчальних посібниках і збірниках (як приклад вкажемо [69; 84; 110; 289]).

Наведемо деякі з цих прикладів:

- форма гострого краю кам'яної сокири нагадує зуб ведмедя;
- конструкція балки у вигляді труби, яка широко використовується в техніці, має природний прототип – трубчасті кістки скелета, що мають зазвичай майже круглий переріз. У такий спосіб природа у процесі еволюції досягла зменшення маси людини та тварин при збереженні міцності їх скелета, адже циліндричний шар навколо осі кості не зазнає суттєвих деформацій при її згинанні, а лише збільшує масу тіла. Це, наприклад, проявилось у птахів;
- на основі аналізу польоту птахів М. Є. Жуковський розробив методику розрахунку підйомної сили крила літака, що обумовило суттєвий вплив на розвиток аеродинаміки;
- у деяких конструкціях моторних човнів замість традиційного гвинта використовується пристрій, створений за аналогією з хвостом дельфіна. І перелік таких прикладів можна продовжувати.

Важливо, що природні системи відрізняються надійністю, економічністю, доцільністю, гармонійністю, здатністю реагувати на найменші впливи факторів зовнішнього середовища. Тому не дивно, що у процесі свого розвитку людство весь час запозичувало корисні властивості об'єктів живої та неживої природи для створення різних технічних систем. Зазначимо також, що важлива роль природи як джерела нових технічних ідей обумовила виникнення в середині минулого сторіччя *біоніки* – науки на межі фізики, біології, математики та техніки. Гасло цієї науки: «Живі прототипи – ключ до нової техніки», її офіційна емблема – скальпель і паяльник, з'єднані знаком інтеграла [69, с. 191]. Скальпель – символ біології, паяльник – техніки, а інтеграл – символ математики та символ поєднання цих галузей знань.

Майбутній учитель має знати й про те, що в історії розвитку техніки є чимало прикладів, коли дослідники та винахідники висували нові ідеї, інколи марно витрачаючи на їх знаходження багато часу, не підозрюючи, що ці ідеї

закладені у природних системах. З відповідними прикладами також слід ознайомити учнів.

Разом із запропонованим підходом – виявленням корисних («гармонійних») властивостей у системах живої та неживої природи – велику навчальну цінність як для підготовки вчителя фізики, так і для пізнавальної діяльності учнів має організація зворотного пошуку: до винаходів необхідно відшукати аналоги у природі. На ефективність цього підходу для розвитку в учнів творчих здібностей вказує А. А. Давиденко [142]. Він, зокрема, наводить приклади таких аналогів, знайдених учнями самостійно.

Отже, виявлення корисних і гармонійних якостей та елементів у «живих» прототипах (об'єктах живої та неживої природи) й творче застосування цих якостей у подальших розробках є ефективним методичним прийомом, що має бути використаний у процесі підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів (а також безпосередньо в навчальному процесі з фізики у школі). Як ілюстрацію результату, досягненню якого сприяла реалізація запропонованого підходу, розглянемо авторський приклад інноваційного продукту, в основу якого покладено природний аналог.

Пристрій для визначення швидкості й напрямку вітру. Одним із пріоритетних напрямків розв'язання енергетичних проблем сьогодення є впровадження альтернативних (поновлюваних) видів енергії. З урахуванням метеорологічних чинників і географічних умов важливе значення для України має *енергія вітру* [98]. Перетворення кінетичної енергії повітряного потоку в механічну або електричну відбувається за допомогою вітроенергетичних установок (ВЕУ). Однією з важливих характеристик вітру, від якої залежить потужність, що розвиває вітродвигун, є його *швидкість*. Стабілізацію частоти коливань струму й амплітуди напруги електрогенератора ВЕУ, попри постійну зміну швидкості вітру та його напрямку в часі, досягають за допомогою спеціальних пристроїв, основною частиною яких є пристрій для визначення швидкості й напрямку вітру.

Прилади для вимірювання швидкості вітру (або взагалі газових потоків) називаються *анемометрами* (від грецької *anemos* – вітер, та *metreo* – вимірювання). Перший анемометр був винайдений італійцем Леоном Батиста Альберті (у 1450 році). Отже, перед розробниками приладу було поставлено задачу запропонувати конструкцію анемометра, який би був пристосований до роботи у ВЕУ та позбавлений деяких недоліків наявних пристроїв аналогічного призначення. Серед яких:

- відсутність можливості одночасного визначення швидкості та напрямку вітру за допомогою одного пристрою;
- неможливість або складність здійснення цифрової обробки результатів, що також ускладнює зберігання даних, отриманих із датчика;
- знижена точність вимірювання через чималу кількість механічних з'єднань.

Над розв'язанням окресленої задачі працювали представники нашої експериментальної групи: студент четвертого курсу фізичного факультету ЗНУ Володимир Коваленко та двоє учнів – Олександр Оленєв (Запорізький багатoproфільний ліцей № 99, 11 клас) і Микита Турко (Запорізька гімназія № 28, 10 клас). Запропонована ними ідея, що визначила конструкцію інноваційного продукту під назвою «Анемометр» (патент України № 43782 [52]), була запозичена у природи. Вона є доволі простою. Відомо, що рослина, яка хитається вітром (комиш, тополя тощо), здатна витримувати навіть штормові вітри. І зі збільшенням швидкості вітру кут нахилу рослини збільшується, а напрямок її нахилу «автоматично» змінюється залежно від напрямку вітру [49].

За цією аналогією датчиком швидкості вітру в запропонованому анемометрі є парус – легка куля, закріплена на одному з кінців стержня, на іншому його кінці закріплене спрямоване джерело світла (рис. 3.12). За відсутності вітру стержень з кулею займає рівноважне вертикальне положення. При виникненні вітру, вітровий потік чинить тиск на парус. Що більшою є швидкість вітру, то більшим стає кут відхилення стержня від вертикального

положення. Площина, у якій відбувається відхилення стержня, визначається напрямом вітру.

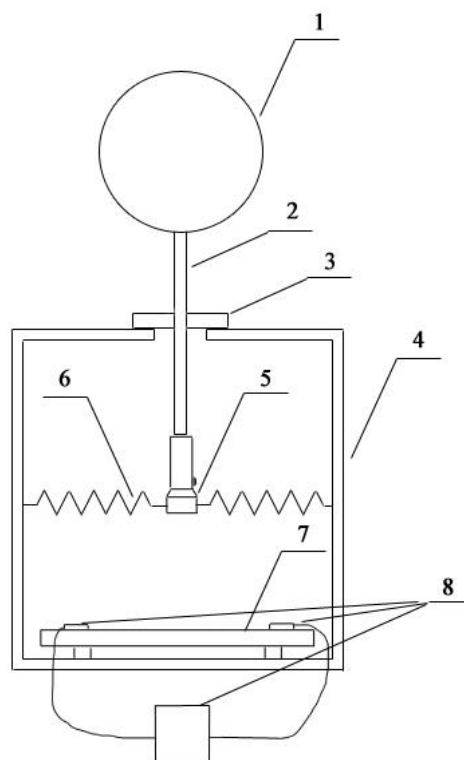


Рис. 3.12. Схема анемометра: парус 1, стержень 2, еластична та герметична прокладка 3, ударостійкий циліндричний корпус 4, спрямоване джерело світла 5, пружина 6, підставка для реєструючої частини 7, реєструючий пристрій 8

Унаслідок відхилення стержня змінюється положення світлового пучка відносно реєструючого пристрою. У діючій моделі анемометра (рис. 3.13) роль реєструючого пристрою виконували два однакові індикаторні мости, кожен із яких складався з двох фотодіодів, двох реостатів і двох мікроамперметрів, підключених один до одного однополярними кінцями (замість двох приладів можна використовувати один, нуль шкали якого знаходиться в середній частині). Для визначення напрямку вітру фотодіоди одного з мостів були орієнтовані на північ та південь, а іншого – на захід та схід.

Наближення пучка світла до фотодіодів спричиняє виникнення в колі електричного струму внаслідок фотоелектричного ефекту. Вимірювання швидкості вітру відбувається амперметром, проградуєваним у відповідних

одиницях (м/с). Вихідний сигнал з реєструючого пристрою також може надходити до нуля-органа системи регулювання ВЕУ.

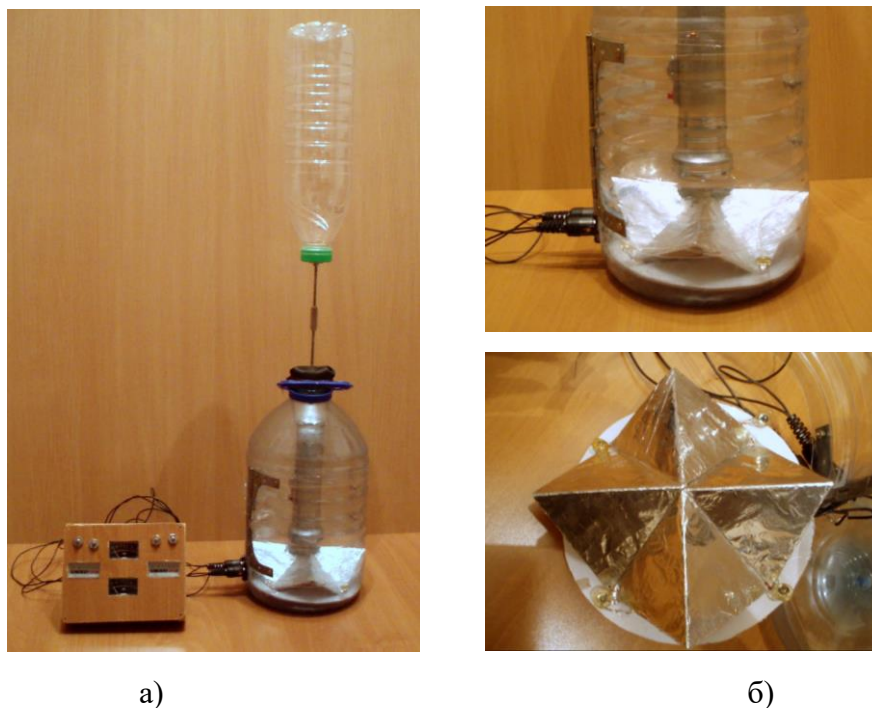


Рис. 3.13. Діюча модель анемометра, виготовлена учнями:

а) загальний вигляд моделі; б) реєструюча частина приладу

На основі аналізу результатів експериментальних досліджень діючої моделі анемометра було запропоновано низку її конструктивних удосконалень. Вони були враховані при виготовленні експериментального зразка приладу (рис. 3.14), який уже можна використовувати на практиці (зокрема як навчальну модель у процесі вивчення фізики).

Головне вдосконалення, яке було реалізоване в експериментальному зразку, стосується реєструючої частини анемометра. Замість індикаторних мостів із фотодіодами було використано матрицю від цифрової фотокамери. Через те, що матриця містить велику кількість пікселів, точність визначення положення пучка світла від рухомого світловода значно підвищується (а, отже, підвищується точність визначення швидкості й напрямку вітру). Крім того, це дає нагоду здійснювати цифрову обробку, представлення та зберігання інформації за допомогою програмного забезпечення комп'ютера.

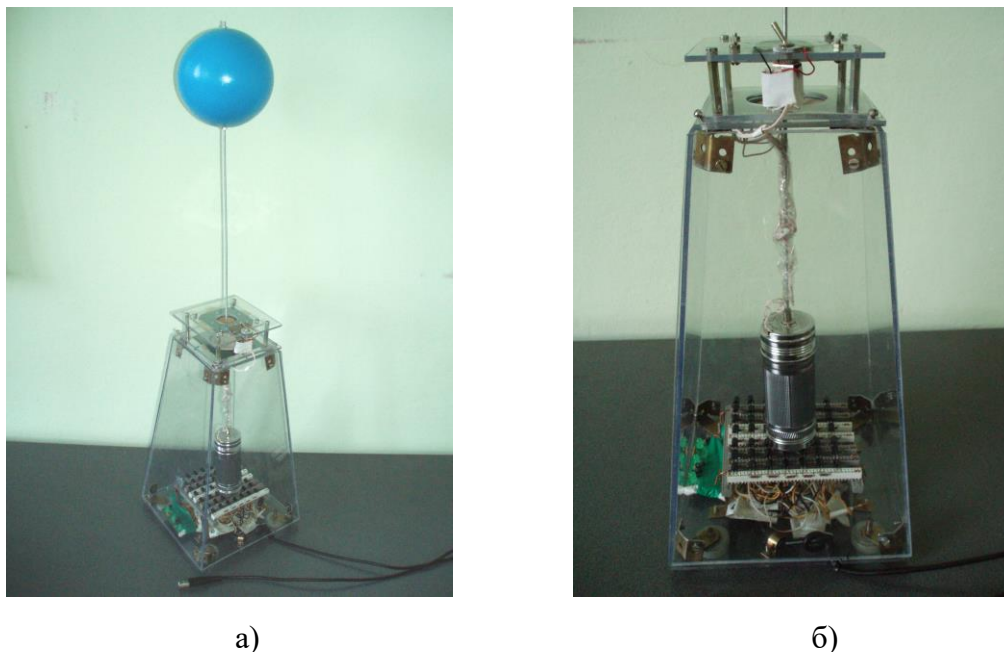


Рис. 3.14. Експериментальний зразок анемометра (патент України № 43782):

а) загальний вигляд; б) реєструюча частина приладу

Основними галузями використання запропонованого анемометра є такі:

- *навчальний експеримент з фізики.* Ознайомлення студентів та учнів із описаною навчальною моделлю анемометра доцільно проводити при вивченні основ аеродинаміки, а також при розгляді питань, пов'язаних із використанням вітрової енергії (зокрема, найсприятливіші умови для ознайомлення учнів із цим приладом створює позаурочна діяльність у різних її формах);
- *системи автоматичного регулювання* робочих параметрів ВЕУ (зокрема, регулювання частоти обертання вітродвигуна та частоти струму та амплітуди напруги генератора). У цьому випадку запропонований анемометр є датчиком швидкості вітру й дозволяє проводити вимірювання незалежно від його напрямку, а також знаходити цей напрям та надсилати результат у вигляді електричного сигналу до реєструючого органу ВЕУ;
- *метеорологічні дослідження.* Описаний прилад може використовуватись, зокрема, на шкільних метеомайданчиках або бути частиною глобальної мобільної метеомережі.

Порівнюючи запропонований нами анемометр з відомими пристроями аналогічного призначення, можна виділити наступні його переваги:

- реалізація вимірювання швидкості вітру в усіх напрямках та визначення його напрямку одним приладом;
- отримання результатів вимірювання у вигляді електричного сигналу;
- можливість цифрової обробки результатів вимірювання;
- відносна простота конструкції приладу.

Розглянутий нами інноваційний продукт «Анемометр» пройшов експертну оцінку на міжнародних та всеукраїнських фізико-технічних конкурсах. Як приклад, укажемо на два з них:

– *Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів – Intel International Science and Engineering Fair (Intel ISEF – 2009)* (травень 2009 р., м. Рено, штат Невада, США). Розробка посіла *III місце* у секції «Фізика та астрономія», а також здобула перемогу ще в декількох номінаціях (зокрема, отримала *Першу премію* Американської метеорологічної асоціації та *Другу премію* Американської асоціації інтелектуальної власності). Представляв розробку на конкурсі, один із її співавторів, Олександр Оленєв (на той час – учень 11 класу Запорізького багатoproфільного ліцею № 99);

– *Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України* (державний етап конкурсу, 2009 р., м. Київ). Виступ Олександра Оленєва з роботою «Датчик швидкості вітру для системи регулювання робочих параметрів ВЕУ» було відзначено *дипломом другого ступеня* на відділенні «Технічні науки» (секція «Електроніка та приладобудування»).

Цікаво, що під час представлення роботи на вищезгаданому конкурсі *Intel ISEF – 2009* учень мав розмову з Нобелівським лауреатом з фізики Дугласом Ошеровим (премію 1996 р. йому було присуджено спільно з Д. Лі та Р. Річардсоном «за відкриття надплинності гелію-3» [159]). Серед іншого, вчений відзначив простоту запропонованої конструкції анемометра, а також ідею її походження від природної системи.

3. Казки та науково-фантастичні твори як джерела виявлення фізико-технічних проблем. Перелік можливих джерел виникнення творчих завдань слід також доповнити *казками та науково-фантастичною літературою*. Дійсно, в історії розвитку науки й техніки відомі випадки, коли казкові об'єкти (ковдри-літаки, чарівне дзеркальце тощо) і фантастичні ідеї, описані письменниками-фантастами, ставали реальністю. Непоодинокими є також випадки, коли з творів наукової фантастики винахідники брали теми для своїх робіт або навіть готові ідеї технічних рішень. Як приклад, вкажемо на розроблення Ю. М. Денисюком у 1962 р. методу отримання об'ємних голограм за допомогою товстошарових фотоемульсій.

Суть методу полягає в наступному. Товстошарова фотоемульсія освітлюється з двох боків опорним і відбитим від об'єкта (предметним) пучками, які йдуть назустріч один одному. У фотоемульсії збуджується система стоячих хвиль, які створюють інтерференційне зображення у вигляді системи площин, утворених в пучностях стоячої хвилі. Тому на об'ємній голограмі фіксується не плоска, а просторова інтерференційна картина (така голограма є подібною до просторової дифракційної решітки).

Особливістю цієї голограми є те, що пучності, які утворені світлом з різною довжиною хвилі, розташовані на різних відстанях одна від одної. Для отримання максимуму інтерференційної картини на голограмі необхідно, щоб різниця ходу Δ хвиль, відбитих від двох сусідніх поверхонь, відстань між якими d , дорівнювала цілому числу довжин хвиль λ , тобто

$$\Delta = 2d \sin \varphi = m\lambda,$$

де m – ціле число; φ – кут відхилення променів від нормалі до площини дифракційної решітки. Тому за допомогою об'ємних голограм можна відтворити зображення немонохроматичним, наприклад сонячним, світлом. Голографічне об'ємне зображення виникне лише для тих хвиль, для яких виконується вказана умова інтерференційного максимуму (голограма виділяє хвилі, довжини яких задовольняють цій умові).

Розповідь Ю. М. Денисюка щодо ідеї створення цього винаходу наведена в посібнику [343, с. 140]. Він, зокрема, зазначає, що на етапі вигадування для себе цікавої тематики, яка б була пов'язана з розв'язанням задачі, що лежить на межі можливостей оптики, раптом пригадав напівзабуте ним оповідання І. А. Єфремова «Тінь Минулого». Нагадаємо, що в цьому оповіданні є епізод, коли в печері в результаті випадкового поєднання умов, виникла подібність фотоапарата – вузький вхід до печери зіграв роль вхідного отвору камери-обскури, а протилежна до входу стіна, вкрита товстим шаром викопної смоли – роль величезної фотопластинки, на якій було відображення миттєвостей давно минулих епох [165, с. 233]. Цей епізод і став першим поштовхом до вибору теми й подальших досліджень, які завершилися винаходом. «Я не лише не спростовую, – зазначає Ю. М. Денисюк, – своєрідної участі І. А. Єфремова в моїй роботі, але й підтверджую її з задоволенням» (цитовано за [343, с. 141]).

Зрозуміло, що ознайомлення з науково-фантастичними творами не завжди закінчується вдалим виявом нової фізико-технічної проблеми й вибором відповідної теми для дослідження – останнє відповідає високому рівню творчості. Однак для навчальних цілей зовсім не обов'язково, щоб ідеї, запропоновані учнями (наприклад, розв'язки задач, конструкції розроблених ними пристроїв), мали елементи об'єктивної новизни. Достатньо, щоб вони були новими для самих учнів.

Останнє уможлиблює реалізацію наступного методичного прийому. Вчитель пропонує учням розв'язати певну винахідницьку задачу, а підказку ідеї її розв'язку (за потреби) вони можуть знайти в указаному вчителем літературному творі або його епізоді. Для прикладу розглянемо одну з задач, що ми використовуємо для засвоєння цього прийому студентами – майбутніми вчителями фізики.

Задача «Фільтр». Потрібно запропонувати конструкцію фільтра, який можна було б швидко очищати від накопиченого пилу (дрібних частинок органічної речовини).

Твором-підказкою для студентів у цьому випадку може бути, наприклад, оповідання С. Ф. Гансовського «Господар бухти» [125]. У ньому описана тварина, яка була здатна розпадатися на величезну кількість мікроскопічних частинок – одноклітинних організмів. У стані спокою ці частинки перебували в завислому у воді стані. А під час полювання, немов за якимось сигналом, одноклітинні частинки об'єднувалися в єдиний організм, і з морського дна піднімався гігантський спрут зі сталевими м'язами [125, с. 43].

У винаході за авторським свідоцтвом № 156133 працює подібна «тварина». Металеві (феромагнітні) частинки утворюють в магнітному полі пористу структуру, що виконує роль фільтра. Коли цей фільтр засмічується пилом, поле вимикають, і фільтр розпадається на окремі частинки («клітини»). При наступному вмиканні поля вони знов «піднімаються» та утворюють структуру фільтра, а пил залишається на дні пристрою. Наш досвід показує, що попереднє ознайомлення студентів та учнів з наведеним оповіданням сприяє розв'язанню цієї задачі. Використання на практиці подібних навчальних ситуацій дозволяє констатувати ефективність запропонованого прийому.

Отже, розвитку у студентів – майбутніх учителів фізики та учнів здатності до виявлення фізико-технічних проблем і вибору теми творчої роботи сприяє вивчення ними систем: створених людиною (нинішній рівень техніки), природних, казкових і фантастичних – з виокремленням у них корисних властивостей. Ці системи можуть бути й джерелами можливих розв'язків певної проблеми.

3.4.2. Подання теоретичних та експериментальних досліджень учнів у вигляді циклу взаємопов'язаних фізичних задач

Проблема застосування учнями знань і вмінь для розв'язання конкретних практичних завдань у процесі вивчення фізики. Важливим етапом здійснення інноваційної діяльності є проведення теоретичного та експериментального дослідження запропонованих творчих рішень. Здебільшого

цей етап має місце після того, як конструкція технічного рішення вже винайдена. Далі необхідно з'ясувати робочі параметри пристрою (потужність, коефіцієнт корисної дії тощо) та перевірити його працездатність шляхом дослідження діючої моделі.

Досвід організації учнівської інноваційної діяльності у навчанні фізики показує, що складність реалізації цього етапу пояснюється, насамперед, тим, що учням потрібно застосовувати свої знання й уміння в *нових* ситуаціях. Адже відомо, що володіння теоретичним матеріалом (знання фізичних законів, формул, явищ тощо) ще не є достатньою умовою сформованості в учнів здатності використовувати його на практиці. Часто учні, усвідомивши завдання, яке слід розв'язати шляхом проведення теоретичного та/або експериментального дослідження пристрою, не знають із чого почати, хоча необхідними для його розв'язання знаннями з фізики та математики вони володіють. Окрім цього, під час здійснення продуктивної діяльності учням доводиться ще й самостійно ставити завдання (теоретичного або експериментального характеру), що потребують розв'язання.

Зазначимо, що окреслена проблема є особливо актуальною для профільного навчання, в умовах якого зростає роль практичної спрямованості навчання фізики, що підвищує вимоги до рівня усвідомленого засвоєння учнями навчального матеріалу, яке б уможливило подальше його застосування на практиці (наприклад, при ознайомленні з новим обладнанням, при оволодінні новими технологіями). Ми поділяємо думку С. У. Гончаренка, Є. В. Коршака, А. І. Павленка та інших [326, с. 119] про те, що застосування набутих знань у нових (змінених) ситуаціях є найвищим рівнем засвоєння навчального матеріалу. Тому вчитель повинен будувати процес навчання фізики так, щоб учні отримували змогу набувати певний досвід застосування здобутих знань і вмінь для розв'язання конкретних практичних проблем.

Отже, у процесі професійної підготовки майбутніх учителів фізики слід приділяти увагу засвоєнню методів і прийомів, використання яких у подальшій педагогічній діяльності заохочувало б учнів до усвідомленого вивчення

навчального матеріалу з фізики, сприяло б формуванню в них здатності використовувати набуті знання для розв'язання практичних задач (зокрема, для здійснення теоретичних та експериментальних досліджень в інноваційних розробках) та дозволяло б учням проявляти творчу ініціативу. Розв'язанню окресленої проблеми сприяють такі методи:

1. Професійно-орієнтована технологія навчання фізики. Як зазначає Л. Ю. Благодаренко, ця технологія забезпечує, окрім іншого, формування в учнів навичок навчально-практичної та професійної діяльності, а також усвідомлення ними можливостей щодо застосування набутих знань і навичок у професіях фізико-технічного профілю [79].

2. Упровадження спецкурсів для різних профілів навчання. Їх функції, зазначають С. М. Стадніченко, М. І. Садовий, О. М. Трифонова [369] пов'язані з підтримкою профілю навчання, задоволенням пізнавальних інтересів учнів, поглибленням змісту навчального матеріалу тощо.

3. Проектна та дослідницька діяльність учнів. На особливу перспективність цього методу навчання фізики вказують вчені В. Ф. Дмитрієва та П. І. Самойленко [152]. Вони зазначають, що цей метод, окрім іншого, сприяє активізації пізнавальних інтересів учнів, розвитку їх творчих здібностей. Позитивним також є те, що більшість проектів мають практичну значущість. Про досвід використання проектної технології йдеться, наприклад, у [315].

4. Розв'язування задач як метод навчання дозволяє розвивати в учнів уміння застосовувати набуті ними знання у практичній діяльності, зокрема для розв'язування справжніх (а не лише навчальних) задач у певних галузях науки й техніки. Особливе значення для цього має відігравати розв'язування задач з технічним змістом, що, за словами С. У. Гончаренка, Є. В. Коршака, А. І. Павленка та інших [326, с. 98], дає нагоду глибше зрозуміти фізичні закони, а також сприяє формуванню вміння застосовувати набуті знання в конкретній виробничій ситуації.

Наведені методи навчання лише частково розв'язують окреслену проблему. Перший із названих методів потребує впровадження професійно

зорієнтованої технології навчання фізики, другий – передбачає організацію окремого виду початкової діяльності – проведення спецкурсів. Третій – вказує на можливість формування в учнів здатності використовувати засвоєний теоретичний матеріал у практичній діяльності через організацію їх роботи над навчальними проектами. Зрозуміло, що ці проекти можуть мати й інноваційний характер. Тому у випадку нашого дослідження інноваційна діяльність учнів, що здійснюється у процесі навчання фізики, може виступати і як мета, і як засіб досягнення цієї мети. Останнє означає, що формування в учнів здатності проводити теоретичне та експериментальне дослідження можна успішно здійснювати під час організованої відповідним чином роботи над інноваційною розробкою. Відповідно до четвертого з указаних методів, таку діяльність учнів можна ефективно будувати на задачному підході. Основні положення наведених методів навчання використані нами для створення авторського методичного підходу. Розглянемо далі його основні методичні особливості.

Представлення учнівських досліджень у вигляді циклу взаємопов'язаних фізичних задач. Нами запропоновано методичний підхід до формування в учнів здатності проводити теоретичні та експериментальні дослідження, що є відповідними етапами роботи над інноваційною розробкою, шляхом представлення цих досліджень у вигляді циклу більш простих і логічно взаємопов'язаних фізичних задач.

Цей підхід слід вважати таким, що має новизну, попри те, що він ґрунтується на вже відомому задачному методі (згідно з яким навчання відбувається у процесі розв'язування фізичних задач). Відмінна ознака підходу – те, що самі фізичні задачі є окремими взаємопов'язаними кроками розв'язання більш складної технічної проблеми (завдання), що пов'язана з теоретичним та/або експериментальним дослідженням певного пристрою. Наукова новизна кінцевого результату (освітнього продукту) може бути як об'єктивною (тобто виходити за сучасний рівень техніки), так і суб'єктивною (такою, що має місце лише для учня). Досвід показує, що використання цього підходу сприяє формуванню в учнів внутрішніх (пізнавальних) мотивів до

навчальної діяльності (у них з'являється інтерес в отриманні результатів дослідження), що також сприяє усвідомленому використанню теоретичних знань у нових ситуаціях.

Основні принципи реалізації цього підходу розглянемо на прикладі конкретного дослідження, проведеного представниками нашої експериментальної групи: студенткою 5 курсу фізичного факультету ЗНУ Юлією Шаповал (виступила керівником у групі розробників) та учнями 10 класу – Андрієм Тричевим (Василівська гімназія «Сузір'я», м. Василівка, Запорізька область) і Микитою Турком (Запорізька гімназія № 28). Виконане ними дослідження було пов'язане з визначенням ефективності застосування теплових екранів для зменшення витрат на обігрів будівель ЗНУ (насамперед, його навчальних корпусів та гуртожитків). Робота над цим інноваційним проектом проводилася, головним чином, у позаурочний час (на заняттях винахідницького гуртка, керівником якого є автор монографії). Наведемо далі формулювання технічного завдання.

Завдання «Тепловий екран». Один зі способів зменшення витрат на обігрів житлових будинків полягає в застосуванні теплоізоляційних матеріалів. Наприклад, встановлення фольгованого теплового екрана на стіні за радіатором опалення дозволяє знизити втрати теплової енергії. Наочно продемонструвати зниження температури зовнішньої поверхні ділянки стіни, що розташована за радіатором опалення, можна шляхом обстеження стіни тепловізором (рис. 3.15). Необхідно:

- а) оцінити зменшення теплових втрат унаслідок встановлення теплового екрана (наприклад, з ізолону) між радіатором опалення та стіною;
- б) визначити економію від упровадження цього заходу енергозбереження впродовж опалювального сезону та його термін окупності.

Розв'язування наведеного завдання за своїм змістом можна представити як розв'язування еквівалентного циклу більш простих і відносно незалежних одна від одної (але логічно взаємопов'язаних) фізичних задач. Розглянемо ці задачі.

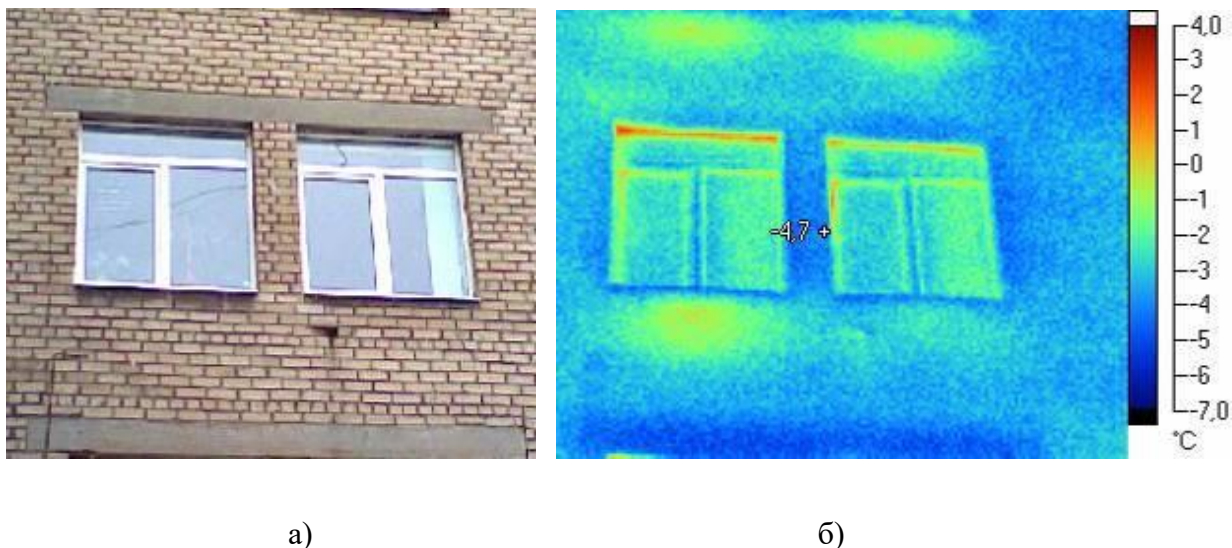


Рис. 3.15. Ділянка стіни, сфотографована фотокамерою (а) та тепловізором (б): під правим вікном встановлено тепловий екран (з ізолону), під лівим – тепловий екран відсутній

Задача 1. Знайдіть стаціонарний розподіл температури в цегляній стіні, поверхні якої підтримуються при сталих температурах T_1 і T_2 (для визначеності $T_1 > T_2$). Стіну вважайте нескінченною однорідною плоскопаралельною пластиною товщиною d .

Розв'язання. Явище теплопровідності описується законом Фур'є. У загальному вигляді формула закону Фур'є має доволі складний вигляд. Проте в деяких частинних випадках, наприклад, при знаходженні втрат тепла через стіни будівлі, справедлива спрощена форма закону Фур'є. Кількість теплоти, що передається за час τ через ділянку однорідного шару речовини товщиною dx і площею S дорівнює (κ – теплопровідність речовини):

$$Q = \kappa \frac{dT}{dx} S \tau. \quad (3.26)$$

У нашій задачі вісь x – пряма, що перпендикулярна до стіни (пластини). Початок координат виберемо на площині пластини, де підтримується температура T_1 . Згідно з умовою задачі пластина є однорідною ($\kappa = \text{const}$), і її поверхні підтримуються при сталих

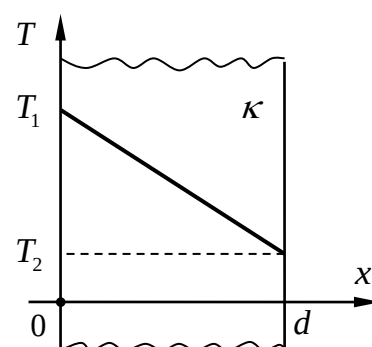


Рис. 3.16. Розподіл температури у стіні

температурах T_1 і T_2 ($T_1 > T_2$). Тому через кожний шар речовини пластини (перпендикулярний осі x) передається одна й та ж кількість теплоти. При цьому градієнт температури є сталим:

$$\frac{dT}{dx} = \text{const}.$$

Позначивши сталу в останньому виразі буквою A та інтегруючи його, отримуємо (B – друга стала інтегрування)

$$T = Ax + B.$$

Отже, температура вздовж осі x змінюється за лінійним законом (рис. 3.16). Сталі A і B знайдемо з крайових умов:

$$T(0) = T_1; \quad T(d) = T_2.$$

Отримуємо систему рівнянь:

$$T_1 = B,$$

$$T_2 = A \cdot d + B.$$

Визначивши з неї сталі A і B , дістанемо розподіл температури у вигляді:

$$T = \frac{T_2 - T_1}{d} \cdot x + T_1.$$

Якщо за радіатором опалення встановлено тепловий екран (наприклад, шар фольгованого теплоізолятора – ізолону), то розподіл температури у стіні зміниться. Зі знаходженням цього розподілу пов'язана наступна задача.

З а д а ч а 2. *Стіна складається з двох частин: цегляної кладки товщиною d_1 і теплопровідністю κ_1 та шару теплоізоляційного матеріалу товщиною d_2 і теплопровідністю κ_2 (рис. 3.17). Зовнішні поверхні стіни підтримуються при сталих температурах T_1 і T_2 (причому $T_1 > T_2$). Знайдіть температуру T_3 на межі розділу теплоізолятора та цегляної кладки. Виразіть також спад температури ΔT_2 у цегляній кладці через різницю температур $\Delta T_1 = T_1 - T_2$ на зовнішніх поверхнях стіни.*

Розв'язання. Розглянемо однорідну плоскопаралельну пластину товщиною d і теплопровідністю κ , поверхні якої підтримуються при сталих температурах T_0 і T (вважатимемо $T_0 > T$). Згідно з результатами задачі 1 температура усередині такої пластини змінюється лінійно. Тому у формулі (3.26) закону Фур'є градієнт температури

dT/dx можна замінити відношенням $(T_0 - T)/d$. Тоді кількість теплоти, що передається за час τ через ділянку площею S цієї пластини, дорівнює

$$\kappa \frac{T_0 - T}{d} S \tau.$$

Отже, відповідно до умови нашої задачі кількість теплоти Q , що проходить через шар теплоізоляційного матеріалу (тепловий екран) за час τ , дорівнюватиме:

$$Q = \kappa_2 \frac{T_1 - T_3}{d_2} S \tau,$$

де S – площа теплового екрана.

Оскільки процес є стаціонарним, така ж кількість теплоти проходить і через цегляну кладку:

$$Q = \kappa_1 \frac{T_3 - T_2}{d_1} S \tau.$$

Прирівнюючи праві частини останніх виразів, отримуємо рівняння

$$\kappa_2 \frac{T_1 - T_3}{d_2} S \tau = \kappa_1 \frac{T_3 - T_2}{d_1} S \tau,$$

з якого знаходимо T_3 :

$$T_3 = \frac{T_1 \kappa_2 d_1 + T_2 \kappa_1 d_2}{\kappa_1 d_2 + \kappa_2 d_1}.$$

Для спаду температури $\Delta T_2 \equiv T_3 - T_2$ в цегляній кладці дістаємо:

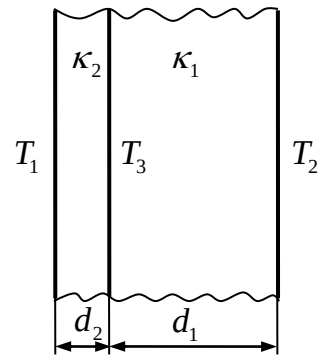


Рис. 3.17. Двошарова стіна

$$\Delta T_2 \equiv T_3 - T_2 = \frac{(T_1 - T_2) \kappa_2 d_1}{\kappa_1 d_2 + \kappa_2 d_1} = \Delta T_1 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\kappa_1 d_2}{\kappa_2 d_1}}.$$

Задача 3. Оцініть відносну ефективність використання наведених речовин для зменшення теплових втрат через теплопровідність. Для цього прийнявши товщину стіни із силікатної цегли за одиницю (1 м) знайдіть ефективну (еквівалентну) товщину іншого матеріалу. Речовини: залізобетон, цегла силікатна, деревина (сосна), сніг, скловата, пінопласт, повітря.

Розв'язання. Розглянемо плоскопаралельну пластину з певного матеріалу теплопровідністю κ . Нехай товщина пластини d , а її поверхні підтримуються при сталих температурах T_1 і T_2 (вважатимемо $T_1 > T_2$). Тоді кількість теплоти Q , що передається за час τ через ділянку площею S пластини, дорівнюватиме:

$$Q = \kappa \frac{T_1 - T_2}{d} S \tau. \quad (3.27)$$

Прийнявши товщину стіни із силікатної цегли теплопровідністю κ_1 за одиницю ($d_1 = 1$ м), знаходимо ефективну (еквівалентну) товщину d іншого матеріалу теплопровідністю κ з умови, що при однакових S і τ та різниці температур $T_1 - T_2$ він передає таку саму кількість теплоти, що й цегляна стіна. Прирівнюючи праві частини виразів для кількості теплоти, що передається відповідно через цегляну стіну та через стіну з іншого матеріалу:

$$Q = \kappa_1 \frac{T_1 - T_2}{d_1} S \tau, \quad Q = \kappa \frac{T_1 - T_2}{d} S \tau,$$

отримуємо формулу:

$$d = d_1 \cdot \frac{\kappa}{\kappa_1}.$$

Враховуючи, що для силікатної цегли $\kappa_1 = 0,7$ Вт/(м·К), знаходимо ефективні товщини матеріалів, які відповідають товщині цегляної стіни $d_1 = 1$ м (результати в табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Порівняння деяких речовин за їх теплопровідністю

Речовина	Теплопровідність κ , Вт/(м·К)	Ефективна товщина шару речовини, м
Цегла силікатна	0,81	1
Залізобетон	1,7	2,1
Деревина (сосна)	0,15 (перпендикулярно волокнам) 0,36 (уздовж волокон)	0,19 0,44
Сніг	0,1 (не ущільнений) 0,4 (ущільнений)	0,12 0,5
Скловата	0,05	0,06
Пінопласт	0,04	0,05
Повітря	0,025	0,03

Задача 4. Оцініть тепловий потік через ділянку стіни за радіатором опалення (до встановлення теплового екрана). Середня температура поверхні стіни за радіатором T_1 , а середня температура стіни зовні приміщення T_2 (визначається температурою повітря надворі). Товщина стіни d , її теплопровідність κ .

Розв'язання. Перепишемо формулу (3.27) у вигляді

$$\frac{Q}{S\tau} = \kappa \frac{T_1 - T_2}{d}.$$

Уведемо позначення

$$\frac{Q}{S\tau} \equiv q,$$

де q – тепловий потік, який чисельно дорівнює кількості теплоти, що передається через одиницю площі поверхні (перпендикулярно до цієї поверхні) за одиницю часу. Маємо

$$q = \kappa \frac{T_1 - T_2}{d}. \quad (3.28)$$

Величину d/κ часто називають *термічним опором* і позначають через R :

$$R \equiv d/\kappa. \quad (3.29)$$

У цьому випадку формула (3.28) набирає вигляду:

$$q = \frac{T_1 - T_2}{R}. \quad (3.30)$$

Остання формула нагадує закон Ома для однорідної ділянки електричного кола:

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R_{\text{ел}}},$$

де $R_{\text{ел}}$ – електричний опір ділянки кола.

Формула (3.30) часто дозволяє спростити розрахунки в задачах на теплопровідність.

Задача 5. Оцініть тепловий потік через ділянку стіни за радіатором опалення після закріплення на ній теплового екрана (шару теплоізоляційного матеріалу). Екран можна вважати плоскопаралельною пластиною товщиною d_2 і теплопровідністю κ_2 . Товщина цегляної кладки d_1 , її теплопровідність κ_1 . Температура поверхні теплового екрана, що обернена до радіатора, дорівнює T_1 , а температура стіни зовні приміщення дорівнює T_2 . Врахувати, що при закріпленні теплового екрана між поверхнею стіни й екраном залишається повітряний прошарок товщиною d_3 і теплопровідністю $\kappa_3 = 0,025 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Розв'язання. Тепловий потік після встановлення теплового екрана дорівнює

$$q_{\text{з екраном}} = \frac{T_1 - T_2}{R}, \quad (3.31)$$

де R – еквівалентний термічний опір стіни з тепловим екраном (з урахуванням повітряного прошарку).

Знайдемо R (рис. 3.18). Теплові потоки через окремі шари 1, 2 та 3 однакові:

$$q = q_1 = q_2 = q_3. \quad (3.32)$$

А різниця температур (тепловий напір) між зовнішніми поверхнями такої неоднорідної стіни дорівнює:

$$\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3. \quad (3.33)$$

де ΔT_1 , ΔT_2 , ΔT_3 – спади температур на окремих ділянках 1, 2 та 3 відповідно.

Спади температур на певному шарі речовини можна виразити через тепловий потік і термічний опір цього шару. Тому вираз (3.33) набирає вигляду

$$qR = q_1 R_1 + q_2 R_2 + q_3 R_3.$$

Звідки, з урахуванням (3.32), дістаємо вираз для еквівалентного термічного опору неоднорідної стіни:

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

Або з урахуванням формули (3.29)

$$R = \frac{d_1}{\kappa_1} + \frac{d_2}{\kappa_2} + \frac{d_3}{\kappa_3}. \quad (3.34)$$

Підставляючи формулу (3.34) в (3.31), отримаємо вираз для теплового потоку через стіну з тепловим екраном:

$$q_{\text{з екраном}} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{d_1}{\kappa_1} + \frac{d_2}{\kappa_2} + \frac{d_3}{\kappa_3}}.$$

З а д а ч а 6. В умовах попередніх двох задач знайдіть зменшення теплових втрат унаслідок використання теплового екрана загальною площею S упродовж часу τ .

Р о з в ' я з а н н я . Використавши результати попередніх двох задач, знайдемо зменшення теплового потоку через стіну після встановлення теплового екрана:

$$\Delta q = q_{\text{без екрана}} - q_{\text{з екраном}} = \left(\frac{T_1 - T_2}{R_1} - \frac{T_1 - T_2}{R_1 + R_2 + R_3} \right) = (T_1 - T_2) \left(\frac{\kappa_1}{d_1} - \frac{1}{\frac{d_1}{\kappa_1} + \frac{d_2}{\kappa_2} + \frac{d_3}{\kappa_3}} \right).$$

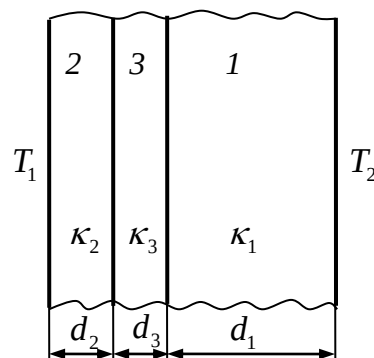


Рис. 3.18. Структура теплової ізоляції стіни:

1 – шар цегляної кладки; 2 – тепловий екран; 3 – повітряний прошарок

Остання формула дозволяє обчислити зменшення втрат теплової енергії з 1 м^2 теплового екрана впродовж 1 с. Зменшення втрат тепла із сумарної площі S теплового екрана впродовж часу τ складає:

$$Q = \Delta q \cdot S \tau = (T_1 - T_2) \left(\frac{\kappa_1}{d_1} - \frac{1}{\frac{d_1}{\kappa_1} + \frac{d_2}{\kappa_2} + \frac{d_3}{\kappa_3}} \right) S \tau. \quad (3.35)$$

Зазначимо, що залежно від призначення теплоізоляційні матеріали можуть мати фольговане покриття з високою відбивною здатністю до інфрачервоних променів. Останнє й обумовлює відповідну назву для таких теплоізоляторів – теплові екрани. Прикладом такого матеріалу є ізолон. Він складається із шару пінополіетилену, на який нанесено (з одного або з обох боків) алюмінієву фольгу товщиною $\sim 10 \text{ мкм}$.

Задача 7. Запропонуйте, як експериментальним шляхом визначити зменшення теплових втрат завдяки використанню фольгованого теплового екрана з урахуванням його відбивної здатності.

Розв’язання. Знайти зменшення теплових втрат при використанні фольгованого теплового екрана не складно. Для цього достатньо, наприклад, виміряти температуру T_3 поверхні стіни за екраном (це можна зробити за допомогою пірометра) і безпосередньо обчислити тепловий потік через стіну:

$$q_{\text{з екраном}} = \kappa \frac{T_3 - T_2}{d},$$

де κ , d – теплопровідність і товщина стіни відповідно; T_2 – температура поверхні стіни зовні приміщення.

Тепловий потік через стіну без екрана дорівнює:

$$q_{\text{без екрана}} = \kappa \frac{T_1 - T_2}{d},$$

де T_1 – температура поверхні стіни за радіатором (без екрана).

Зменшення теплового потоку внаслідок використання теплового екрана:

$$\Delta q = q_{\text{без екрана}} - q_{\text{з екраном}} = \frac{\kappa}{d} (T_1 - T_3).$$

Отже, зменшення теплових втрат при використанні теплового екрана через ділянку стіни площею S упродовж часу τ складає:

$$Q = \Delta q \cdot S \tau = \frac{\kappa}{d} (T_1 - T_3) S \tau. \quad (3.36)$$

З а д а ч а 8. *Оцініть економію теплової енергії (у гривнях) упродовж часу τ та термін його окупності. Приміщення має N однакових радіаторів опалення. Площа ділянки стіни за радіатором (площа теплового екрана) S_0 . Тариф на спожиту теплову енергію для населення B . Ціна 1 м² екрана C_0 .*

Р о з в ' я з а н н я . Вартість зекономленої впродовж часу τ теплової енергії:

$$W = Q \cdot B, \quad (3.37)$$

де Q – зменшення теплових втрат упродовж часу τ (формули (3.35) та (3.36)).

Вартість встановлення теплового екрана площею $S = S_0 N$ (без урахування витрат на монтаж):

$$C = C_0 \cdot S_0 N. \quad (3.38)$$

Використовуючи формулу (3.36), знайдемо економію від використання екрана впродовж однієї доби ($\tau_0 = 24 \text{ год} = 86400 \text{ с}$):

$$W_0 = Q_0 \cdot B = \frac{\kappa}{d} (T_1 - T_3) S \tau_0 \cdot B. \quad (3.39)$$

Термін окупності екрана $\tau_{\text{ок}}$ (у добах) чисельно дорівнює відношенню витрат на встановлення (придбання та монтаж) теплового екрана до добової економії, отриманої від його використання:

$$\tau_{\text{ок}} = C / W_0. \quad (3.40)$$

Оцінимо економію теплової енергії від використання теплового екрана з фольгованого теплоізолятора (ізолон) товщиною 5 мм на прикладі конкретного приватного будинку.

Вихідні дані для розрахунку:

- товщина цегляної стіни $d_1 = 0,4 \text{ м}$, її теплопровідність $\kappa_1 = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
 - температура поверхні стіни (екрана) за радіатором $T_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура поверхні стіни ззовні приміщення $T_2 = -5 \text{ }^\circ\text{C}$ (середня температура

впродовж опалювального сезону); температура поверхні стіни за тепловим екраном $T_3 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (вимірювання температури поверхонь стіни учні проводили за допомогою пірметра Fluke 62 mini (рис. 3.19));

- площа ділянки стіни за радіатором $S_0 = 1\text{ м}^2$; кількість радіаторів $N = 10$;
- тривалість доби $\tau_0 = 24\text{ год} = 86400\text{ с}$; тривалість опалювального сезону

$\tau_1 = 6\text{ місяців} = 15768000\text{ с}$;

- ціна 1 м^2 теплового екрана $C_0 = 50\text{ грн/м}^2$; тариф на спожиту теплову енергію (дані станом на липень 2017 р.): для населення $B = 1414,45\text{ грн/Гкал}$; для бюджетних установ $B = 1328,34\text{ грн/Гкал}$ (тут враховано, що $1\text{ кал} \approx 4,2\text{ Дж}$).



Рис. 3.19. Вимірювання температури пірметром Fluke 62 mini

Результати розрахунків:

1. Зменшення втрат теплової енергії у приватному будинку внаслідок використання теплових екранів (формула (3.36)):

- упродовж доби $Q_0 = 3,02 \cdot 10^7\text{ Дж}$;
- упродовж опалювального сезону $Q_1 = 5,52 \cdot 10^9\text{ Дж}$.

2. Вартість зекономленої теплової енергії, що розрахована за тарифом для населення (формула (3.37)):

- упродовж доби $W_0 = 10,2\text{ грн}$;
- упродовж опалювального сезону $W_1 = 1859\text{ грн}$.

3. Вартість встановлення теплових екранів у будинку (враховуємо лише витрати на придбання) (формула (3.38)) $C = 500\text{ грн}$.

4. Термін окупності розглянутого заходу енергозбереження (формула (3.40)) $\tau_{\text{ок}} \approx 50\text{ діб}$.

Зазначимо, що вартість зекономленої теплової енергії в цьому прикладі, що розрахована за тарифом для бюджетних установ, складе: упродовж доби

$W_0 = 9,6$ грн; упродовж опалювального сезону $W_1 = 1741,3$ грн. А термін окупності цього засобу енергозбереження складе $\tau_{\text{ок}} \approx 52$ доби.

Важливо, щоб учитель привчав учнів робити висновки за результатами проведених ними теоретичних та експериментальних досліджень. Результати наведеного дослідження ефективності застосування теплоізоляційних матеріалів дозволяють зробити висновок про доцільність використання теплових екранів за радіаторами опалення.

Розроблення подібних циклів задач, що виступають окремими кроками теоретичного або експериментального дослідження певного інноваційного продукту, має також велике навчальне значення для підготовки майбутніх учителів фізики. У межах експериментального навчання залучення студентів предметної спеціальності 014.08 «Середня освіта (фізика)» до такої діяльності відбувалося у процесі вивчення дисциплін «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» (освітній ступінь бакалавр) та «Організація навчально-дослідної діяльності старшокласників» (освітній ступінь магістр). Певний досвід у структуруванні дослідження інноваційної розробки за простішими фізичними задачами можуть набувати й учні (насамперед, на факультативних заняттях з фізики та в позаурочній роботі).

На завершення розгляду запропонованого підходу, зазначимо, що, згідно з нашими спостереженнями, у деяких інноваційних розробках виявляють бажання взяти участь навіть учні з невисоким рівнем навчальних досягнень з фізики. Тому вчитель має важливе завдання – залучити до роботи й таких учнів. Їм, наприклад, можна запропонувати ознайомитися з завершеними теоретичними (експериментальними) дослідженнями певних інноваційних продуктів, що вже були представлені на творчих фізико-технічних конкурсах. Представлення розв'язання складної проблеми у вигляді циклу відносно незалежних задач дозволить таким учням самотійно проводити поетапне ознайомлення з роботою, крок за кроком засвоюючи невеликі за обсягом змістовні блоки.

Отже, запропонований нами методичний підхід до формування в учнів здатності щодо проведення теоретичних та експериментальних досліджень (що є відповідними етапами створення інноваційного продукту), полягає у представленні цих досліджень у вигляді циклу простіших і логічно взаємопов'язаних фізичних задач, які є окремими кроками розв'язання більш складної технічної проблеми. Використання цього підходу сприяє формуванню в учнів внутрішніх (пізнавальних) мотивів до навчальної діяльності (у них з'являється інтерес в отриманні результатів дослідження), що також сприяє усвідомленому використанню теоретичних знань у нових ситуаціях. Розглянутий методичний підхід нами реалізовано також у процесі професійної підготовки майбутніх учителів фізики, зокрема під час виконання ними індивідуальних завдань з дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики».

3.4.3. Використання завдань на конструювання та моделювання в навчальній діяльності учнів

Важливим змістовим компонентом інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики є розроблення й виготовлення діючої моделі запропонованого технічного рішення, її експериментальне дослідження, апробація експериментального зразка у реальних умовах, а також упровадження розробки. Для успішного здійснення цих етапів діяльності потрібна відповідна *політехнічна підготовка* учнів. Актуальність проблеми політехнічної підготовки у наш час пояснюється також бурхливим розвитком науки й техніки, новітніх технологій. Учені М. І. Шут, М. Т. Мартинюк, Л. Ю. Благодаренко зазначають: «Підходи до висвітлення технічних застосувань фізики, що мають розглядатися в основній школі, є однією з важливих методичних проблем, а саме оновлення політехнізації навчання фізики у контексті гуманізації загальної середньої освіти» [433].

У теорії та методиці навчання фізики політехнічну підготовку розглядають і як мету навчання, і як засіб підвищення якості знань. Її реалізація у процесі навчання фізики передбачає:

- засвоєння учнями знань, які пов'язані з застосуванням фізичних законів і явищ на практиці, із конструкцією та принципом дії технічних пристроїв, із науковими основами сучасного виробництва, з розв'язанням важливих проблем (наприклад, енергетичних та екологічних). Навчальною програмою з фізики передбачено вивчення великої кількості технічних пристроїв. Наприклад, у розділі «Електродинаміка» учні мають справу з електровимірювальними приладами (гальванометр, амперметр, вольтметр, омметр, електричний лічильник, ватметр, осцилограф), з електротехнічними пристроями (конденсатор, резистор, реостат, магазин опорів, котушка індуктивності, трансформатор, гучномовець, мікрофон тощо), з електричними машинами постійного та змінного струму, з напівпровідниковими приладами (діод, транзистор тощо);

- набуття учнями політехнічних умінь, до яких, передусім, відносять уміння вибирати прилади для експерименту, уміння користуватися цими приладами, уміння оцінювати похибки вимірювань та вибирати спосіб вимірювання з мінімальними похибками, уміння складати прості схеми (електричні, оптичні, механічні) за їх кресленнями та проводити зворотну операцію, уміння планувати фізичний експеримент та проводити обробку отриманих результатів;

- формування особистісних якостей і власного досвіду (зокрема, творчої ініціативи, дбайливого відношення до об'єктів природи й техніки).

Отже, у процесі навчання студентів – майбутніх учителів фізики слід також приділяти увагу вивченню та розробці нових підходів і методів здійснення політехнічної підготовки учнів (зокрема, таких, що стимулювали б пізнавальну діяльність учнів щодо засвоєння політехнічного матеріалу та дозволяли б їм проявляти творчу ініціативу).

Які методи й організаційні форми сприяють політехнічній підготовці учнів? Важливе значення для засвоєння політехнічного матеріалу мають: пояснення вчителем практичних застосувань фізичних явищ і законів, демонстрація принципу дії машин та технічних установок, демонстрація фільмів з фізико-технічним змістом, розв'язування фізичних задач з техніко-виробничими даними, проведення екскурсій на виробництво [277, с. 161]. Особливе значення для політехнічної освіти належить:

- організації вчителем самостійних спостережень, конструювання та моделювання учнями [86, с. 34], [455];
- навчальному фізичному експерименту (у вигляді демонстраційних дослідів, фронтальних лабораторних робіт, фізичного практикуму та експериментальних задач);
- залученню учнів до роботи у фізико-технічних гуртках.

З науково-методичної літератури відомі *завдання на конструювання та моделювання* (тобто такі, що спрямовані на розробку та виготовлення діючих моделей нескладних пристроїв). Саме вони мають велику навчальну цінність для набуття учнями політехнічних знань і вмінь. У посібнику В. Г. Разумовського, А. Т. Глазунова, В. О. Фабриканта та інших [397, с. 134] наголошується на тому, що модель, як доступний для віку учнів об'єкт творчої розробки, набуває виняткове значення у процесі засвоєння ними науково-технічних знань, вироблення творчих навичок, розвитку здібностей.

Проте не секрет, що в педагогічній практиці завдання на конструювання та моделювання використовують рідко й головним чином як домашнє завдання. Часто вчителі взагалі уникають таких завдань, оскільки організація їх виконання потребує певної методичної підготовки та чималих витрат часу. Тому важливо, щоб досвід розроблення й використання таких завдань учителі фізики отримували ще під час навчання в університеті. Наведемо далі деякі методичні вказівки щодо місця застосування завдань на конструювання та моделювання в навчальному процесі з фізики, а також розглянемо структуру процесу виконання учнями цих завдань.

Ще П. О. Знаменський вказував, що лабораторні заняття як складова методичної системи навчання фізики можуть відігравати неабияку роль для формування в учнів практичних умінь і навичок та для розширення їх політехнічного кругозору [181, с. 19]. Але це можливо лише за умови вдалої постановки та організації проведення лабораторних робіт. Зокрема, у змісті цих робіт, вважає В. П. Вовкотруб [111], мають бути передбачені завдання на складання й випробування технічних пристроїв, що мають широке застосування, наприклад, у побуті. Згідно із сучасними вимогами до розвитку в учнів творчих здібностей і навичок самостійного наукового пізнання, при проведенні лабораторних занять слід використовувати *рівневий підхід* до виконання експериментальних завдань. Окрім іншого, такий підхід дає нагоду визначати рівень творчості учня за ступенем самостійності під час виконання завдань. В. П. Вовкотруб [112] висвітлює досвід реалізації цього підходу на прикладі експериментальних завдань з молекулярної фізики.

У підрозділі 3.3 нами висвітлено авторський підхід до створення та проведення лабораторних робіт з фізики, що уможливлює залучення студентів (учнів) до інноваційної діяльності. Серед інших удосконалень запропоновано включати до переліку додаткових творчих задач завдання на конструювання та моделювання (насамперед, ідеться про додаткові винахідницькі та конструкторські задачі). Як показує досвід проведення вказаних лабораторних робіт, саме у процесі виконання подібних завдань відбувається *усвідомлене* засвоєння знань, пов'язаних із призначенням, конструкцією та принципом дії різних технічних пристроїв, успішно формуються політехнічні вміння й навички, а також набувається особистий досвід щодо їх практичного використання у процесі конструкторської діяльності. Ефективність такого підходу підвищується ще й тому, що діяльність студента (учня) стає для нього суб'єктивно цікавою, адже остаточний результат (певний освітній продукт) є для нього важливим. Тому не поодинокими є випадки, коли результатом такої роботи стають інноваційні продукти (новизна яких засвідчується патентом на винахід (або корисну модель)).

З'ясуємо структуру процесу розв'язання таких завдань [5]. Як приклад розглянемо методичні особливості процесу створення представниками нашої експериментальної групи інноваційного освітнього продукту «Демонстраційний магазин опорів» [146], що має не лише навчальне, але й практичне значення. Його співавторами стали: студент 5 курсу фізичного факультету ЗНУ Ярослав Івашкевич (керівник групи розробників пристрою); студенти 1 курсу Економіко-правничого коледжу ЗНУ Андрій Попов та Павло Голубєв та учень 10 класу Василівської гімназії «Сузір'я» (м. Василівка Запорізької області) Артур Коколенко. Робота над зазначеним винаходом проводилася здебільшого в позаурочний час. Передумовою його створення стала одна з додаткових задач до авторської лабораторної роботи «Вимірювання електричного опору провідника». Наведемо умову цієї задачі (вона також є авторською).

Задача «Магазин опорів». Як із шести резисторів 1 Ом, 2 Ом, 4 Ом, 8 Ом, 16 Ом та 32 Ом зробити магазин опорів, за допомогою якого можна було б отримувати будь-яке ціле значення опору від 1 Ом до 63 Ом? Як розширити діапазон можливих значень опору в такому пристрої? Виготуйте цей пристрій.

Методичний аналіз діяльності учнів у процесі розв'язування цієї задачі дозволив виокремити в ній такі характерні компоненти: усвідомлення та сприйняття проблеми; формулювання (уточнення) конструкторського завдання; його принципове розв'язання; перевірка (випробування) знайденого розв'язку; підготовка технічної документації. Розглянемо їх докладніше.

Усвідомлення та сприйняття проблеми. Розв'язанню задачі передуює з'ясування учнями призначення подібних пристроїв, вивчення їх конструкції та принципу дії, виділення головних недоліків існуючих технічних рішень. Наприклад, у контексті цієї задачі учні дізналися про наступне. Магазин опорів є електротехнічним пристроєм, який дозволяє отримати дискретний спектр значень електричного опору. У техніці його застосовують як міру опору та як реостат для регулювання електричного струму та напруги. На заняттях з фізики

магазин опорів використовується, зокрема, для демонстрації законів Ома й при вивченні послідовного з'єднання резисторів.

Аналогом запропонованого учнями технічного рішення виступив магазин опорів, що описаний у [163, с. 21]. Він має корпус з діелектричного матеріалу, всередині якого знаходяться резистори. При цьому схема складена з маркованих резисторів із такими значеннями опорів: дев'ять резисторів від одного до дев'яти Ом, дев'ять резисторів з опорами 10, 20, 30, ..., 90 Ом. Резистори між собою з'єднані послідовно. Паралельно кожному з резисторів підключене штепсельне гніздо. При встановленні штепселя у певне гніздо, що відповідає цьому резистору, останній автоматично вимикається з ланцюга. Отже, встановлюючи штепселі в певні гнізда, можна змінювати сумарний опір усього пристрою.

Недоліками цього магазину опорів є:

- велика кількість резисторів, необхідних для отримання певного діапазону значень опору, порівняно з запропонованим пристроєм;
- недостатня наочність комутації резисторів (усі елементи електричного кола розташовані всередині непрозорого корпусу);
- складність виготовлення пристрою.

Найближчим за технічною суттю до рішення, яке запропоноване, є демонстраційний магазин опорів [54, с. 95], що складається з діелектричного корпусу, системи послідовно з'єднаних між собою чотирьох резисторів з маркуванням опорів (1, 2, 2, та 5 Ом), гнізд і штепселів. Паралельно кожному з резисторів підключене штепсельне гніздо, у яке за необхідністю можна встановити штепсель і саме так вимкнути цей резистор із послідовного кола. До недоліків такого пристрою (він є прототипом розробленого) можна віднести: менший діапазон значень опору порівняно з запропонованим рішенням; значно меншу кількість значень опору, яку можна отримувати за допомогою пристрою; його більшу вартість.

Формулювання (уточнення) конструкторського завдання. На цьому етапі конкретизується технічна проблема та з'ясовуються основні вимоги до її

розв'язання. В основу нової конструкції демонстраційного магазина опорів представники експериментальної групи поставили задачу розроблення наочного ергономічного пристрою із ширшим діапазоном значень опору за незмінної кількості резисторів (порівняно з прототипом).

Принциповий розв'язок основного завдання. Цей етап пов'язаний із розробкою схеми пристрою і передбачає застосування методів пошуку розв'язків творчих завдань та евристичних прийомів. Запропонована представниками нашої експериментальної групи конструкція магазина опорів (рис. 3.20, а) містить: корпус 1, резистори $R_1, R_2, \dots, R_n$, систему з'єднувальних провідників 2, гнізда $X_1, X_2, \dots, X_n$ та штепселі (на кресленні не зображені). Резистори встановлені на корпусі. Суттєвим є те, що значення їх опорів утворюють *геометричну прогресію зі знаменником два*. Між собою резистори з'єднані послідовно за допомогою провідників. Паралельно кожному з резисторів R_i підключене штепсельне гніздо X_i .

Пристрій працює так: встановлення штепселів до штепсельних гнізд призводить до вимкнення з електричного кола відповідних резисторів, а опір таких ділянок складатиметься лише з опорів з'єднувальних провідників і штепселів (а це соті частки Ом). Якщо ж штепсель вийняти з гнізда, то відповідний резистор, який шунтує це гніздо, буде створювати електричний опір на цій ділянці електричного кола. Сумарний опір магазина опорів можна розрахувати за формулами для послідовного з'єднання резисторів. Зрозуміло, що при розрахунку слід враховувати лише ввімкнені до електричного кола резистори (тобто ті, що шунтують гнізда без штепселів).

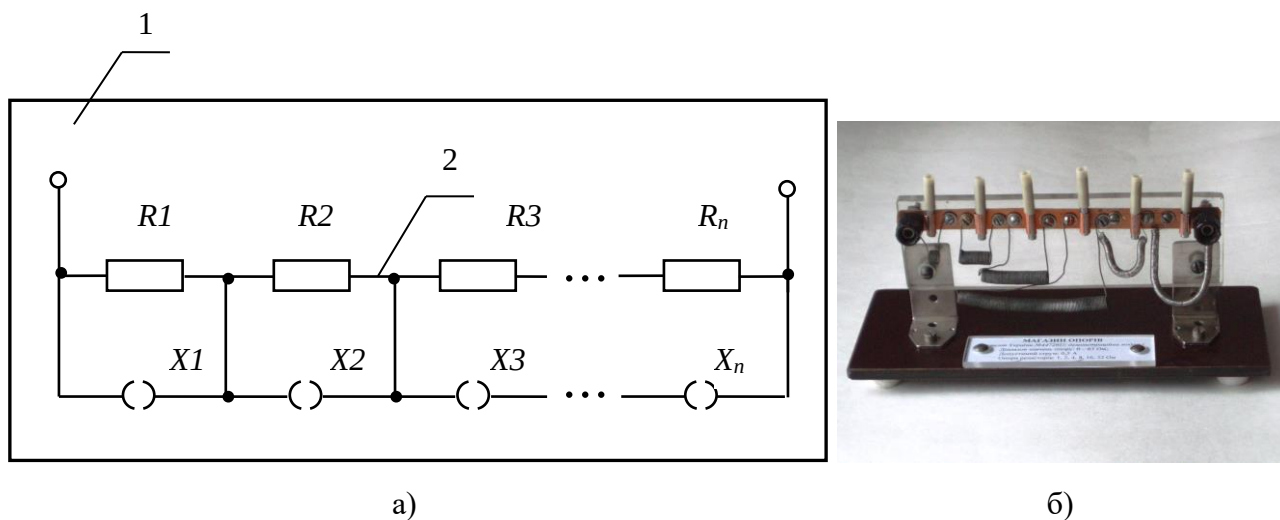


Рис. 3.20. Демонстраційний магазин опорів (патент України № 44726):

а) схема пристрою; б) його діюча модель

Така конструкція пристрою дозволяє:

- розширити діапазон значень опору без збільшення кількості резисторів порівняно з прототипом;
- збільшити кількість можливих значень опору всередині діапазону;
- підвищити наочність пристрою порівняно з прототипом.

Для прикладу порівняємо діапазони можливих значень опору запропонованого пристрою та його аналога за однакової кількості n резисторів. Нехай нижня межа діапазонів, яка визначається резистором з найменшим опором, складає $R_{\min} = R_1 = 1$ Ом. Максимально можливе значення опору $R_{\max}$ запропонованого магазину можна обчислити за допомогою формули для суми n - перших членів геометричної прогресії:

$$R_{\max} = R_1 \frac{1 - q^n}{1 - q},$$

де q – знаменник геометричної прогресії; в нашому випадку $q = 2$.

Якщо пристрій має 10 резисторів ($n=10$): 1, 2, 4, ..., 512 Ом, то за наведеною формулою знаходимо: $R_{\max} = 1023$ Ом. Щоб отримати подібне значення опору (тисячі Ом) за допомогою пристрою-аналога, останній повинен мати систему з: дев'яти резисторів від одного до дев'яти Ом, дев'яти резисторів від 10 до 90 Ом, дев'яти резисторів від 100 до 900 Ом та дев'яти резисторів від

1000 до 9000 Ом. Зрозуміло, що це призводить до ускладнення всієї конструкції пристрою, що також погіршує його наочність при використанні як навчального демонстраційного обладнання.

Отже, принциповий розв'язок запропонованої винахідницької задачі можна подати у вигляді відповідної *формули винаходу*: демонстраційний магазин опорів, який складається з корпусу, виконаного з діелектричного матеріалу, послідовно з'єднаних між собою резисторів з маркуванням їх опорів, підключених паралельно кожному з резисторів штепсельних гнізд зі штепселями, який відрізняється тим, що значення опорів резисторів утворюють геометричну прогресію зі знаменником два.

Перевірка (випробування) знайденого розв'язку. На цьому етапі реалізується приклад конкретного виконання запропонованого технічного рішення, що відповідає певним технічним вимогам. У нашому випадку для проведення випробувань учнями була виготовлена діюча модель магазину опорів (рис. 3.20, б). Корпус пристрою виконаний з плексигласу. На вертикальній панелі закріплені сім мідних шин, ізольованих одна від одної. Для ввімкнення пристрою в електричне коло на крайніх шинах встановлені дві клеми. До сусідніх шин підключені резистори, опори яких утворюють геометричну прогресію: 1, 2, 4, 8, 16 та 32 Ом. Резистори виготовлені у вигляді спіралей з ніхромового дроту діаметром 0,5 мм (резистори 1, 2, 4 та 8 Ом) і 0,3 мм (резистори 16 та 32 Ом). Величина допустимого струму для такого магазину опорів визначається дротом з найменшим поперечним перерізом і складає приблизно 0,5 А. Для ввімкнення резисторів в електричне коло кінці шин зігнуті у вигляді півкіл так, що між двома сусідніми шинами утворюється гніздо. Зрозуміло, що дротяний резистор буде ввімкнутий у коло після видалення з відповідного гнізда штепселя, а вимкнений – у разі вставлення штепселя у гніздо. Описана діюча модель магазину опорів дозволяє отримувати цілі значення опору в діапазоні від 1 Ом до 63 Ом, використовуючи для цього лише шість резисторів. Існуючі пристрої (як приклад вкажемо на наведені у

[436]) не можуть забезпечити аналогічний спектр значень опору за такої ж кількості резисторів.

Завершальний етап роботи над цією розробкою – *підготовка технічної документації*, що є технічним описом пристрою з висвітленням його конструкції, принципу дії, схеми, робочих характеристик тощо. У розглянутому нами прикладі учнями була підготовлена заявка на передбачуваний винахід «Демонстраційний магазин опорів». Згодом ця заявка набула статусу деклараційного патенту на корисну модель. Зазначимо, що розглянутий пристрій запроваджено в навчальний процес на фізичному факультеті ЗНУ.

Отже, процес творчої роботи над розглянутим пристроєм передбачав *усвідомлене* вивчення учнями низки технічних пристроїв: резисторів, реостатів, магазинів опорів, вимірювальних приладів (насамперед амперметрів, вольтметрів та омметрів), а також сприяв формуванню в учнів здатності застосовувати ці пристрої на практиці. Крім того, під час виготовлення діючої моделі учні набували досвіду щодо користування деякими інструментами, а також ознайомилися з властивостями електротехнічних матеріалів: провідників (мідь, латунь, ніхром, манганін тощо) і діелектриків (зокрема, плексиглас, гетинакс, текстоліт).

Зрозуміло, що на уроці складно реалізувати хоча б один повний творчий цикл – від аналізу ситуації, яка містить проблему, до випробовування діючої моделі (та аналізу отриманих результатів для визначення напрямків подальших вдосконалень). Тому завершення роботи над знайденим технічним рішенням (особливо на етапі розробки діючої моделі) доцільно перенести на позаурочні (наприклад, гурткові) заняття.

Отже, формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації учнівської інноваційної діяльності має передбачати вивчення ними підходів і методів здійснення політехнічної підготовки учнів, що має важливе значення на окремих етапах інноваційної діяльності (на етапі розроблення та виготовлення діючої моделі та її випробування). Запропоновано здійснювати цю підготовку шляхом використання в навчальному процесі з фізики (на лабораторних

заняттях та в позаурочній діяльності) завдань на конструювання та виготовлення нескладних пристроїв. Вони сприяють усвідомленому засвоєнню учнями знань політехнічного характеру, набуттю ними власного досвіду конструкторської діяльності, створюють умови для прояву творчої ініціативи.

3.5. Використання інформаційних технологій у процесі підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів

3.5.1. Місце інформаційних технологій у процесі формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів

Бурхливий розвиток інформаційних технологій викликав суттєві зміни в системі навчання фізики як загальноосвітньої, так і вищої школи, що також обумовило нові вимоги до професійної компетентності майбутніх учителів фізики. Завдяки дослідженням вітчизняних та закордонних науковців було створене теоретико-методологічне, психолого-педагогічне та методичне підґрунтя щодо використання інформаційних технологій у навчанні фізики та у процесі професійної підготовки майбутніх учителів. Вивчення відповідних питань втілювалося в наукових працях відомих вчених-методистів: П. С. Атаманчука [58; 66], В. Ю. Бикова [74; 75], І. Т. Богданова [83], С. П. Величка [100–102], М. І. Жалдака [166; 262], В. Ф. Заболотного [167; 168], О. І. Іваницького [182; 184], М. І. Садового [337; 338], В. П. Сергієнка [344], М. Л. Смульсон [174], Н. Л. Сосницької [66], В. Д. Шарко [420], М. І. Шута [229; 262] та багатьох інших.

У сучасних умовах реалізація ефективного процесу професійної підготовки майбутніх учителів фізики до здійснення інноваційної педагогічної діяльності також неможлива без системного використання сучасних технічних засобів навчання, насамперед інформаційних технологій та пов'язаних з ними дидактичних матеріалів. Широке використання інформаційних технологій

передбачає й процес організації учнівської інноваційної діяльності з фізики. О. І. Іваницький і С. П. Ткаченко зазначають, що з точки зору методичної системи навчання фізики, комп'ютер є специфічним засобом навчання, що створює суттєво нові потужні можливості для підвищення ефективності та результативності навчання фізики й zarazом веде до суттєвої реорганізації самої методичної системи навчання фізики [185, с. 39]. М. І. Жалдак, М. І. Шут, Ю. О. Жук та інші [262, с. 10] зазначають, що інформатизація навчального процесу сприяє інтенсифікації спілкування вчителя й учня, уможливорює розкриття їх творчого потенціалу, забезпечує диференціацію навчання відповідно до запитів, індивідуальних особливостей, нахилів і здібностей учнів; надає їм нагоду розв'язання творчих проблем тощо.

У нашому дослідженні поняття «інформаційні технології навчання» ми використовуємо в тлумаченні, поданому О. І. Іваницьким, як сукупність педагогічної техніки викладача, методів навчання, що ґрунтуються на використанні комп'ютерних засобів, і технології педагогічних вимірювань, що забезпечують відтворюване й ефективне досягнення поставлених цілей навчання в цій предметній галузі й однозначне відстеження результативності на всіх етапах навчання [182, с. 126]. Водночас у науково-методичній літературі також використовуються близькі за змістом поняття «інформаційно-комунікаційні технології навчання» (у цьому терміні підкреслюється інтерактивна складова навчання, що реалізується за допомогою таких технологій) та «новітні інформаційні технології навчання».

Упровадження інформаційно-комунікаційних технологій в освітній процес, зокрема, у процес професійної підготовки майбутніх учителів пов'язане зі знаходженням, зберіганням, створенням, презентацією, класифікацією та обміном інформацією. За видом та обсягом використання комп'ютера в навчальному процесі О. І. Іваницький поділяє інформаційно-комунікаційні технології навчання фізики на локальні та узагальнені [182, с. 137]. До локальних відносить технології: комп'ютерного моделювання, комп'ютерного контролю знань, комп'ютерних баз даних, комп'ютерних дидактичних

матеріалів, комп'ютерних лабораторних робіт; до узагальнених – технології: комп'ютерних навчальних програм, дистанційного навчання фізики, експертних навчальних систем.

Учений М. І. Садовий виділяє організаційні та процесуальні переваги інформаційних технологій навчання фізики (у загальноосвітній і вищій школі) [338]. До організаційних належать, зокрема, такі переваги:

- ефективність у виборі місця й часу навчання;
- реалізація принципу неперервної освіти;
- самостійний вибір суб'єктом навчання необхідної навчальної інформації;
- запровадження педагогіки співпраці;
- забезпечення дистанційного зв'язку між суб'єктами навчання і викладачем (ця перевага сприяє також підвищенню рівня академічної мобільності студентів [453]).

Процесуальними перевагами інформаційних технологій навчання, на думку М. І. Садового, є, зокрема, такі:

- можливість ефективного поширення накопиченого досвіду;
- створення дискусійного інформаційного середовища;
- забезпечення групової навчальної співпраці;
- можливість навчання суб'єктів з різним рівнем здібностей;
- привабливість інформації для сприйняття.

Цей перелік слід доповнити, розглядаючи використання інформаційних технологій в аспекті проблеми підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів. До основних переваг використання інформаційних технологій у цьому контексті ми відносимо такі:

- підвищення інтересу в суб'єктів навчання (студентів та учнів) до навчально-пізнавальної діяльності (зокрема до участі в науково-дослідній діяльності, що має ознаки інноваційної);
- можливість забезпечити індивідуальний підхід до студентів (учнів) у процесі організації їх інноваційної діяльності;

- широкий спектр додаткових можливостей у здійсненні інноваційної діяльності, пов'язаних, зокрема, з вивченням інтернет-ресурсів; оформленням творчих доробків (презентацій, відеоматеріалів, схем, креслень, малюнків, тестових матеріалів тощо); моделюванням фізичних процесів;

- уможливлення самостійної форми роботи студентів (учнів) над створенням інноваційного продукту завдяки використанню систем дистанційного навчання (наприклад, системи MOODLE).

Слід також указати на важливе значення засобів інформаційно-комунікаційних технологій для гуманітаризації освіти. Адже їх використання в навчальному процесі, на думку М. І. Жалдака, М. І. Шута, Ю. О. Жука та інших [262, с. 8], дозволяє підсилити зв'язок змісту навчання з повсякденним життям, надати результатам навчання практичну значимість, застосовність до розв'язання повсякденних життєвих проблем, задоволення практичних потреб.

Отже, поширене використання інформаційних технологій навчання на сучасному етапі розвитку вищої освіти внесло якісні зміни в освітньому середовищі професійної підготовки майбутнього вчителя фізики. Його підготовку до інноваційної педагогічної діяльності (зокрема до організації інноваційної діяльності учнів з фізики) слід розглядати як таку, що здійснюється в умовах *інформаційно-освітнього середовища*. Останнє, за визначенням О. І. Іваницького, є системою інформаційних, технічних і навчально-методичних засобів, які цілеспрямовано забезпечують навчальний процес та його учасників прийомami, засобами, методами вирішення навчальних завдань і способами набуття навичок при осмисленні навчального матеріалу [182, с. 15].

До *інформаційних засобів* (ресурсна складова) цього середовища слід віднести: фонди наукової бібліотеки ВНЗ; фонди кафедр, що забезпечують професійну підготовку майбутніх учителів: електронні підручники та навчальні посібники, банк завдань, демонстрації, відеофрагменти лекцій, захистів кваліфікаційних робіт, виступів на конференціях та творчих конкурсах тощо; комп'ютерні програми (серед них: навчальні програми, що спрямовані на

ознайомлення студентів (учнів) з матеріалом, що вивчається, та забезпечують контроль набутих знань; комп'ютерні моделі, що уможливають віртуальне відтворення фізичних явищ та їх наочну демонстрацію; віртуальні лабораторні роботи, що доповнюють реальні роботи).

Технічними засобами (матеріально-технічна складова) такого середовища є: пристрої для введення інформації (зокрема, цифрові фотоапарат та відеокамера, диктофон, цифрові сенсори для автоматизованого фізичного експерименту); пристрої для представлення та обробки інформації (наприклад, персональний комп'ютер, мультимедійний проектор, інтерактивна дошка, оргтехніка (принтер, сканер, ксерокс тощо), інструменти для здійснення навчально-пізнавальної та науково-дослідної діяльності (віртуальні лабораторії, тренажери тощо), технічні пристрої для реалізації доступу до мережі Інтернет).

До *навчально-методичних засобів* (технологічна складова) інформаційно-освітнього середовища відносять способи та засоби, що спрямовані на організацію та управління освітнім процесом. Серед них: системи дистанційної освіти; електронні навчально-методичні комплекси; системи тестування; віртуальне освітнє середовище (що, згідно з визначенням поданим М. Ю. Вайндорф-Сисоевою [97, с. 16], містить індивідуальні, локальні та корпоративні мережі з заданим контентом); соціальні мережі.

Місце інформаційно-комунікаційних технологій у системі підготовки майбутнього вчителя фізики до здійснення інноваційної педагогічної діяльності (зокрема, у процесі формування в нього готовності до організації учнівської інноваційної діяльності з фізики) пов'язане з такими основними блоками (на рис. 3.21 подані у вигляді структурної схеми) [20]:

1. Інформаційна підготовка студентів – майбутніх учителів фізики.
2. Використання інформаційних технологій студентами в їх навчально-пізнавальній та науково-дослідній діяльності.
3. Розроблення, апробація та впровадження нових інформаційно-комунікаційних продуктів в освітній процес. Розглянемо окремі блоки цієї схеми [16].

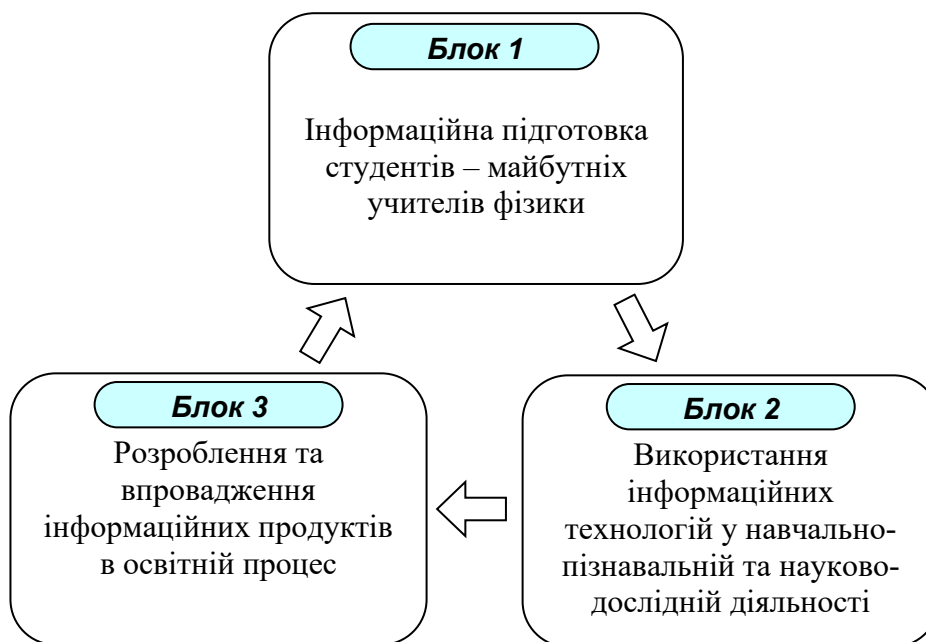


Рис. 3.21. Місце інформаційно-комунікаційних технологій у процесі формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів

Інформаційна підготовка студентів (блок 1 на рис. 3.21) пов'язана, зокрема, з ознайомленням студентів – майбутніх учителів фізики з методами та засобами мультимедіа, що знадобляться під час здійснення інноваційної педагогічної діяльності. Така підготовка покликана сформувати у студентів основи інформаційної культури. Остання, згідно з визначенням, поданим колективом авторів [174, с. 63], характеризує досягнутий рівень організації інформаційно-комунікаційних процесів, ступінь задоволення потреб людей в інформаційному спілкуванні, у своєчасних, вірогідних і вичерпних відомостях з найрізноманітніших галузей знань. Там же наведені компоненти основ інформаційної культури сучасного фахівця взагалі та вчителя зокрема. З них виділимо ті, що, на нашу думку, є найважливішими для здійснення майбутніми вчителями фізики інноваційної педагогічної діяльності (зокрема для організації інноваційної діяльності учнів з фізики). Це, зокрема, такі:

- розуміння суті інформації та інформаційних процесів, їх ролі в перебігу пізнання навколишньої дійсності та утворюючої діяльності людини;

- здатність розробляти програму спостереження, експерименту;
- здатність використовувати інформаційні засоби для роботи з текстовими, числовими та графічними даними, з базами даних;
- володіння основами програмування та математичного моделювання; елементами схемотехніки та робототехніки; автоматизації виробництва;
- здатність добирати раціональні методи й засоби навчання, враховуючи індивідуальні особливості учнів, їх нахили та здібності [174, с. 63].

У процесі інформаційної підготовки слід дотримуватися певних принципів, що визначаються акмеологічним підходом до здійснення професійної підготовки майбутніх учителів. Серед цих принципів О. І. Іваницький розглядає такі [182, с. 59]:

- *принцип концентрованості* вимагає структурування навчального матеріалу (з виділенням у ньому смислових елементів) з метою полегшення його сприйняття та запам'ятовування;
- *принцип мотивації* спрямований на створення у того, хто навчається, стимулів до здійснення навчально-пізнавальної діяльності (для цього кожен навчальний блок має починатися з актуалізації відповідної навчальної інформації, наприклад, шляхом розгляду проблемних ситуацій);
- *принцип модульності* передбачає диференціювання навчального матеріалу, що підлягає засвоєнню, відповідно до потреб професійної підготовки студентів, а також з урахуванням вихідного рівня підготовленості студентів (останнє, наприклад, можна реалізувати шляхом подачі змісту у скороченому, повному та поглибленому варіантах); важливість урахування розглядуваного принципу пояснюється, окрім іншого, тим, що рівні початкової (вихідної) інформаційної підготовки студентів, зазвичай, суттєво відрізняються;
- *принцип проблемності* обумовлює логіку побудови навчальних блоків за допомогою введення проблемних ситуацій та з урахуванням практичної спрямованості навчального матеріалу;
- *принцип візуалізації* (він є особливо важливим в умовах інформаційно-освітнього середовища) вказує на те, що наочність підвищуватиме якість

засвоєння в тому випадку, якщо вона відіграє не лише ілюстративну, але й когнітивну функцію.

Блок інформаційної підготовки студентів – майбутніх учителів фізики реалізується здебільшого на молодших курсах бакалаврату (перший-другий курс) і пов'язаний з вивченням таких дисциплін циклу професійної підготовки: «Інформатика та програмування», «Алгоритми та структури даних» та інші.

Використання інформаційних технологій у навчально-пізнавальній та науково-дослідній діяльності (блок 2 на рис. 3.21). Відповідно до виділених у підрозділі 2.3 етапів здійснення підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів структура цього блоку містить три складові – напрямки використання інформаційних технологій. Запропоноване нами структурування блоку ілюструється схемою, поданою на рис. 3.22.

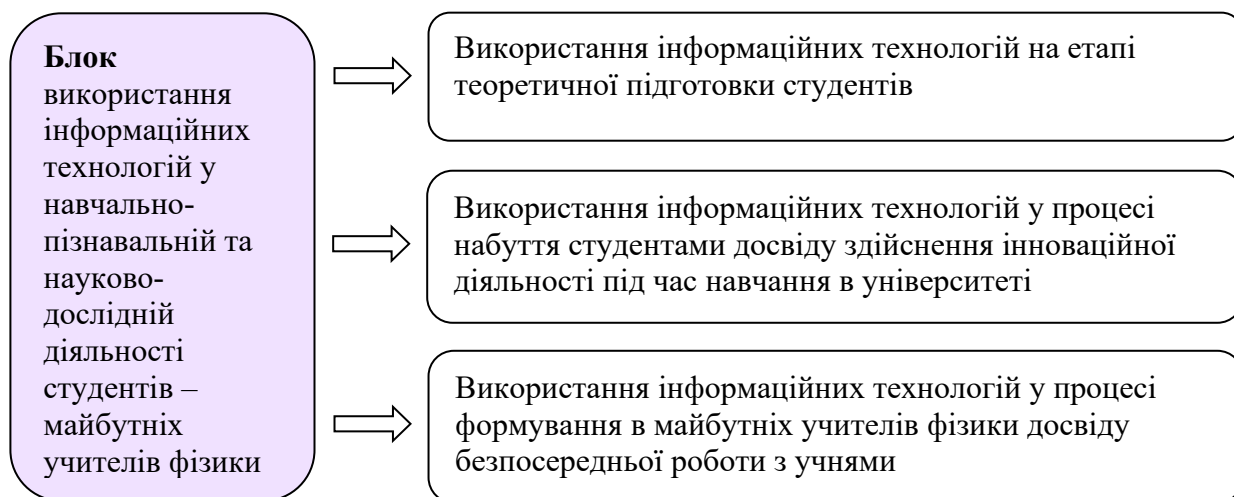


Рис. 3.22. Структурна схема блоку використання інформаційних технологій у навчально-пізнавальній та науково-дослідній діяльності студентів – майбутніх учителів фізики

Використання інформаційно-комунікаційних технологій на етапі теоретичної підготовки студентів. Цей напрямок пов'язаний з вивченням основ інноватики та інноваційної діяльності, основ охорони інтелектуальної власності, методів і прийомів активізації інноваційної діяльності учнів. Даний етап доцільно реалізовувати у процесі вивчення таких дисциплін:

– на рівні бакалаврату: «Програмне забезпечення для навчальних досліджень», «Педагогічне програмне забезпечення», «Освітні інтернет-технології»;

– на рівні магістратури: «Методологія науково-педагогічного дослідження», «Комп'ютерні технології дистанційної освіти».

Використання інформаційно-комунікаційних технологій у процесі набуття студентами досвіду здійснення інноваційної діяльності під час навчання в університеті. Важливе значення для набуття цього досвіду мають такі дисципліни:

– на рівні бакалаврату: «Теорія і методика навчання фізики», «Дидактичні засоби навчання фізики», «Комп'ютеризація шкільного фізичного експерименту», «Технологія створення електронного курсу»;

– на рівні магістратури: «Методика викладання фізики у вищій школі», «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів», «Обслуговування та виготовлення обладнання фізичного кабінету», «Організація навчально-дослідної діяльності старшокласників», «Методика підготовки до учнівських олімпіад з фізики», «Технологія підготовки учнів до продовження фізичної освіти в університеті».

Використання інформаційно-комунікаційних технологій у процесі формування в майбутніх учителів фізики досвіду безпосередньої роботи з учнями (насамперед, досвіду організації учнівської інноваційної діяльності з фізики). Такий досвід студенти-фізики можуть набувати під час проходження навчальної та виробничої (педагогічної) практики; у процесі підготовки учнів до участі у фізико-технічних конкурсах різних рівнів; під час колективного виконання (разом із учнями) науково-дослідницьких проектів у навчальних та наукових лабораторіях, центрах тощо.

Блок використання інформаційних технологій у навчально-пізнавальній та науково-дослідній діяльності реалізується переважно під час навчання студентів на старших курсах бакалаврату (треть-четвертий курс) та в магістратурі. У процесі такого навчання відбувається інтеграція здатностей

студентів до використання інформаційно-комунікаційних технологій та здатностей, набутих під час вивчення професійно спрямованих дисциплін.

Наведені нами дисципліни, що сприяють підготовці майбутнього вчителя фізики до використання інформаційних технологій у процесі інноваційної педагогічної діяльності, відповідають навчальним планам підготовки бакалаврів та магістрів зі спеціальності 014 Середня освіта (предметна спеціальність 014.08 Середня освіта (Фізика)), які використовуються на фізичному факультеті ЗНУ.

Як засіб формування в учнів здатності користуватися комп'ютером у процесі їх підготовки до інноваційної діяльності вчителю фізики доцільно використовувати різні навчальні завдання. На початку навчання такими можуть бути завдання, що передбачають підготовку реферату або доповіді з певної теми; цікавих демонстрацій фізичних явищ, дослідів тощо. У подальшому навчанні завдання необхідно ускладнювати. Учням можна доручати, наприклад, проведення патентного пошуку для знаходження аналогів та прототипу пристрою, який вони розробляють; з'ясування їх принципу дії та виділення основних недоліків; здійснення теоретичних та експериментальних досліджень із використанням засобів інформаційних технологій.

Учням, які вже пройшли попередню підготовку до інноваційної діяльності, та які мають власний досвід використання комп'ютерної техніки в цій діяльності, доцільно ставити більш складні завдання, пов'язані, зокрема, з:

- розробленням схем, креслень, технічного опису запропонованого розв'язку певної навчальної проблеми (цим розв'язком може бути, наприклад, певний пристрій або спосіб досягнення корисного ефекту);
- підготовкою науково-дослідницької роботи та заявки на видачу патенту (на передбачуваний винахід або корисну модель);
- створенням комп'ютерних презентацій, відеофрагментів, що пояснюють суть запропонованого творчого продукту, демонструють його принцип дії та вказують на можливі напрямки застосування тощо (як приклад, на рис. 3.23 подано кадри презентації, присвяченої інноваційній розробці учнів нашої

експериментальної групи «Пристрій для вимірювання індукції магнітного поля вздовж головних осей симетрії постійних магнітів»).

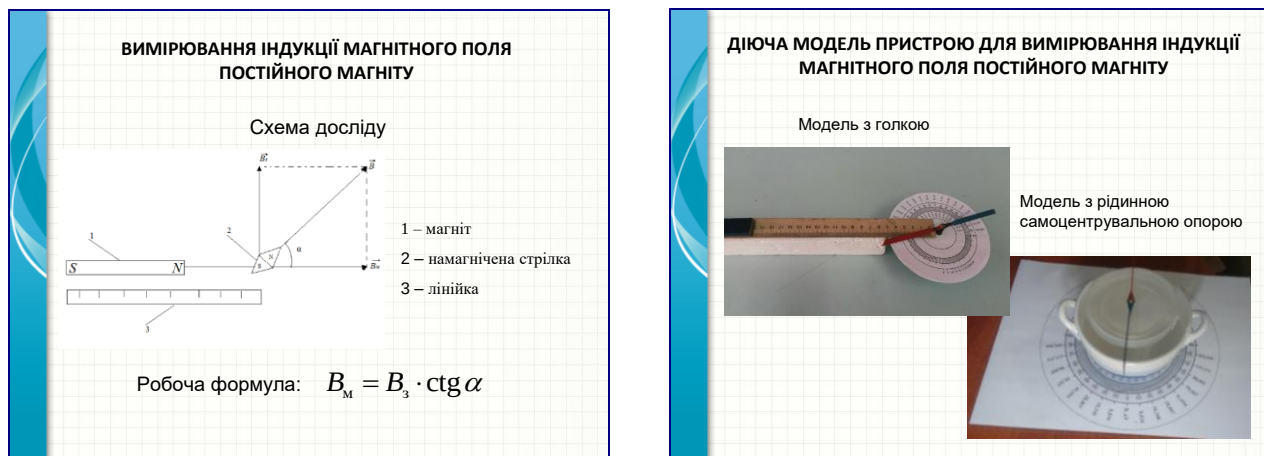


Рис. 3.23. Кадри презентації «Пристрій для вимірювання індукції магнітного поля вздовж головних осей симетрії постійних магнітів»

Наш досвід переконує, що найбільший педагогічний ефект від використання подібних завдань досягається в тому випадку, якщо вони є не окремими, незалежними одна від одної задачами, а інтегруються до складної діяльності – процесу створення інноваційного продукту.

Розроблення та впровадження інформаційних продуктів в освітній процес (блок 3 на рис. 3.21). Цей блок пов'язаний зі створенням, апробацією та впровадженням у процес професійної підготовки майбутніх учителів фізики нових інформаційно-комунікаційних продуктів, які сприяють активізації інноваційної діяльності студентів та є ефективними засобами, що уможливають залучення учнів до інноваційної діяльності з фізики. Прикладами цих розробок є: комп'ютерні лабораторні роботи, фрагменти занять (уроків), тести для здійснення діагностики рівня сформованості здатностей студентів (учнів), комп'ютерні моделі фізичних явищ та процесів, комп'ютерні програми для здійснення теоретичних та експериментальних досліджень, навчальні відеофільми (на рис. 3.24 подано кадри навчального відеофільму, створеного студентами – майбутніми вчителями фізики – за допомогою програми Pinnacle Studio) тощо.



Рис. 3.24. Кадри навчального відеофільму «Хвильова енергетична установка»

Сприятливих умов для розроблення студентами інноваційних мультимедіа-продуктів можна досягти, наприклад, у процесі виконання кваліфікаційних та курсових робіт, а також під час різних форм позааудиторної роботи (виконання домашніх завдань; науково-дослідна діяльність, що розгортається на кафедрі, у навчальній або науковій лабораторії тощо). Після доведення своєї ефективності, створені студентами інноваційні мультимедіа-продукти можуть бути впроваджені у процес професійної підготовки майбутніх учителів фізики.

Отже, місце інформаційних технологій у процесі формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів можна структурувати за такими основними напрямками: інформаційна підготовка студентів – майбутніх учителів фізики; використання інформаційних технологій студентами в їх навчально-пізнавальній та науково-дослідній діяльності; розроблення, апробація та впровадження нових інформаційно-комунікаційних продуктів в освітній процес.

3.5.2. Методичні особливості використання інформаційних засобів в інноваційній діяльності майбутніх учителів фізики та учнів

У контексті проблеми використання інформаційних технологій у процесі підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів виникає важливе питання щодо методичних особливостей застосування конкретних інформаційних засобів під час навчально-пізнавальної та науково-дослідницької діяльності студентів (учнів), зокрема таких програмних засобів, що дозволяють їм створювати власні інноваційні продукти з наступним їх упровадженням у навчальний процес.

Як приклад конкретних інформаційних засобів, використання яких слід визнати ефективним у контексті зазначеної проблеми, вкажемо на комп'ютерну програму Soundcard Scope (що може відігравати роль педагогічного програмного засобу), а також на апаратно-програмний комплекс Arduino. Дослідження та апробацію навчальних можливостей цих програмних засобів було проведено під час експериментального навчання студентів (майбутніх учителів фізики) у ЗНУ, зокрема під час викладання дисциплін: «Електрика та магнетизм» (загальний курс фізики), «Основи сучасної електроніки», «Комп'ютеризація шкільного фізичного експерименту», а також у позааудиторній роботі [39; 40]. Нами також вивчалася можливість використання зазначених засобів в інноваційній діяльності учнів, що розгортається в навчальному процесі з фізики.

Комп'ютерна програма Soundcard Scope та її використання як педагогічного програмного засобу. Значні можливості цієї програми пов'язані з демонстраційним експериментом; із постановкою та розв'язуванням експериментальних задач, що передбачають автоматизацію фізичного експерименту, а також задач із дослідницьким та винахідницьким змістом, які можуть поставати навчальними проблемами для розгортання учнівської інноваційної діяльності.

У зв'язку з тим, що одним із головних призначень програми Soundcard Scope є графічна візуалізація величин, що описують коливальний рух, найважливіша роль цього програмного засобу виявляється саме у процесі вивчення коливального руху. Цей змістовий блок курсу фізики має особливе

значення як з теоретичної точки зору (оскільки закони коливального руху мають універсальний характер, загальний для коливань різної природи), так і з практичної – коливальні системи та процеси мають широке застосування в техніці, важливе місце вони посідають і в технічній творчості учнів з фізики. У теорії розв’язання винахідницьких задач серед сорока основних прийомів подолання технічних протиріч, використання механічних коливань виділено як самостійний прийом [249, с. 423]. Отже, в аспекті підготовки учнів до інноваційної діяльності вчителю важливо, окрім ознайомлення їх із суто теоретичними питаннями коливального руху, ще й приділяти увагу його прикладному значенню. Використання програми Soundcard Scope сприяє розв’язанню цієї проблеми.

Програмний засіб Soundcard Scope (версія Scope 1.46) – комп’ютерна програма, що завдяки використанню звукової карти комп’ютера, дозволяє реалізувати на базі нього: двоканальний осцилограф з частотою пропускання (залежить від звукової карти) від 20 Гц до 20 кГц (рис. 3.25); двоканальний генератор низької частоти з таким же діапазоном частот; аналізатор спектру. Програма розроблена Christian Zeitnitz і для приватного використання є безкоштовною (можна завантажити на сайті [454]). Генератор звукових частот може генерувати сигнали синусоїдальної, трикутної, пилкоподібної, прямокутної (меандр) форм, а також білий шум. Згенерований сигнал можна подавати на зовнішні досліджувані схеми через вихід звукової карти (до якого зазвичай приєднують колонки) або, у разі потреби, безпосередньо на вхід осцилографа (перемикання здійснюється програмно відповідними перемикачами на панелі генератора). Зовнішній досліджуваний сигнал подається на осцилограф через мікрофонний вхід звукової карти (у разі потреби, через окремо виготовлений дільник напруги).

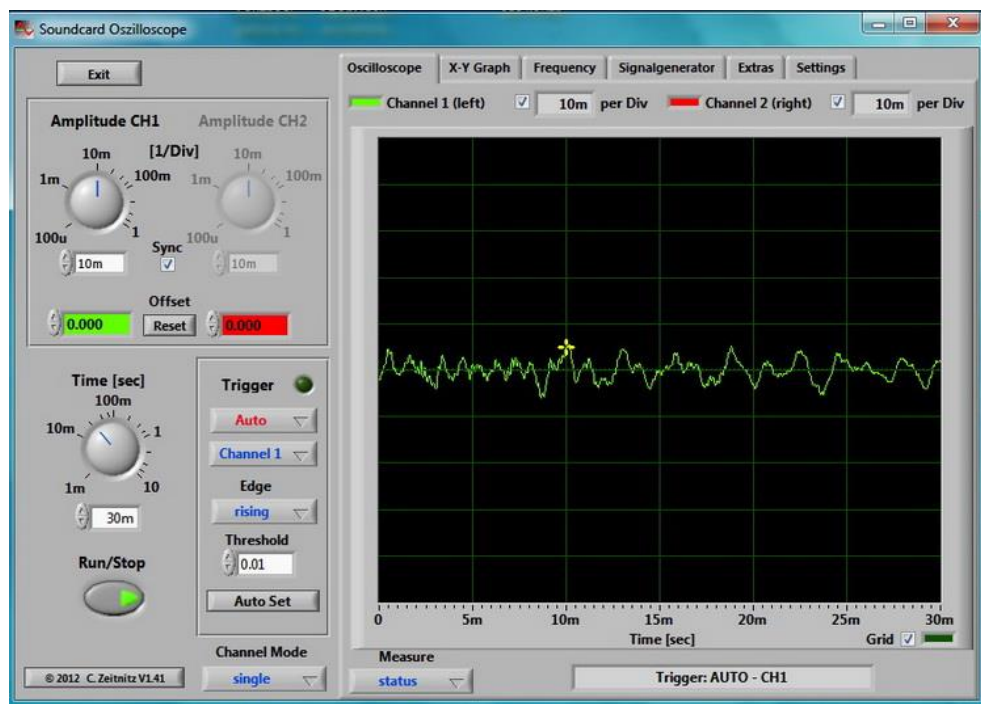


Рис. 3.25. Робоче вікно програми Soundcard Score (версія Score 1.46)
у режимі осцилографа

Особливу роль програма Soundcard Score виявляє в демонстраційному експерименті з фізики. У табл. 3.2 наведено перелік відповідних демонстрацій, які можна реалізувати за допомогою цієї програми в межах вивчення дисциплін «Електрика та магнетизм» (загальний курс фізики) та «Основи сучасної електроніки».

Окрім суто демонстраційних цілей, цей засіб навчання може бути застосований для постановки та розв'язання фізичних задач. Як приклад розглянемо цикл задач, які структуровані нами за трьома видами: *теоретичні задачі* – для розв'язання яких не потрібно проводити реальний фізичний експеримент; *навчальні експериментальні задачі* – нескладні експериментальні задачі (переважно тренувального характеру), що передбачають автоматизацію фізичного експерименту; *задачі з дослідницьким та винахідницьким змістом* – такі, що можуть бути навчальними проблемами для розгортання учнівської інноваційної діяльності.

Таблиця 3.2

**Деякі демонстрації та експерименти, візуалізацію яких можна
реалізувати за допомогою програми Soundcard Scope**

№	Назва демонстрації або досліду	Дисципліна
1	Паралельне та послідовне з'єднання конденсаторів	Електрика та магнетизм
2	Криві зарядки – розрядки конденсатора	
3	Спостереження зсуву фаз між струмом і напругою в колі з активним, індуктивним та ємнісним опором	
4	Резонансні криві (залежність повного опору кола від частоти струму) для послідовного та паралельного коливальних контурів	
5	Вільні колювання в LC-контурі, затухання	
6	Вимушені колювання в LC-контурі, резонансні явища	
7	Співвідношення напруг та фаз у первинній та вторинній обмотках трансформатора	
8	Магнітний гістерезис	
9	Вольт-амперна характеристика напівпровідникового діода	
10	Однапівперіодне випрямлення змінного струму	Основи сучасної електроніки
11	Двонапівперіодне випрямлення змінного струму	
12	Результат дії згладжувального RC-фільтра у випрямлячі	
13	Фігури Ліссажу з можливістю керування зсувом фаз двох сигналів	
14	Амплітудно-частотні характеристики чотириполісника	
15	Залежність опору фоторезистора від освітленості	
16	Принцип дії генератора змінної та постійної ЕРС	
17	Перехідні процеси в колі з індуктивністю	
18	Генератор релаксаційних колювань на газонаповненому стабілітроні	

Приклади теоретичних задач.

Задача 1. На осцилограмі (рис. 3.26) показано графіки двох колювань напруги (В): $u_1(t) = U_1 \sin[(2\pi/T_1)t + \varphi_1]$ та $u_2(t) = U_2 \sin[(2\pi/T_2)t + \varphi_2]$.

За цими графіками необхідно:

а) Знайти амплітуди U_1 , U_2 ; періоди T_1 , T_2 ; початкові фази φ_1 , φ_2 ;

б) записати рівняння колювань $u_1(t)$, $u_2(t)$;

б) побудувати фігуру Ліссажу, що відповідає цим колюванням, та вказати на ній напрямок, у якому рухалася б точка, за умови здійснення таких колювань.

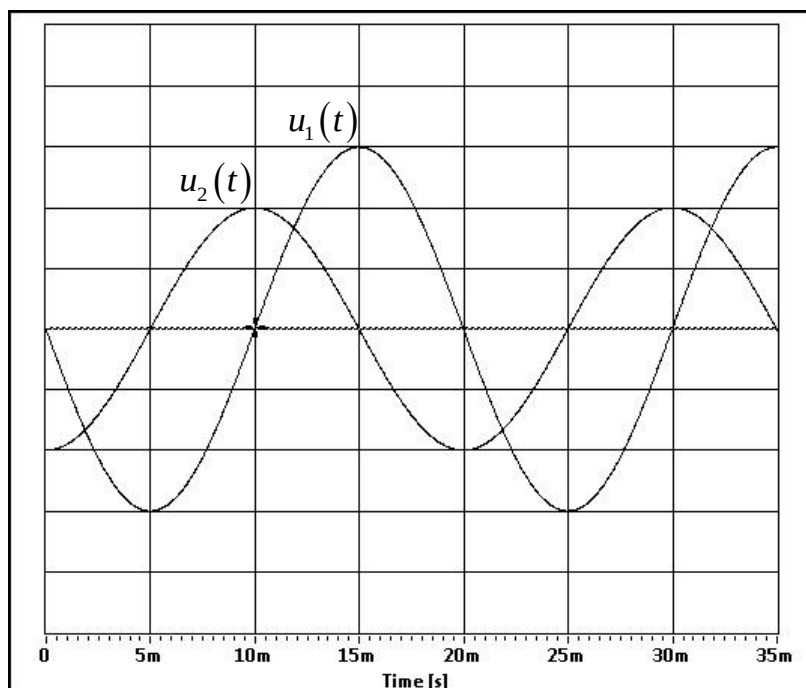


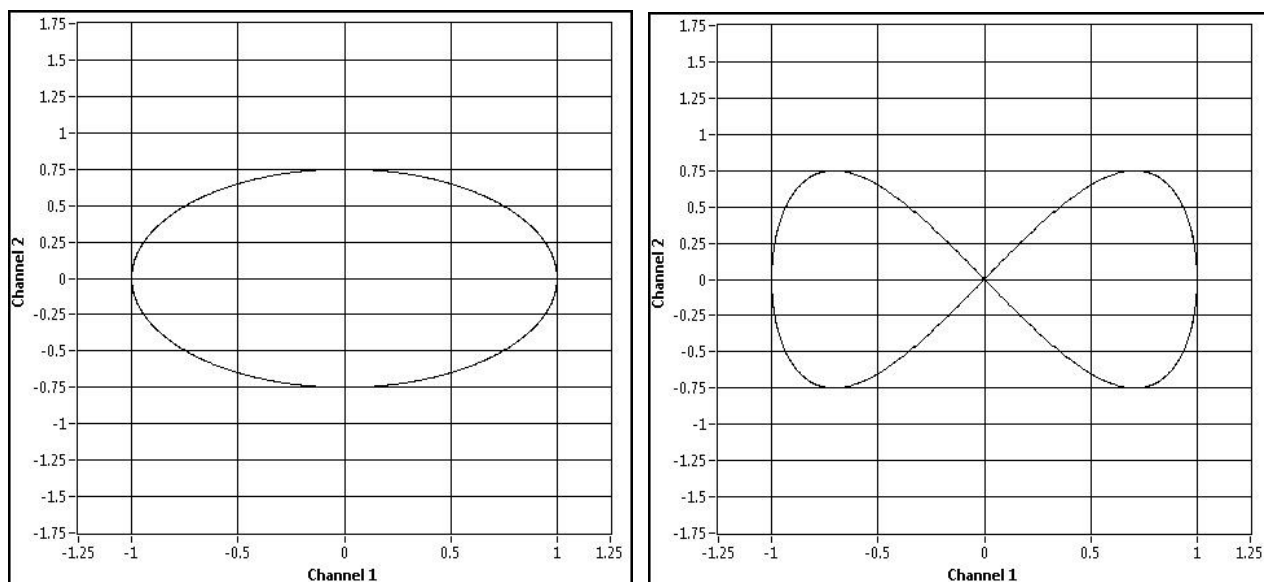
Рис. 3.26. Осцилограми коливань напруги $u_1(t)$ та $u_2(t)$ (одна клітинка вздовж вертикальної осі відповідає 0,1 В, вздовж горизонтальної – 5 мс)

В і д п о в і д ь . а) Амплітуди коливань відповідно дорівнюють 0,3 В та 0,2 В; періоди – $T_1 = T_2 = 20$ мс; початкові фази $\varphi_1 = -\pi$, $\varphi_2 = -\pi/2$; б) $u_1(t) = 0,3\sin(100\pi t - \pi)$, $u_2(t) = 0,2\sin(100\pi t - \pi/2)$; в) фігурою Ліссажу буде еліпс з півосями 0,3 В (вісь x) та 0,2 В (вісь y); рух точки відбуватиметься за годинниковою стрілкою.

З а д а ч а 2 . Два взаємно перпендикулярних коливання (напруги) здійснюються за законами $x = A_1 \sin \omega_1 t$ та $y = A_2 \sin(\omega_2 t + \varphi)$. Внаслідок їх додавання виникає фігура Ліссажу, показана на рис. 3.27, а).

Визначити: а) амплітуди коливань A_1 , A_2 ; б) відношення частот ω_1/ω_2 ; в) початкову фазу φ (розглянути випадки: рух тіла відбувається за годинниковою стрілкою; проти годинникової стрілки).

В і д п о в і д ь . а) $A_1 = 1$ В, $A_2 = 0,75$ В; б) $\omega_1/\omega_2 = 1$; в) початкова фаза $\varphi = \pi/2$, якщо рух відбувається за годинниковою стрілкою, і $\varphi = -\pi/2$ – проти годинникової стрілки.



а)

б)

Рис. 3.27. Фігури Ліссажу: а) до задачі 2; б) до задачі 3 (осі проградуйовані у вольтах)

З а д а ч а 3. На рис. 3.27, б) показана фігура Ліссажу, що утворюється при додаванні двох взаємно перпендикулярних коливань $x = A_1 \sin \omega_1 t$ та $y = A_2 \sin(\omega_2 t + \varphi)$. Як співвідносяться частоти ω_1 і ω_2 цих коливань?

В і д п о в і д ь. Упродовж одного періоду величина, що описує коливальний рух, по разі набуває свого найбільшого й найменшого значення. Тому період коливання вздовж певної осі дорівнюватиме числу точок дотику сторін прямокутника (в який вписана фігура Ліссажу), що обмежують рух у даному напрямку. У нашому випадку вздовж осі x фігура Ліссажу торкається сторін прямокутника двічі, а вздовж осі y – чотири рази. Отже, $\omega_2 = 2\omega_1$.

Приклади навчальних експериментальних задач.

З а д а ч а 4. Виміряти активний опір котушки індуктивності.
Обладнання: досліджувана котушка з відомою індуктивністю L ; джерело змінної напруги частотою $\nu = 50$ Гц (амплітуду напруги можна змінювати); з'єднувальні провідники, комп'ютер із програмою Soundcard Scope.

Р о з в ' я з а н н я. Підключаємо досліджувану котушку індуктивності до джерела змінної напруги. За допомогою програми Soundcard Scope на екрані комп'ютера отримуємо графіки залежностей напруги на котушці та сили струму в ній (сигнал з котушки подається на мікрофонний вхід звукової карти).

За цими графіками вимірюємо зсув фаз φ між струмом і напругою. Активний опір котушки можна знайти за формулою $R = X_L \cdot \operatorname{ctg} \varphi$, де X_L – індуктивний опір котушки. Враховуючи, що $X_L = 2\pi\nu L$, отримуємо робочу формулу для активного опору: $R = 2\pi\nu L \cdot \operatorname{ctg} \varphi$.

З а д а ч а 5. Є три однакові чорні ящики: з резистором, конденсатором та котушкою індуктивності. Як з'ясувати конкретний вміст кожного ящика?
Обладнання: три чорні ящики, кожен з яких має дві клеми; джерело змінного струму; резистор; з'єднувальні провідники; комп'ютер із програмою Soundcard Scope.

Р о з в ' я з а н н я . До джерела змінного струму під'єднуємо по чергово кожний із чорних ящиків, що послідовно з'єднаний з резистором. Програма Soundcard Scope передбачає двоканальний режим порівняння сигналів. Досліджувані сигнали – напруга на послідовно з'єднаних резисторі й чорному ящику $u_1(t)$ та напруга на резисторі $u_2(t)$ – подаються на мікрофонний вхід звукової карти комп'ютера. Це дозволяє порівняти між собою їх графіки. Припустимо, що напруга $u_1(t)$ змінюється синфазно з напругою $u_2(t)$. Це означатиме, що цей ящик містить елемент з активним опором – резистор. Якщо ж напруга $u_1(t)$ на ділянці з послідовно з'єднаними чорним ящиком та резистором випереджує напругу $u_2(t)$ на резисторі або відстає від неї, то ящик містить елемент із реактивним опором – відповідно котушку індуктивності або конденсатор.

Приклади задач із дослідницьким і винахідницьким змістом.

З а д а ч а 6. Виміряти діелектричну проникність непровідної рідини (наприклад, гасу). *Обладнання:* досліджувана рідина, звуковий генератор, резистор, повітряний конденсатор, діелектрична посудина, з'єднувальні провідники, комп'ютер із програмою Soundcard Scope. (Подібна задача наведена у збірнику С. У. Гончаренка і Є. В. Коршака [133]).

Р о з в ' я з а н н я . Підключимо послідовно з'єднані повітряний конденсатор і резистор до джерела змінного струму. Для порівняння напруг на

конденсаторі u_{C1} та на резисторі u_R скористаємося двоканальним режимом порівняння сигналів, що реалізується програмою Soundcard Scope. Порівнюючи графіки напруг на конденсаторі u_{C1} та на резисторі u_R , підбираємо таку частоту струму ν_1 (за допомогою звукового генератора), щоб амплітуди коливань u_{C1} та u_R стали однаковими. За цієї умови ємнісний опір X_C дорівнюватиме активному опору R . Або $1/(2\pi\nu_1 C_1) = R$.

Зануримо конденсатор у діелектричну рідину. Змінюючи частоту струму, знову досягаємо рівності амплітудних значень напруги на конденсаторі u_{C2} та на резисторі u_R . При цьому знову має місце рівність: $1/(2\pi\nu_2 C_2) = R$.

З останніх двох рівностей, врахувавши формулу для ємності плоского конденсатора ($C = (\epsilon\epsilon_0 S)/d$), знаходимо просту формулу для діелектричної проникності досліджуваної рідини: $\epsilon = \nu_1/\nu_2$.

З а д а ч а 7. Як відомо, ємність плоского конденсатора залежить від відстані між обкладками, від їх площі, від діелектричної проникності діелектрика, що заповнює простір між пластинами. Ці залежності використовуються в *ємнісних датчиках*. На рис. 3.28 наведено схему датчика рівня рідини. У випадку, коли рідина є електропровідною, обкладки конденсатора мають бути ізольовані від рідини шаром діелектрика. Завдання до задачі:

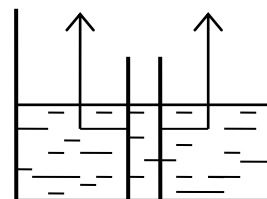


Рис. 3.28. Ємнісний датчик рівня рідини

- а) Поясніть схему та фізичний принцип дії наведеного датчика;
- б) отримайте формулу залежності електроємності C датчика від висоти h рівня рідини $C = C(h)$ у випадках, коли рідина є діелектриком; провідником;
- в) використавши наведений датчик, розробіть пристрій для вимірювання рівня рідини, що передбачав би виведення інформації на екран комп'ютера;
- г) запропонуйте свій варіант ємнісного датчика рівня рідини. Поясніть його конструкцію та принцип дії. Отримайте функціональну залежність ємності датчика від висоти рівня рідини;

д) дослідіть наскільки значимим буде прояв явища втягування діелектричної рідини в конденсатор унаслідок неоднорідності поля поблизу країв конденсатора.

Примітки:

1. У випадку, коли рідина є провідником, потрібно врахувати подвійний шар діелектрика, що ізолює обкладки від рідини.

2. Усі необхідні для виведення формули $C = C(h)$ параметри (розміри конденсатора, діелектричні проникності матеріалів) вважати відомими. (Частина завдань до задачі 7 запозичено з посібника З. М. Резнікова [323]).

Отже, комп'ютерна програма Soundcard Scope може бути застосована в демонстраційному експерименті з фізики, а також у процесі постановки та розв'язання експериментальних задач, що передбачають автоматизацію фізичного експерименту, та задач з дослідницьким та винахідницьким змістом, які можуть бути навчальними проблемами для розгортання учнівської інноваційної діяльності. Використання цієї програми дозволяє спростити та унаочнити можливі розв'язки таких задач, а також активізує навчально-пізнавальну діяльність студентів (учнів).

Апаратно-програмний комплекс Arduino. Дослідженню можливостей його використання в навчальному процесі з фізики присвячені, зокрема, публікації С. П. Величка та Д. В. Соменка [102; 366]. Вони визнають ефективність Arduino як засобу для розробки навчальних програмованих пристроїв для фізичного експерименту, однією з переваг яких є можливість взаємодії з навколишнім середовищем. Розглянемо навчальні можливості апаратно-програмного комплексу Arduino в контексті підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів [38]. Зокрема, наведемо приклади його використання для постановки й розв'язання фізичних задач, а також створення студентами (учнями) власних інноваційних продуктів.

Навчальні можливості апаратної платформи Arduino. Arduino – це апаратно-програмний комплекс, який дозволяє реалізувати автоматизацію вимірювань та здійснювати управління різними пристроями, технологічними

процесами тощо. Апаратна частина комплексу є платою вводу-виводу аналогових та цифрових даних на основі програмованого мікроконтролера Atmega різних модифікацій. Залежно від модифікації плата має від 6 до 12 аналогових входів (входів аналогово-цифрових перетворювачів, інакше – цифрових вольтметрів) та до 20 цифрових входів/виходів, шість з яких можуть використовуватися в режимі широтно-імпульсної модуляції (для виводу змінного електричного сигналу). Плата вводу-виводу працює під управлінням програм, написаних мовою, близькою до C++, яку може легко опанувати людина, далека від професійного заняття програмуванням (зокрема, учні). Для написання, налаштування та завантаження програм (вони отримали назву «скетч») використовується спеціальне середовище програмування (IDE), що містить редактор тесту програм, компілятор та завантажувач програм. Спеціальний завантажувальний модуль прописаний у пам'яті мікроконтролера. Він дає змогу завантажувати для виконання створені скетчі без використання додаткових програматорів, як це зазвичай доводиться робити на контролерах інших типів.

Результати вимірювань можуть виводитися у вигляді таблиці у вікні монітора послідовного порту, зберігатися у файлі на SD карті або, при використанні програми SerialPortPlotter, виводитися на монітор комп'ютера у графічному вигляді (до трьох графіків). Докладний опис плат Arduino різних видів та відповідних датчиків, посібник з питань програмування, а також приклади скетчів можна знайти на сайті [445]. Серед можливих експериментальних завдань, що можна розв'язувати за допомогою комплексу Arduino, слід відзначити наступні.

1. Реєстрація зміни даних у часі з трьох датчиків з виводом їх на монітор комп'ютера у вигляді графіків. Даними можуть бути, наприклад, такі фізичні величини:

- температура у трьох різних точках;
- освітленість у трьох різних точках;
- вологість у трьох різних точках;

– температура, освітленість та вологість у вибраній точці.

2. Отримання залежностей одних фізичних величин від інших (з їх графічним представленням). Наприклад, залежність величини опору фоторезистора від освітленості; залежність величини опору терморезистора від температури; криві зарядки-розрядки конденсатора.

3. Регулювання температури (наприклад, за релейним законом) з виводом її значень на монітор у вигляді графіка.

4. Моніторинг даних з аналогових (до 6–12 штук залежно від плати) та цифрових (до сотень) датчиків з записом у файл на SD карту в автономному режимі без з'єднання з комп'ютером.

Приклади використання апаратної платформи Arduino.

1. Використання платформи Arduino для проведення навчальних демонстрацій. Демонстрація «Зміна природної освітленості земної поверхні впродовж світлового дня». Мета цього експерименту, окрім показу зміни природної освітленості земної поверхні впродовж світлового дня, полягає в демонстрації впливу на освітленість близько розташованих об'єктів. На рис 3.29 наведено графіки зміни освітленості двох точок земної поверхні, що розташовані на відстані 2 м одна від одної, упродовж світлового дня (12 годин). Ці графіки були отримані за допомогою мікроконтролера Arduino та фоторезисторів як датчиків.

Здобуті експериментальні результати можна пояснити так. Завдяки суцільній хмарності під час проведення експерименту зміни освітленості обох точок практично ідентичні, оскільки в таких умовах на освітленість не впливають розташовані на відстані в кілька метрів будівлі та насадження. Різниця в освітленості двох досліджуваних точок земної поверхні пояснюється тим, що на відстані приблизно 0,3 м від однієї з точок (якій відповідає графік зеленого кольору) була розташована вертикальна світло пофарбована поверхня, саме вона й спричиняла впродовж експерименту збільшення освітленості на 15–30 відсотків.



Рис. 3.29. Графіки зміни освітленості (по горизонтальній осі відкладені номери вимірів, проміжок між вимірами складав 1,5 хв; по вертикальній осі – освітленість у відносних одиницях)

2. Використання платформи Arduino у процесі постановки та розв’язування експериментальних задач із фізики. Окрім суто демонстраційних цілей, комплекс Arduino може бути застосований для постановки та розв’язування фізичних задач (як у навчальному процесі з фізики у ВНЗ, так і у школі). Як приклад розглянемо наступну експериментальну задачу.

З а д а ч а . Виміряти ємність конденсатора методом його зарядки або розрядки. *Обладнання:* конденсатор великої ємності, резистор із відомим опором ($R = 790 \text{ Ом}$), джерело постійного струму, ключ, з’єднувальні провідники, комп’ютер з апаратно-програмним комплексом Arduino.

Р о з в ’ я з а н н я . Попередньо заряджений від джерела струму конденсатор підключаємо до резистора з відомим опором R . За допомогою комп’ютера з апаратно-програмним комплексом Arduino отримуємо графік зміни струму розрядки конденсатора (або напруги на конденсаторі) від часу $I = I_0 \exp(-t/\tau)$, де $\tau = RC$ – час, за який струм спадає в $e \approx 2,72$ разів.

Визначивши за графіком τ , знаходимо ємність конденсатора за формулою $C = \tau/R$.

На рис. 3.30 подано графік зміни в часі напруги на досліджуваному конденсаторі при його розрядці через резистор опором $R = 790$ Ом. З графіка знаходимо, що зменшення напруги на конденсаторі в $e \approx 2,72$ разів (порівняно з її початковим значенням) відбувається впродовж часу $\tau \approx 3,5$ с. Отже, $C = 3,5 \text{ с} / 790 \text{ Ом} \approx 4400$ мкФ (ємність конденсатора за його маркуванням складала 4000 мкФ).

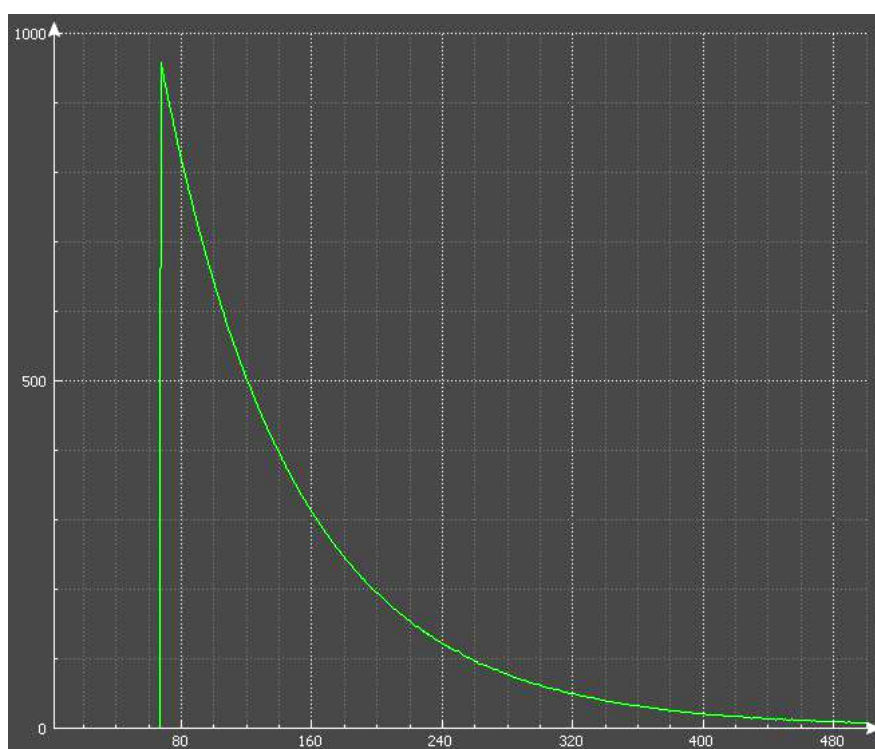


Рис. 3.30. Крива розрядки конденсатора

(по горизонтальній осі відкладені номери вимірів, проміжок між вимірами складав 50 мс;
по вертикальній осі – напруга на конденсаторі у відносних одиницях)

3. Використання платформи Arduino у процесі створення інноваційних продуктів. Важливо, що комплекс Arduino також є ефективним програмним засобом для активізації науково-дослідницької та інноваційної діяльності майбутніх учителів фізики. Основним місцем здійснення цих видів діяльності є, насамперед, позааудиторна складова навчального процесу. Остання може бути

пов'язана з виконанням студентами домашніх (зокрема індивідуальних) завдань із дисциплін, курсових та кваліфікаційних робіт, проведенням наукових досліджень на кафедрі або в лабораторіях тощо.

Для організації інноваційної діяльності студентів з розробки інформаційних продуктів (зокрема, за допомогою апаратно-програмного комплексу Arduino) нами розроблено систему індивідуальних завдань, яку пропонуємо в межах навчальних дисциплін «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики», «Комп'ютеризація шкільного фізичного експерименту». Розглянемо приклад такого завдання.

Завдання «Метеостанція». Для вимірювання параметрів навколишнього середовища (швидкості та напрямку вітру, атмосферного тиску, температури повітря, його вологості, освітленості поверхні тощо) використовуються пристрої: анемометри, барометри, термометри, гігрометри та інші. У випадку метеорологічних досліджень ці прилади встановлюються на спеціальних (метеорологічних або географічних) майданчиках. Зазвичай зчитування показів цих приладів (із наступним їх занесенням до журналу спостережень) відбувається безпосередньо на майданчику. Це потребує витрачання часу й виявляється не завжди зручним. Отже, актуальною є проблема автоматизації метеорологічних вимірювань, тобто створення метеостанцій, які б в автономному режимі здійснювали моніторинг температури, освітленості, вологості, атмосферного тиску та швидкості вітру зі збереженням значень цих параметрів і дати й часу їх отримання на SD карті.

Р о з в ' я з а н н я . Студентами нашої експериментальної групи – Олександром Жабінцем (четвертий курс бакалаврату фізичного факультету ЗНУ) та Володимиром Яковенком (освітньо-кваліфікаційний рівень спеціаліста фізичного факультету ЗНУ) – у межах відповідно курсової роботи та кваліфікаційної роботи спеціаліста розроблено й апробовано варіант метеостанції на основі комплексу Arduino. Станція в автономному режимі здійснювала моніторинг температури, освітленості, вологості, атмосферного

тиску та швидкості вітру зі збереженням значень вказаних параметрів і дати й часу їх отримання на SD карті (рис. 3.31–3.33).

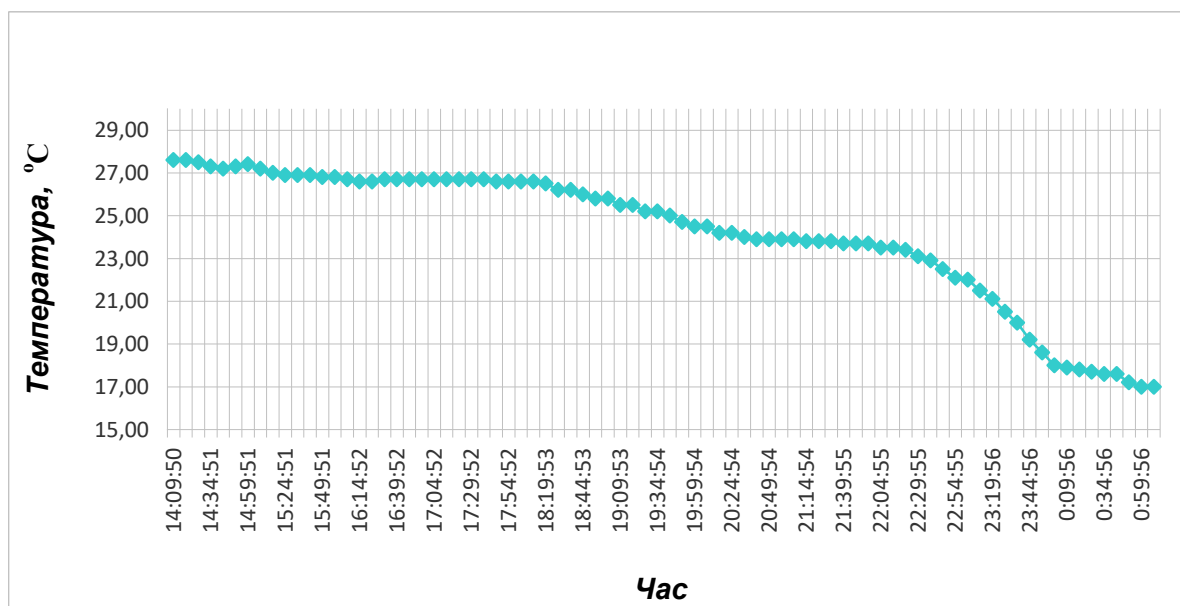


Рис. 3.31. Графік зміни в часі температури повітря на робочому місці
впродовж 11 годин з інтервалом у 25 хвилин

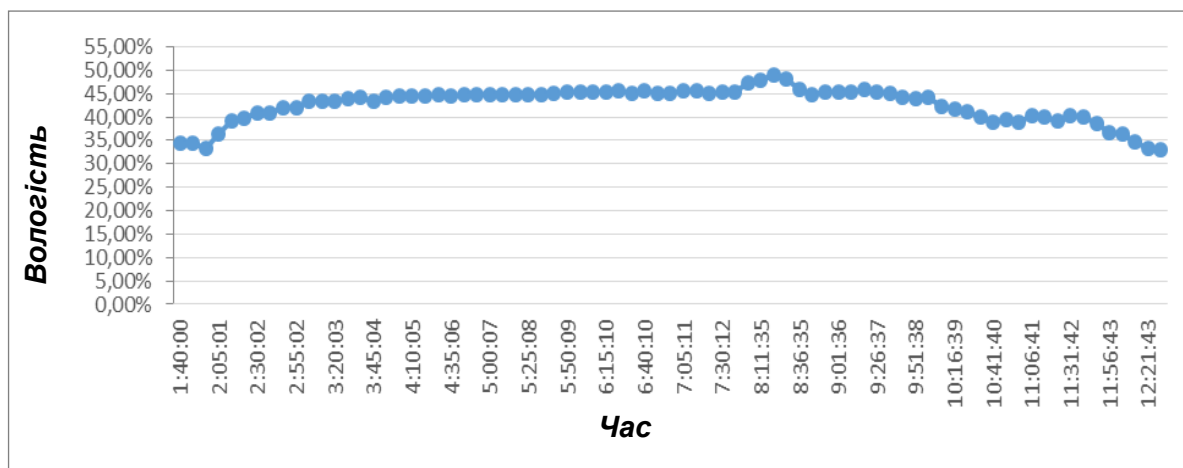


Рис. 3.32. Графік зміни в часі вологості повітря поблизу робочого місця
впродовж 10 годин з інтервалом у 25 хвилин

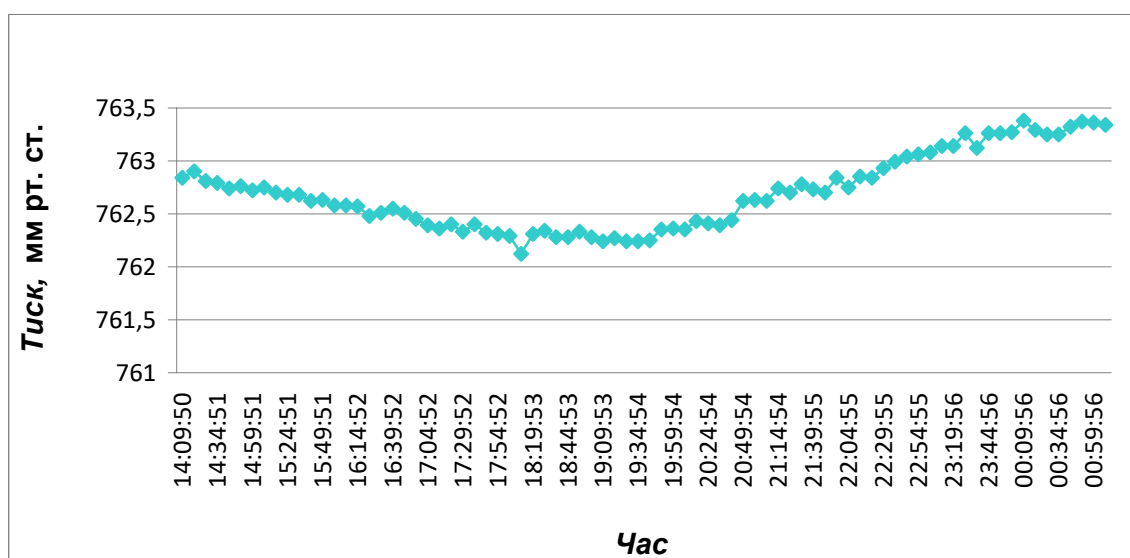


Рис. 3.33. Графік зміни в часі атмосферного тиску на робочому місці
впродовж 13 годин з інтервалом у 25 хвилин

Комплекс Arduino є ефективним навчальним засобом і для активізації інноваційної діяльності учнів, яка розгортається в навчальному процесі з фізики. Важливо, що створювані учнями за допомогою цього програмного засобу творчі продукти часто мають практичне значення, що є передумовою їх подальшого використання (наприклад, у навчально-виховному процесі школи). Розглянемо один із таких інноваційних продуктів.

Завдання «Лабораторний термостат». Лабораторним термостатом називають пристрій, який дозволяє підтримувати температуру досліджуваного об'єкта на заданому рівні. Місцем його застосування є лабораторії різних профілів: науково-дослідницькі, виробничі, медичні та інші. За видом робочого теплоносія розрізняють повітряні, рідинні та твердотільні лабораторні термостати. Враховуючи, що серед навчального фізичного обладнання відсутні пристрої для демонстрації принципу стабілізації температури різних об'єктів, актуальною є проблема створення демонстраційного термостату.

Розв'язання. Учнем нашої експериментальної групи – Романом Алієвим (10 клас, Запорізька гімназія № 28) – було розроблено пристрій – лабораторний термостат, який дозволяє здійснювати регулювання (стабілізацію) температури в робочій камері. Управління термостатом (зокрема,

забезпечення зворотного зв'язку) учень реалізував за допомогою апаратного комплексу Arduino: на платі Arduino Mega 2560, що виконана на основі мікроконтролера Atmega 2560.

Пристрій складається (рис. 3.34, а) з робочої камери, виготовленої з теплоізоляційного матеріалу, та контролера, що містить платформу Arduino Mega 2560, клавіатуру, LCD екран, реле та нагрівач. До пам'яті мікроконтролера записано цільове значення температури, до якого потрібно нагріти робочу камеру. Для встановлення цільового значення температури призначена клавіатура. LCD екран відображає цільове та поточне значення температури робочої камери. Ввімкнення/вимкнення нагрівача (резистора) здійснюється за допомогою реле.

Після подачі живлення на пристрій мікроконтролер зчитує з пам'яті значення цільової температури й порівнює його зі значенням температури, що надходить із датчика температури. Якщо поточне значення нижче за цільове, реле вмикає нагрівач у робочій камері. Через рівні проміжки часу (наприклад, через кожні півсекунди) мікроконтролер порівнює температуру в робочій камері з цільовою. Мікроконтролер постійно виводить на LCD екран поточне значення температури в робочій камері та значення цільової температури. Якщо температура в робочій камері стає вище заданої, реле вимикає нагрівач.

Експериментальна залежність температури в робочій камері від часу нагріву подана на рис. 3.34, б). Із графіка видно, що початкова температура в робочій камері складала 28 °С, а цільова температура відповідала 40 °С. За досягнення останньої нагрівач автоматично вимкнувся, і температура дещо знизилася (приблизно до 39 °С). Далі процеси нагріву й природного охолодження повторюються. Температура в камері підтримується на рівні 39 °С–40 °С. Ділянка на графіку, що відповідає спаду температури з 37 °С до 36 °С, обумовлена короткочасним відкриванням кришки робочої камери. Створений термостат може бути використаний у навчальному процесі з фізики як демонстраційний засіб та як лабораторний пристрій для забезпечення температурних умов проведення деяких дослідів з фізики, хімії, біології.

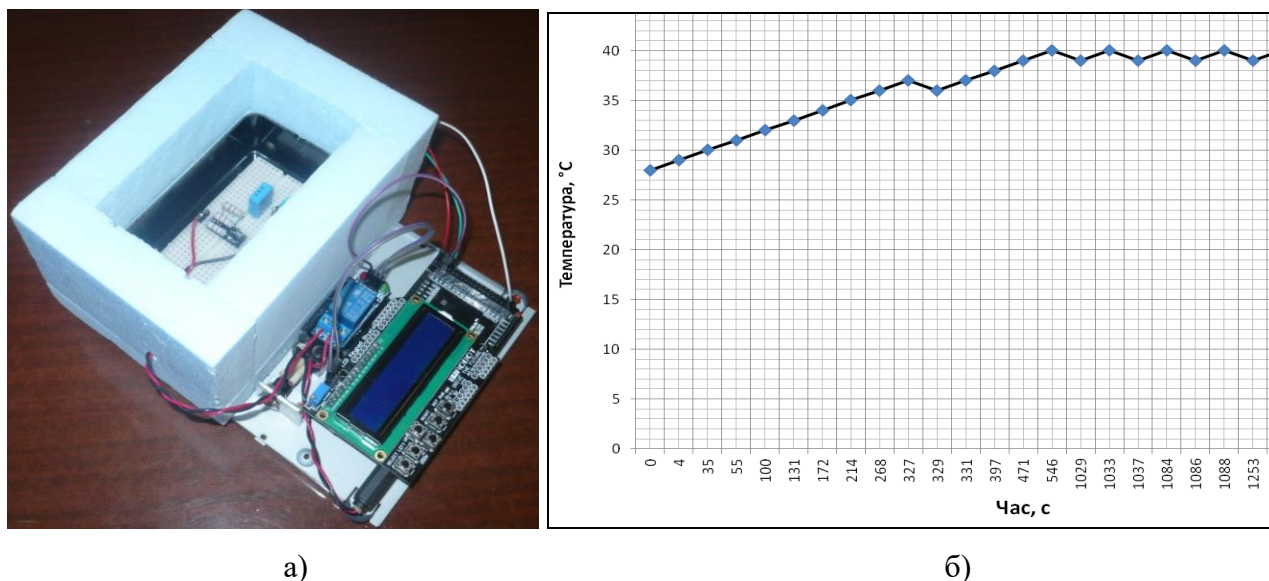


Рис. 3.34. Лабораторний термостат, створений на платі Arduino Mega 2560 (а) та графік зміни в часі температури в робочій камері у процесі роботи термостата (б)

Отже, дослідження навчальних можливостей апаратно-програмного комплексу Arduino, які перевірялися під час експериментального навчання, засвідчили, що цей програмний засіб може мати важливе значення в позааудиторній навчально-пізнавальній діяльності майбутніх учителів фізики та в позаурочній діяльності учнів (зокрема для активізації їх науково-дослідницької та інноваційної діяльності).

Враховуючи зазначене, слід визнати доцільність ознайомлення майбутніх учителів фізики у процесі їх професійної підготовки з сучасними програмними засобами, зокрема, з комп'ютерною програмою Soundcard Scope та апаратно-програмним комплексом Arduino, які дозволяють автоматизувати фізичний експеримент, сприяють активізації інноваційної діяльності учнів з фізики (зокрема, забезпечують їм нагоду проявити самостійний інноваційний пошук) з урахуванням їх індивідуальних особливостей, нахилів та здібностей.

3.6. Самостійна навчальна діяльність студентів як необхідна складова методичної системи їх підготовки до організації інноваційної діяльності учнів

Самостійна навчальна діяльність (самостійна робота) посідає важливе місце в методичній системі професійної підготовки майбутніх учителів. Вона є різновидом навчальної діяльності, що здійснюється студентами без прямої участі викладача, але під його контролем, і може відбуватись як під час аудиторних занять, так і в позааудиторний час. Уміло організована самостійна діяльність студентів сприяє підвищенню рівня їх професійної підготовки, якості засвоєння знань, мотивації до вивчення дисциплін, розширює їх кругозір. У процесі самостійної роботи розвиваються розумові здібності студентів та виявляється індивідуальний стиль їх мислення та поведінки, що обумовлюють формування авторської системи діяльності в майбутнього вчителя фізики (яка проявляється, зокрема, у незалежності та своєрідності провадження педагогічної діяльності, творчому застосуванні усталених і створенні авторських технологій навчання).

Визнаючи самостійну роботу як вищий вид навчальної діяльності, авторський колектив [317, с. 363] розуміє її як діяльність, що організується тим, хто навчається, завдяки його пізнавальним мотивам у найзручніший, раціональніший, з його точки зору, час та контролюється ним же на основі опосередкованого системного керівництва з боку викладача.

Важливо, що самостійна діяльність студентів у процесі їх професійної підготовки є одночасно і формою організації навчального процесу, і методом формування у них самостійності. Остання, за визначенням З. Н. Курлянд [285, с. 158], є інтегративною якістю особистості, що полягає у здатності та потребі приймати й реалізовувати рішення з власної ініціативи й нести за них відповідальність. Вищий, творчий рівень розвитку самостійності, на думку З. Н. Курлянд, полягає в потребі постійно ставити перед собою нові цілі та завдання, спрямовані на вихід за межі заданого, на пошук і відкриття нових закономірностей та способів розв'язання [285, с. 160]. Особливого значення ця якість набуває для особистості, яка здійснює інноваційну діяльність (наприклад, майбутній учитель фізики, учень).

Дидактичні й методичні аспекти самостійної навчальної діяльності студентів та учнів (зокрема в навчанні фізики) розглядали С. П. Величко [102], Т. П. Гордієнко [135], О. І. Іваницький [182], Б. Г. Кремінський [212], П. І. Підкасистий [291], О. В. Слободяник [359], М. М. Солдатенко [365], Б. А. Сусь [374–376] та багато інших учених. Однак актуальними залишаються питання, пов'язані з організаційними та методичними особливостями самостійної навчальної діяльності студентів – майбутніх учителів фізики – у контексті їх підготовки до інноваційної педагогічної діяльності (зокрема, у процесі формування в них готовності до організації інноваційної діяльності учнів з фізики).

Серед загальних вимог, виконання яких створює передумови щодо ефективності самостійної роботи, Т. І. Туркот [386, с. 253] виділяє такі: розвиток мотиваційної настанови у студентів (викладач має сприяти формуванню у студента внутрішньої потреби до самостійної діяльності); систематичність самостійної роботи; її правильне планування (студенти мають привчатись складати план своїх дій; зосереджуватися на головних питаннях); здійснення педагогічного управління самостійною роботою студентів (що забезпечується шляхом визначення вимог до виконання конкретного завдання, проведення консультацій, надання студентам методичних порад і вказівок).

На думку Б. А. Суся [376], найсуттєвішою ознакою самостійної роботи студента під час навчання є самостійна розумова діяльність, яку можна організувати на заняттях різних типів. С. П. Величко, Д. В. Соменко, О. О. Соменко [102] вважають, що методику організації самостійної діяльності студентів з фізики слід будувати на основі широкого застосування інформаційно-комунікаційних технологій та використання різних видів індивідуальних завдань (теоретичних, експериментальних, дослідницьких, методичних), що сприяють цілеспрямованій навчальній діяльності кожного студента.

До головних завдань самостійної навчальної діяльності студентів (майбутніх учителів фізики) у контексті їх підготовки до здійснення інноваційної педагогічної діяльності слід віднести такі:

- закріплення студентами теоретичного матеріалу з основ інноватики та розвиток здатностей до здійснення інноваційної діяльності;
- формування у студентів самостійності у процесі здійснення власного інноваційного педагогічного пошуку;
- набуття досвіду організації інноваційної діяльності учнів з фізики.

У структурі самостійної діяльності традиційно виділяють організаційно-змістовий, процесуальний та мотиваційний компоненти. Розглянемо їх докладніше в контексті підготовки майбутніх учителів фізики до здійснення інноваційної педагогічної діяльності (зокрема, у процесі формування в них готовності до організації інноваційної діяльності учнів з фізики) (рис. 3.35).

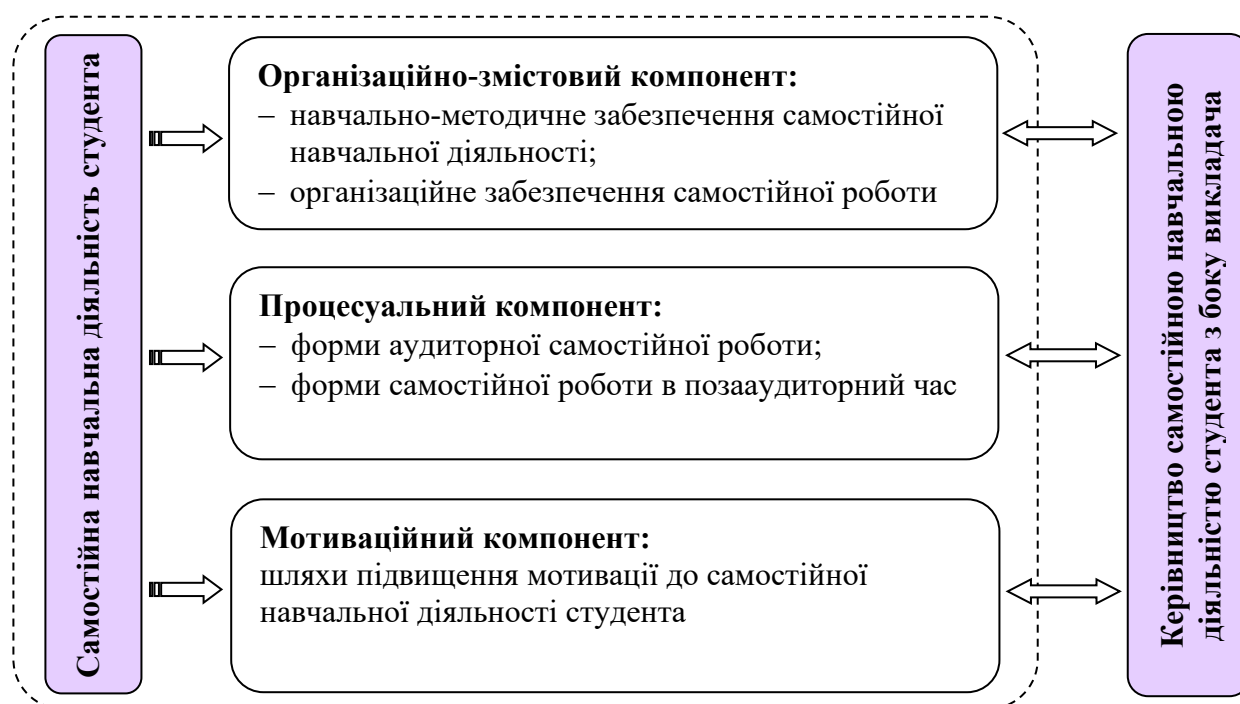


Рис. 3.35. Структура моделі самостійної навчальної діяльності студентів у контексті їх підготовки до організації інноваційної діяльності учнів

Організаційно-змістовий компонент самостійної навчальної діяльності. Самостійна навчальна робота студентів, що пов'язана з добуванням

певних знань та одержанням навчальних продуктів (зокрема інноваційних), потребує навчально-методичного та організаційного забезпечення. І. Т. Богданов [83, с. 194] вважає, що організаційним вирішенням змістового наповнення самостійної діяльності студентів є створення НМКД. Зауважимо, що завдяки широкому використанню інформаційно-телекомунікаційних технологій навчання, стає можливим розширення підходів щодо організації самостійної навчальної діяльності майбутніх учителів фізики. Цьому сприяє запровадження технологій дистанційного навчання. Ці технології О. І. Іваницький вважає сукупністю методів, форм і засобів взаємодії у процесі самостійного, проте контрольованого засвоєння студентами (учнями) певного масиву знань [182, с. 169]. Суттєвою ознакою дистанційного навчання, на думку авторського колективу [174, с. 74], є поєднання інформаційних технологій навчання з комунікаційними (останні включають, разом із традиційними засобами комунікацій, комп'ютери, локальні та глобальні мережі, електронну пошту тощо).

Ученим О. І. Іваницьким розглянуто трикомпонентну систему мережевих інформаційно-комунікаційних комплексів [182, с. 199], які уможливають створення інформаційного освітнього середовища. Ця система передбачає: наявність електронного банку НМКД; використання в освітніх цілях сторінки викладача в соціальних мережах; використання інтернет-платформи на сайтах університету (факультету).

До основних недоліків електронного банку НМКД слід віднести складність забезпечення зворотного зв'язку між студентом і викладачем, а також недоступність цього банку поза університетською мережею. Тому, не применшуючи значення цієї компоненти у створенні освітнього середовища, вважаємо, що найефективнішими формами реалізації організаційного забезпечення самостійної роботи студентів у процесі їх підготовки до інноваційної педагогічної діяльності є: використання віртуального освітнього середовища та розроблення сторінок (сайтів) викладачів [41]. Розглянемо їх детальніше.

Використання віртуального освітнього середовища. Прикладами некомерційних інтернет-платформ, що вже використовуються в освітніх цілях є: віртуальне освітнє середовище MOODLE, відкриті освітні платформи Lab CMS та Open edX Platform тощо. Маючи широкі можливості для організації дистанційного навчання, вони дозволяють реалізувати й функції перших двох компонент, усуваючи їх недоліки. Розглянемо далі деякі можливості інтернет-платформи MOODLE для організації дистанційного навчання майбутніх учителів фізики (зокрема, у контексті їх підготовки до інноваційної педагогічної діяльності).

Програмний комплекс MOODLE належить до систем управління вмістом сайту (Content Management System – CMS) і є віртуальним освітнім середовищем для забезпечення процесу навчання в дистанційній формі. Для цього в системі MOODLE передбачені широкі можливості щодо подання навчального матеріалу, перевірки знань студентів і контролю успішності їх навчання. Використання MOODLE у процесі підготовки майбутніх учителів фізики до інноваційної педагогічної діяльності дозволяє:

- надавати студентам методичну допомогу під час їх самостійної теоретичної підготовки до інноваційної діяльності, а також здійснювати контроль за рівнем їх навчальних досягнень;
- організовувати дистанційну роботу зі студентами у процесі їх підготовки до творчих конкурсів, конференцій тощо;
- проводити колективні навчальні заходи для студентів (відкриті лекції, майстер-класи тощо);
- здійснювати дистанційне консультування студентів з викладачем у процесі вивчення певної навчальної дисципліни;
- обирати студенту власну траєкторію навчання в галузі інноваційної діяльності відповідно до його здібностей та нахилів;
- здійснювати контроль за рівнем знань студентів у сфері інноватики.

Можливе змістове наповнення системи MOODLE розглянемо на прикладі вже згаданої авторської навчальної дисципліни «Організація інноваційної

діяльності учнів з фізики», що передбачена навчальним планом підготовки бакалавра в ЗНУ за предметною спеціальністю 014.08 Середня освіта (Фізика). Навчально-методичне забезпечення цієї дисципліни, представлене на інтернет-платформі MOODLE, розв'язує такі завдання:

1. *Організаційний аспект.* Він пов'язаний з плануванням та організацією вивчення дисципліни. Зазвичай це завдання виконує робоча програма, у якій наведено загальну структуру дисципліни, подано теми лекційних, практичних (лабораторних) занять, визначено тематику самостійної роботи студентів, наведено список рекомендованої літератури. Цей блок містить також інструктивні поради та рекомендації щодо засвоєння навчального матеріалу, визначає види контролю та інформує про спосіб накопичення студентами балів, що відображають їх навчальні досягнення (рис. 3.36).

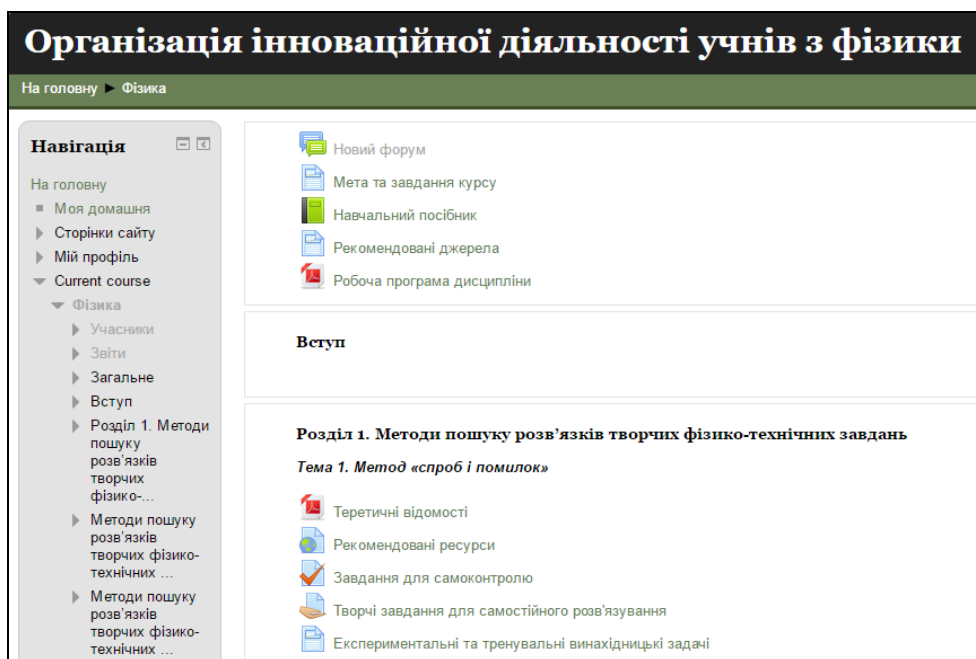


Рис. 3.36. Фрагмент сторінки «Зміст» навчально-методичного забезпечення дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» в системі MOODLE

2. *Змістовий аспект* пов'язаний із викладом (представленням) навчального матеріалу, що підлягає засвоєнню. Суттєвою ознакою є те, що цей матеріал подається в гіпертекстовій формі. Тож студент має нагоду побачити структуру всієї дисципліни та зміст її окремої теми.

3. *Діагностичний аспект.* Це завдання розв'язується за допомогою контрольних запитань та вправ до окремих тем, розділів та всієї дисципліни (рис. 3.37). Цей блок дозволяє студентам перевіряти рівень засвоєння навчального матеріалу, а викладачеві – здійснювати систематичний контроль за їх навчальними досягненнями. Важливо, що система MOODLE уможливорює побудову різних за формою завдань (наприклад, завдання на пошук правильної відповіді, завдання на встановлення відповідності тощо).

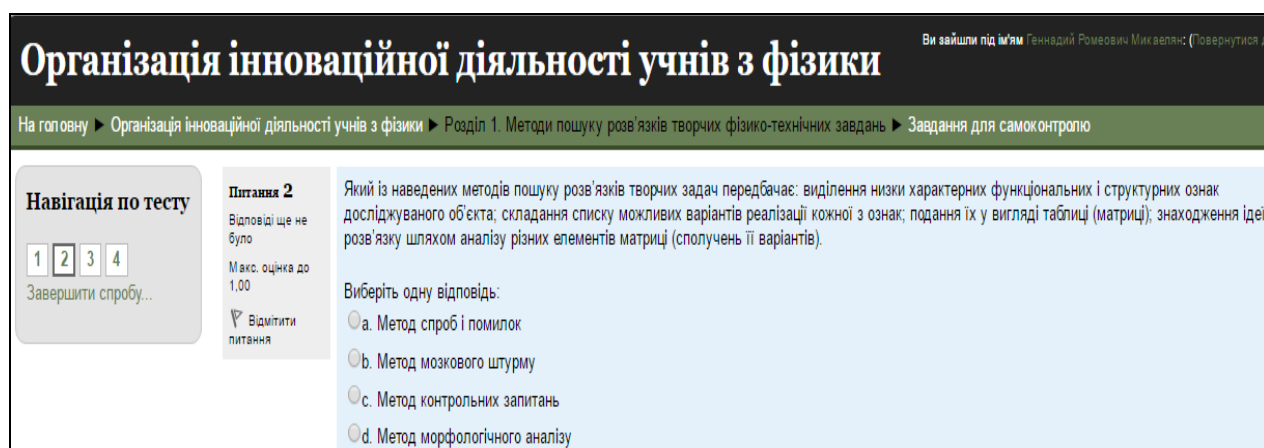


Рис. 3.37. Фрагмент сторінки «Завдання для самоконтролю» з дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» в системі MOODLE

Використання сторінок (сайтів) викладача. Додатковим організаційним засобом для методичного забезпечення самостійної роботи студентів може бути сторінка викладача, що розміщена безпосередньо в Інтернеті або в певній соціальній мережі (наприклад, Facebook, YouTube та інші). Прикладом успішної реалізації подібного підходу в освітній діяльності є сайт некомерційної освітньої організації «Академія Хана» (Khan Academy), на якому розміщено систему мікролекцій з різних галузей знань (з фізики, математики, хімії, біології, медицини й інших). О. І. Іваницький [182, с. 200] розглядає можливості використання професійної сторінки викладача в соціальних мережах для формування інформаційної культури майбутнього вчителя фізики.

Створений викладачем сайт (професійну сторінку), присвячений певній дисципліні, можна використовувати й для методичного забезпечення

самостійної навчальної діяльності студентів у процесі їх підготовки до інноваційної педагогічної діяльності. Для цього авторська сторінка викладача має містити систему покликань, які відкривають доступ до відповідного навчально-методичного контенту (мікролекцій, демонстрацій, експериментів тощо), що уможлиблює самостійну підготовку студентів. Використання цього підходу виявляє такі навчальні можливості:

1. Висвітлення теоретичного та практичного матеріалу, пов'язаного з інноватикою та інноваційною діяльністю, можна реалізувати за допомогою відеоматеріалів. Основні вимоги до них такі: короткотривалість (кілька хвилин), що пов'язана з утриманням уваги в того, хто навчається, а також спрямованість на висвітлення конкретного змістового елементу навчального матеріалу. Важливо, що подання навчального матеріалу у відеоформаті можна максимально наблизити до його висвітлення викладачем під час «живих» занять (про відповідні способи йтиметься нижче).

2. Самостійну роботу з навчальним контентом студент може здійснювати в зручний для нього час, приділяючи вивченню певного питання стільки часу, скільки вважає за необхідне.

3. Розроблення навчального матеріалу (зокрема відеоматеріалів) можуть здійснювати студенти як відповідне індивідуальне завдання з дисциплін або у процесі виконання курсових і кваліфікаційних робіт.

4. Використання авторської сторінки викладача частково розв'язує проблему відсутності студента на занятті, зокрема, є дієвим навчальним засобом для тих студентів, які з певних причин не можуть систематично відвідувати аудиторні заняття.

5. На відміну від матеріалу, що міститься в Інтернеті у вільному доступі (і може мати певні неточності та помилки), матеріал, розміщений на авторській сторінці викладача, є перевіреним.

Розглянемо основні особливості розроблення навчальних відеофрагментів. Для цього використовуються графічні комп'ютерні програми та програми для захвату відео з екрану (така програма зберігає те, що відбувається на екрані на

жорсткий диск комп'ютера). На рис. 3.38 подано кадр відеофрагменту, створеного за допомогою графічного редактору Microsoft Paint та програми iSpring Free Cam (програма дозволяє створювати відеозаписи зі звуковим супроводом та розміщувати їх на сервісі YouTube). Як додаткове обладнання були використані графічний планшет (він виконував роль шкільної дошки) і мікрофон (для реалізації звукового супроводу пояснення).

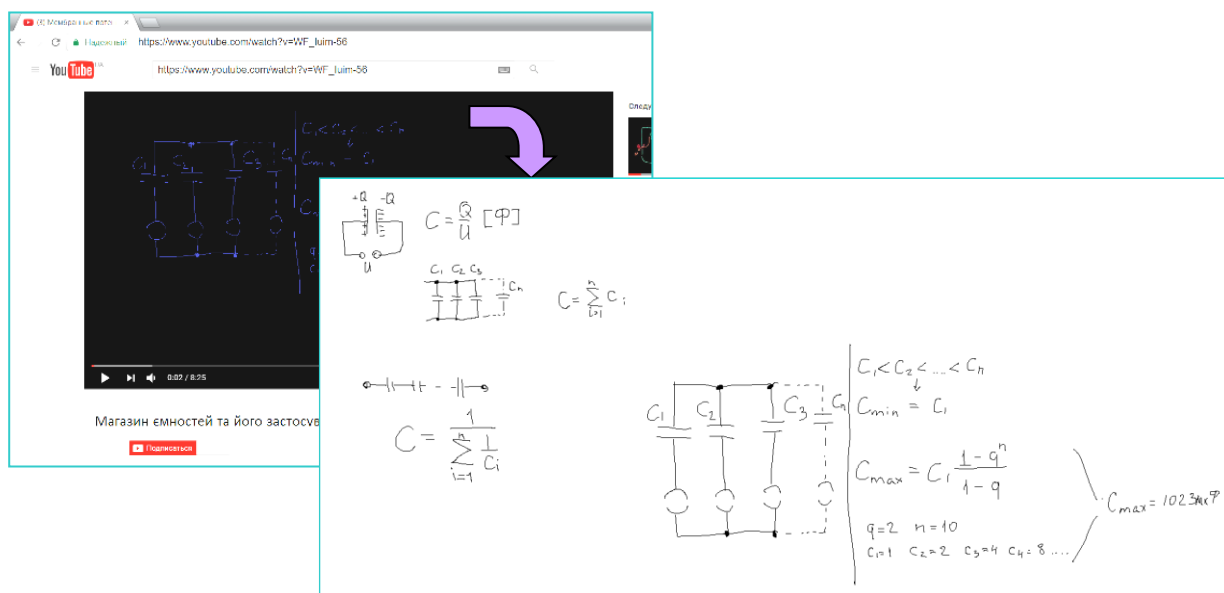


Рис. 3.38. Кадр з відеоматеріалу, присвяченого інноваційному продукту
«Демонстраційний магазин ємностей»

У зазначеному відеофрагменті розглядається суть інноваційного продукту «Демонстраційний магазин ємностей», що був створений студентами нашої експериментальної групи. В основу розробки було поставлено задачу щодо зменшення кількості конденсаторів (порівняно із сучасними пристроями) для досягнення певного діапазону можливих значень електричної ємності. Ідея запропонованого розв'язку полягає в такому.

Формула корисної моделі. Демонстраційний магазин ємностей, який містить корпус, виконаний з діелектричного матеріалу, паралельно з'єднані між собою конденсатори з маркуванням їх ємностей, підключені послідовно з кожним із конденсаторів штепсельні гнізда, який відрізняється

тим, що значення ємностей конденсаторів утворюють геометричну прогресію зі знаменником два.

Пояснення принципу дії цього пристрою, реалізоване у відеоформаті, полягає у висвітленні змістових елементів у такій послідовності: конденсатор та його ємність → паралельне та послідовне з'єднання конденсаторів → схема розробленого магазину ємностей → принцип дії пристрою та приклад його конкретного виконання. Під час перегляду створеного в такий спосіб відеофрагменту в того, хто навчається, створюється уява, що він нібито знаходиться в аудиторії та ознайомлюється з поясненням викладача.

Отже, організаційно-змістовий компонент самостійної роботи студентів (у контексті їх підготовки до організації інноваційної діяльності учнів) містить:

- навчально-методичне забезпечення самостійної роботи (робоча програма навчальної дисципліни; підручники та посібники; методичні рекомендації та вказівки до самостійної роботи студентів; фізичний практикум; засоби діагностики навчальних досягнень студентів);

- організаційне забезпечення самостійної роботи. Воно передбачає, зокрема, використання віртуального освітнього середовища (реалізованого за допомогою таких відкритих освітніх платформ як MOODLE, Lab CMS, Open edX Platform та інших); використання сторінок (сайтів) викладача, розміщених безпосередньо в Інтернеті або в соціальних мережах.

Процесуальний компонент самостійної навчальної діяльності.

Процесуальний компонент самостійної навчальної діяльності студентів – майбутніх учителів фізики, у контексті їх підготовки до інноваційної педагогічної діяльності, визначається формами самостійної роботи, які сприяють залученню студентів до інноваційної діяльності. Ці організаційні форми були виділені у структурно-функціональній моделі підготовки майбутнього вчителя фізики (підрозділ 3.1). Умовно їх можна поділити на аудиторні та позааудиторні.

До *аудиторних* форм самостійної роботи, які відіграють важливу роль у підготовці студентів до інноваційної діяльності слід віднести самостійну роботу

під час практичних та лабораторних занять. Серед *позааудиторних* форм навчальної діяльності, що можуть передбачати самостійне здійснення студентами інноваційної діяльності (зокрема інноваційної педагогічної діяльності), важливе місце посідають такі:

- виконання домашніх (зокрема індивідуальних) завдань із дисциплін;
- виконання курсових та кваліфікаційних робіт;
- самостійна робота, що здійснюється студентами в період практики;
- науково-дослідницька робота у проблемних групах та наукових гуртках, які створюються на базі кафедр або навчально-наукових лабораторій;
- участь студентів у кафедральних науково-дослідницьких проектах;
- самостійна робота студентів під час підготовки до науково-дослідницьких конкурсів та олімпіад фізико-технічного спрямування;
- здійснення студентами керівництва науково-дослідницькою роботою учнів у процесі їх підготовки до фізико-технічних конкурсів.

Серед науково-дослідницьких конкурсів, що сприяють залученню студентів до інноваційної діяльності, слід вказати на такі: Всеукраїнський студентський конкурс наукових робіт (зокрема з фізико-технічного та педагогічного напрямів); Всеукраїнський конкурс юних раціоналізаторів та винахідників «Природа – людина – виробництво – екологія», що проводиться в межах Всеукраїнського тижня «Україна – Європа – Світ»; Всеукраїнський студентський конкурс наукових робіт «Шлях у майбутнє»; Всеукраїнський молодіжний конкурс «Новітній інтелект України»; Всеукраїнська студентська олімпіада з фізики та інші (у табл. 3.3 наведено деякі результати участі студентів експериментальної групи у цих конкурсах). Активізації студентської інноваційної діяльності сприяють також наукові конференції різних рівнів. Як приклад наведемо звітну наукову конференцію «Науковий потенціал ЗНУ» та на університетську науково-практичну конференцію студентів, аспірантів і молодих учених «Молода наука», які щорічно проводяться в ЗНУ.

Слід зауважити, що сучасний розвиток інформаційно-комунікаційних технологій дозволяє розширити можливі форми самостійної роботи студентів.

Навіть для такої організаційної форми навчання як лабораторний фізичний експеримент виявляється можливим використання певних елементів дистанційного навчання. Така нагода особливо важлива для організації інноваційної діяльності як студентів, так і учнів. Адже проведення певного фізичного експерименту (як відповідного етапу інноваційної діяльності з фізики) може потребувати багато часу, а також передбачати використання певного обладнання та програмних засобів.

Таблиця 3.3

**Результати участі представників експериментальної групи
у всеукраїнських студентських конкурсах**

Навч. рік	Прізвище та ім'я студента	Назва конкурсу	Назва роботи	Результат виступу
2013/ 14	Мартиненко Віктор	Всеукраїнський конкурс студентських науково-дослідницьких робіт	Пристрій для примусової циркуляції теплоносія замкнутим контуром	II місце
2010/ 11	Шаповал Юлія	Всеукраїнський конкурс «Новітній інтелект України» Фонду «Україна 3000»	Економічна ефективність впровадження вакуумних сонячних колекторів в адміністративних і житлових будівлях	III місце
2009/ 10	Дуда Євген	Всеукраїнська студентська олімпіада зі спеціальності «Фізика»	—	III місце
2008/ 09	Ковтуненко Юлія	Всеукраїнський студентський конкурс наукових робіт «Шлях у майбутнє»	«Методичні вдосконалення робіт фізичного практикуму для класів з поглибленим вивченням фізики»	III місце

Один із можливих варіантів дистанційного проведення фізичного експерименту є використання програм для управління віддаленим комп'ютером через Інтернет. Такими програмами, зокрема, є AeroAdmin, TeamViewer, Microsoft Remote Desktop. Наведемо основні кроки (алгоритм) дистанційного виконання експерименту:

1. *Вибір програми для управління віддаленим комп'ютером.* Припустимо, що була вибрана безкоштовна програма AeroAdmin. Студент має запустити цю

програму на власному комп'ютері. Вона забезпечить віддалений доступ до комп'ютера, що знаходиться в навчальній (науковій) лабораторії. Крім цього, студенту необхідно отримати власний ID комп'ютера (фізичну адресу його мережевої плати).

2. *Підключення до лабораторного комп'ютера.* Для цього необхідно домовитися (зателефонувати, надіслати e-mail, зв'язатись у Skype тощо) з інженером, який обслуговує лабораторію, про дистанційне виконання певної лабораторної роботи, з'ясувати ID лабораторного комп'ютера; провести процедуру підключення на своєму комп'ютері (заповнити графу «ID/IP клієнта», обрати режим підключення: «Повне керування», натиснути «Підключитись»); дочекавшись згоди з боку лабораторного комп'ютера, увійти на його робочий стіл.

3. *Запуск програмного забезпечення для проведення фізичного експерименту.* Дистанційне виконання експерименту можливе за умови його автоматизації. Реалізувати останню можна, зокрема, за допомогою комп'ютерної програми Soundcard Scope та апаратно-програмного комплексу Arduino (підрозділ 3.5). Студент має запустити на лабораторному комп'ютері необхідне для виконання експерименту програмне забезпечення (рис. 3.39).

4. *Виконання експерименту.* Використання таких програмних засобів як Soundcard Scope та Arduino дозволяє студентів здійснювати дистанційне керування ходом експерименту. Зокрема, дозволяє: вибирати параметри генератора, осцилографа, створювати та налаштовувати скетчі для обладнання Arduino, вибирати та змінювати параметри графічного виводу результатів експерименту. Для зміни досліджуваного об'єкту або для переходу до виконання іншої лабораторної роботи (що пов'язано зі зміною обладнання) студенту необхідно звертатися за допомогою до інженера лабораторії.

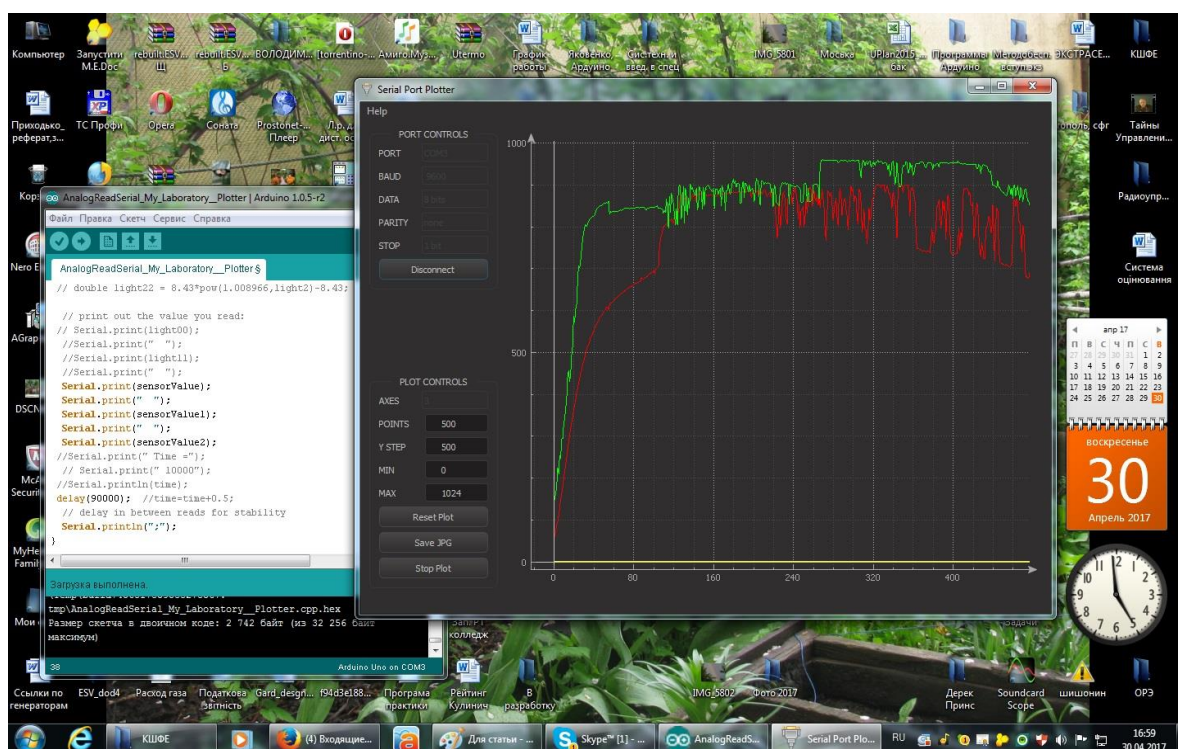


Рис. 3.39. Дистанційне керування експериментом за допомогою апаратно-програмного комплексу Arduino

Мотиваційний компонент самостійної навчальної діяльності.

Ефективність самостійної діяльності (зокрема такої, що має ознаки інноваційної) залежить також від рівня вмотивованості студентів до цієї діяльності. За відсутності мотивів діяльність набуває формального характеру, а тому вона не має свого навчального значення. Тож слід передбачити шляхи підвищення мотивації до самостійної навчальної діяльності студентів. Важливим напрямком у цьому є визначення відповідних вимог до завдань, що спрямовані на залучення студентів до самостійного здійснення інноваційного пошуку. Розглянемо умови, врахування яких сприяє підвищенню мотивації студентів до самостійної діяльності:

1. Зміст завдань, що використовуються для залучення студентів (учнів) до самостійного інноваційного пошуку, мають враховувати індивідуальні особливості, інтереси та нахили того, хто навчається.
2. Складність завдань має відповідати рівню навчальних можливостей студента. Якщо завдання буде надто легким, студент (учень) не відчуватиме

власний успіх від його розв'язання. Якщо ж завдання буде надто складним, то студент (учень) або взагалі його не розв'язуватиме, або, здійснивши кілька невдалих спроб, відмовиться від подальшої самостійної роботи.

3. Бажано, щоб результат, отриманий під час розв'язання завдання, мав не лише навчальну, але й практичну значимість. Разом із цим, ми згодні з думкою авторського колективу [174, с. 110] про те, що важливо спрямовувати студентів (учнів) не лише на одержання певного результату розв'язання задачі, а й на інтерес до діяльності. Розвитку пізнавальної мотивації у процесі самостійної діяльності студентів сприяють завдання, які є проблемними ситуаціями.

4. Завдання мають передбачати можливість розгортання довгострокової діяльності студентів (що може також відбуватися на кафедрі, у науковій лабораторії тощо) з наступним представленням здобутих результатів, наприклад, на студентських конференціях, науково-дослідницьких конкурсах.

Як приклад розглянемо окреме завдання для організації самостійної навчальної діяльності студентів з циклу індивідуальних домашніх завдань, що ми пропонуємо в межах дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики». Основною метою цих завдань є моделювання студентами процесу організації інноваційної діяльності учнів з фізики, а також формування у студентів авторської системи діяльності. У структурі таких завдань умовно можна виділити змістову та організаційну частини. Змістова частина представлена проблемною ситуацією, що потребує розв'язання. Організаційна частина містить вказівки щодо необхідних компонентів, які мають бути виконані під час розв'язання завдання.

Завдання. «Демонстраційний прилад для вимірювання індукції магнітного поля». *Проблемна ситуація.* З основами фізики магнітних явищ учні знайомляться ще у школі. У переліку стандартного шкільного обладнання з фізики відсутні пристрої, що можуть наочно продемонструвати процес вимірювання індукції магнітного поля. Отже, актуальною є проблема створення пристрою для вимірювання магнітної індукції хоча б у найпростіших випадках,

наприклад, для вимірювання індукції магнітного поля вздовж головних осей симетрії постійних магнітів.

Організаційна частина до завдання:

1. Виділіть найважливіші, на ваш погляд, етапи щодо організації діяльності учня (групи учнів) з розв'язання вказаної проблемної ситуації.
2. Опишіть способи проведення патентного пошуку, спрямованого на вивчення пристроїв аналогічного призначення.
3. Складіть план дій щодо розроблення конструкції, теоретичного та експериментального дослідження нового приладу.
4. Запропонуйте напрямки можливого впровадження пристрою.
5. Запропонуйте авторське розв'язання проблемної ситуації.

Зазначимо, що виконання наведених вище умов, які сприяють підвищенню мотивації студентів до самостійної навчальної діяльності, було реалізовано в запропонованому нами методичному підході щодо розроблення творчих завдань до лабораторних робіт з фізики, які уможливають залучення студентів (учнів) до самостійної інноваційної діяльності (підрозділ 3.3).

Отже, особливості самостійної навчальної діяльності студентів – майбутніх учителів фізики в контексті їх підготовки до організації інноваційної діяльності учнів полягають у такому. Ефективна реалізація *організаційно-змістового компоненту* самостійної роботи разом з її традиційним навчально-методичним забезпеченням (робоча програма навчальної дисципліни; підручники та посібники; методичні рекомендації та вказівки до самостійної роботи студентів тощо) має передбачати використання віртуального освітнього середовища (реалізованого за допомогою таких відкритих освітніх платформ, як MOODLE, Lab CMS, Open edX Platform та інших), а також використання сторінок (сайтів) викладача, розміщених безпосередньо в Інтернеті або в соціальних мережах. *Процесуальний компонент* самостійної роботи визначається аудиторними та позааудиторними формами навчальної роботи, що відіграють важливу роль у підготовці студентів до здійснення інноваційної діяльності та в набутті ними досвіду залучення до цієї діяльності учнів.

Мотиваційний компонент пов'язаний із конкретними умовами, що сприяють підвищенню мотивації студентів до здійснення самостійного інноваційного пошуку.

Висновки до розділу 3

1. Розроблено структурно-функціональну модель підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів, що відображає принципові елементи цієї підготовки та встановлює зв'язки між ними. Модель складається з таких блоків: цільового, змістового, теоретико-методологічного, організаційно-методичного, діагностичного та результативного. Зворотний зв'язок між блоками моделі дозволяє забезпечити коригування змісту, методів, засобів і форм організації навчання залежно від результату, що обумовлюється розроблюваною методичною системою підготовки майбутніх учителів фізики.

2. Запропоновано використовувати метод проблемних ситуацій у процесі теоретичної підготовки майбутніх учителів фізики (та учнів) до здійснення інноваційної діяльності. Він передбачає подання матеріалу, що підлягає засвоєнню, у вигляді навчальних блоків, які є відносно незалежними між собою змістовими одиницями. Кожен із них присвячений розгляду певного змістового елементу теоретичного матеріалу та структурований за проблемною ситуацією, фізичними задачами, їх розв'язаннями та аналізом результатів. Найважливішу роль цей метод відіграє у процесі самостійної теоретичної підготовки студентів. Він, зокрема, сприяє усвідомленому засвоєнню ними теоретичного матеріалу з актуальних фізико-технічних проблем, у предметну галузь яких можна спрямовувати інноваційну діяльність учнів із фізики в майбутній педагогічній практиці. Подібні до наведених навчальні блоки (із деяким спрощенням) вчитель може використовувати у процесі роботи з учнями.

3. З'ясовано, що обов'язковим компонентом підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів є набуття студентами досвіду виконання та розроблення лабораторних робіт, що мають

передбачати продуктивну навчально-пізнавальну діяльність. Запропоновано структуру та зміст таких робіт. Їх основною відмінністю є система додаткових творчих завдань, які представлені експериментальними, винахідницькими та конструкторськими задачами, що покликані спрямовувати учнів із різним рівнем навчальних досягнень із фізики до самостійної творчої діяльності з урахуванням їх інтересів і нахилів.

4. Розроблено та впроваджено у процес підготовки майбутніх учителів фізики навчальний посібник «Фізика. Лабораторні роботи з творчими завданнями» [42] (гриф МОН України «Рекомендовано»). Наведені в посібнику лабораторні роботи структуровані за теоретичними відомостями, експериментальною частиною та додатковими творчими завданнями. Використання посібника сприяє формуванню у студентів готовності до організації учнівської інноваційної діяльності під час виконання лабораторного експерименту з фізики. Запропоновані в посібнику лабораторні роботи можна також використовувати в навчальному процесі з фізики у школі.

5. Показано, що розвитку у студентів – майбутніх учителів фізики й учнів здатності до виявлення фізико-технічних проблем та вибору теми творчої роботи сприяє вивчення ними систем – створених людиною (нинішній рівень техніки), природних, казкових і фантастичних – з виокремленням у них корисних властивостей. Ці системи можуть бути й джерелами можливих розв’язків певної проблеми.

6. Запропоновано методичний підхід до формування в учнів здатності до проведення теоретичних та експериментальних досліджень (що є відповідними етапами створення інноваційного продукту) шляхом їх представлення у вигляді циклу більш простих і логічно взаємопов’язаних фізичних задач, які є окремими кроками розв’язання більш складної технічної проблеми. Використання цього підходу сприяє формуванню в учнів внутрішніх (пізнавальних) мотивів до навчальної діяльності (у них з’являється інтерес до отримання результатів дослідження), що також сприяє усвідомленому використанню теоретичних знань у нових ситуаціях.

7. Встановлено, що формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації учнівської інноваційної діяльності має передбачати вивчення підходів і методів здійснення політехнічної підготовки учнів, що відіграє важливе значення на окремих етапах інноваційної діяльності (зокрема, на етапі розроблення та виготовлення діючої моделі та її випробування). Запропоновано здійснювати цю підготовку шляхом використання в навчальному процесі з фізики (насамперед, на лабораторних заняттях і в позаурочній діяльності) завдань на конструювання та виготовлення нескладних пристроїв. Вони сприяють усвідомленому засвоєнню учнями знань політехнічного характеру, набуттю ними власного досвіду конструкторської діяльності, створюють умови для прояву творчої ініціативи.

8. Визначено місце інформаційних технологій у процесі формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів. Його структуровано за трьома основними блоками: інформаційна підготовка студентів – майбутніх учителів фізики (перший блок); використання інформаційних технологій студентами в їх навчально-пізнавальній та науково-дослідній діяльності (на етапі теоретичної підготовки; у процесі набуття досвіду здійснення інноваційної діяльності під час навчання в університеті; у процесі формування досвіду безпосередньої роботи з учнями) (другий блок); розроблення, апробація та впровадження нових інформаційно-комунікаційних продуктів в освітній процес (третій блок). Під час аналізу навчальних можливостей сучасних програмних засобів визнано за доцільне ознайомлення майбутніх учителів фізики у процесі їх професійної підготовки з комп'ютерною програмою Soundcard Scope та апаратно-програмним комплексом Arduino, які дозволяють автоматизувати фізичний експеримент та сприяють активізації інноваційної діяльності учнів з фізики (зокрема, забезпечують їм нагоду вияву самостійного інноваційного пошуку) з урахуванням їх індивідуальних особливостей, нахилів та здібностей.

9. Визначено особливості самостійної навчальної діяльності студентів – майбутніх учителів фізики в контексті їх підготовки до організації інноваційної

діяльності учнів. Як ефективну реалізацію *організаційно-змістового компоненту* самостійної роботи, разом з її традиційним навчально-методичним забезпеченням (робоча програма навчальної дисципліни; підручники та посібники; методичні рекомендації та вказівки до самостійної роботи студентів тощо), визнано використання віртуального освітнього середовища (реалізованого за допомогою таких відкритих освітніх платформ як MOODLE, Lab CMS, Open edX Platform тощо), а також використання сторінок (сайтів) викладача, розміщених безпосередньо в Інтернеті або в соціальних мережах. У *процесуальному компоненті* самостійної роботи визначено аудиторні та позааудиторні форми навчальної роботи, що відіграють важливу роль у підготовці студентів до здійснення інноваційної діяльності та в набутті ними досвіду залучення до цієї діяльності учнів. *Мотиваційний компонент* конкретизовано умовами, що сприяють підвищенню мотивації студентів до здійснення самостійного інноваційного пошуку.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ (НА ПРИКЛАДІ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У СФЕРІ ФІЗИЧНИХ ОСНОВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ)

4.1. Фізичні основи енергозбереження як важливий напрям інноваційної діяльності

Урахування концепції сталого розвитку у змісті навчання фізики. Принцип гуманізації освіти обумовлює зміни у змісті навчання фізики в загальноосвітній школі. О. І. Іваницький зазначає [182, с. 6], що відповідно до цього принципу основи фізики розглядаються з точки зору їх зв'язку із сучасністю й перспективами розвитку, розкривається взаємодія між природою та людиною, людиною й технікою, особливо акцентується на екологічний аспект життєдіяльності суспільства.

Врахування принципу гуманізації освіти обумовлює вибір змістової складової інноваційної діяльності учнів, орієнтацію її на ідеї стратегії сталого розвитку суспільства та на розв'язання конкретних проблем, пов'язаних з реалізацією цієї стратегії (однією з них є проблема енергозбереження). Розглянемо це питання докладніше.

У наш час проблема досягнення *сталого розвитку* є однією з пріоритетних у роботі науковців, підприємців, освітян як на національному, так і міжнародному рівнях. Термін *сталий розвиток* (іноді вживається термін *стійкий розвиток*) відносно новий, проте часто вживаний у науці, економіці, освіті. Повсюдного застосування словосполучення «сталий розвиток» (sustainable development), указує В. П. Романов [327, с. 214], набуло після публікації в 1987 р. доповіді «Наше спільне майбутнє», яку підготувала комісія ООН із питань навколишнього середовища й розвитку.

На конференції ООН з навколишнього середовища й розвитку, яка відбулася в 1992 р. у Ріо-де-Жанейро, було закликано всі держави і народи

світу перейти на нову парадигму розвитку – шлях стійкого розвитку. Необхідність такого переходу, на думку авторського колективу [370, с. 25], викликана зростаючими протиріччями між зростанням потреб і нездатністю біосфери Землі їх забезпечити, не руйнуючи саму себе. Ще В. І. Вернадський стверджував, що практична діяльність людини набуває глобальних масштабів і за своїм впливом на перетворення нашої планети її можна порівняти з геологічною силою. Він, зокрема, писав: «Упродовж останнього тисячоліття спостерігається інтенсивне зростання впливу однієї видової живої речовини – цивілізованого людства – на зміну біосфери. Під впливом наукової думки й людської праці біосфера переходить у новий стан – у *ноосферу*» [104, с. 27].

Терміном «*сталий розвиток*» А. В. Праховник, Є. М. Іншеков, В. І. Дешко та інші [158, с. 13] характеризують «гармонійний, збалансований, безконфліктний прогрес всієї земної цивілізації, груп країн (регіонів, субрегіонів), а також окремо взятих країн нашої планети за науково обґрунтованими планами». Там же зазначається, що *сталий розвиток* – це керований розвиток. Основою його керованості є наукові принципи системного підходу й сучасні інформаційні технології, які дозволяють швидко моделювати різні варіанти шляхів розвитку, з високою точністю прогнозувати їх результати та вибирати найоптимальніший. Зрозуміло, що освіта й виховання молоді мають першорядне значення у процесі розбудови проблеми досягнення сталого розвитку. Розглянемо лише деякі тенденції модернізації освіти в контексті реалізації стратегії сталого розвитку.

На думку К. Й. Артамонової [55], концепція сталого розвитку є сьогодні стратегічною метою освіти, що бере своє походження від ідеї наявності єдиної ціннісної тканини суспільства. Педагогічна спільнота має орієнтуватися на прийняту в державі систему цінностей та ефективну її реалізацію в навчальному процесі. У зв'язку з цим там же виділено основні тенденції модернізації освіти в інформаційному суспільстві. З них особливу увагу звернемо на такі:

➤ *Екологізація, природовідповідність освіти:* орієнтація освіти на цілі розуміння і збереження природи, ноосферний розвиток суспільства, збереження біосфери планети та виживання людини як виду; становлення особистості, що здатна розв'язувати глобальні проблеми людства; практичне включення особистості в природоохоронну та природодослідницьку діяльність тощо.

➤ *Прагматична спрямованість освіти:* продуктивність в освіті, можливість створення власних навчальних проектів і продуктів за допомогою нових інформаційних технологій, що є діючими інструментами подальшої практичної професійної діяльності людини; моделювання різних процесів діяльності, явищ і об'єктів; пріоритетність креативної діяльності в освіті (зокрема, розширення поля проектної діяльності в освіті).

Дослідниця О. П. Мітрясова пропонує закономірності сучасного розвитку біосфери взяти за природничо-наукову філософську основу вивчення природничих курсів (фізики, хімії, біології) [260]. Серед них є такі:

- енергетичний критерій є основним в еволюції живих організмів. Знання енергетичних потоків дозволяє прогнозувати напрями розвитку біосфери;
- серед форм існування живої матерії саме для людства характерно найінтенсивніше використання енергії;
- цикли є головною умовою існування та еволюції життя, а також сталого стану біосфери Землі;
- критерії енергії та відходів є найголовнішими чинниками, які відображають вплив людства на біосферу;
- сучасне завдання природознавства пов'язане з прогнозуванням розвитку екосистем на основі законів системного методу.

На підставі цих закономірностей, наголошує О. П. Мітрясова, важливо демонструвати у змісті природничих курсів ключові поняття, що сьогодні набувають особливої актуальності, а саме: взаємозв'язки в довкіллі; вичерпання природних ресурсів; ідея коеволюції та стійкого розвитку природи й суспільства; проблема здоров'я людини тощо.

Не дивно, що останнім часом проблемі екологічної освіти та вихованню приділяється значна увага. *Екологічна освіта й виховання* (за поясненням Е. А. Турдикулова) – це «психолого-педагогічний процес, спрямований на формування в учнів знань про наукові основи природокористування, переконань про необхідність діяти відповідно до них, практичних навичок та активної життєвої позиції в галузі охорони природи, раціонального використання та відтворення природних ресурсів» [385, с. 12].

Зазначимо, що однією з ключових компетентностей, які необхідно сформувати в учнів, є екологічна грамотність і здорове життя [311]. Її формування ґрунтується на прищепленні «уміння розумно та раціонально користуватися природними ресурсами в межах сталого розвитку, усвідомлення ролі навколишнього середовища для життя і здоров'я людини, здатність і бажання дотримуватися здорового способу життя» [202].

Зрозуміло, що успішне розв'язання окресленої проблеми можливе завдяки спільним зусиллям методистів-дослідників різних галузей (зокрема, фізики, екології, біології, географії). І певні наукові дослідження вже проведені. Проблемі екологічної освіти й вихованню учнів у процесі навчання фізики присвячені праці вчених А. М. Захлебного [175], І. Д. Зверєва [178], А. П. Риженкова [334], Е. А. Турдикулова [385], В. Д. Шарко [419] та інших. Вивченню різних аспектів проблеми формування в учнів екологічної компетентності присвячена спільна праця О. О. Колонькової, О. Л. Пруцакової, Н. А. Пустоцвіт, Л. Д. Руденко [402], дослідження І. Т. Суравегіної [373], С. В. Шмалєй [430] та інших. Деякі підходи щодо формування активної екологічної позиції учнів та студентів, підвищення їх екологічної культури розглянули у своїх дослідженнях О. М. Лазєбна [226], С. Г. Лебідь [231], Л. М. Маркович [244], Л. М. Фенчак [389] та інші.

Під час аналізу наукової та методичної літератури виявлено, що проблема освіти у сфері енергозбереження пов'язана з проблемою екологічного навчання та виховання молоді (проте не зводиться до неї), адже деякі підходи й методи в розв'язанні цих проблем спільні [28]. А проте проблема екологічної освіти

суттєво дослідженіша. Тому доцільно розглянути суть деяких її положень, на які можна спиратися при подальшому розгляді авторської технології організації учнівської інноваційної діяльності у сфері енергозберігаючих технологій при вивченні фізики.

У процесі екологічного навчання й виховання, В. Д. Шарко виділяє такі компоненти: розвиток системи знань про взаємодію суспільства з природою; формування вмінь і навичок з вивчення й охорони природи; розвиток мотивів природоохоронної діяльності учнів [419, с. 8].

Екологічна освіта й виховання спрямовані на формування в особистості екологічної культури, яка, за І. Д. Зверевим, передбачає «наявність у людини певних знань і переконань, готовності до діяльності, а також його практичних дій, що узгоджуються з вимогою дбайливо ставитися до природи» [178, с. 11]. Більш загальне визначення наводить В. Д. Шарко: «Екологічна культура передбачає наявність у людини екологічної свідомості як вищої, адекватної форми відображення реальної дійсності, у якій виявляється цілісне бачення екологічних проблем, усвідомлення місця і ролі людини в її взаємодії з навколишнім середовищем; формується внутрішній саморегулятор екологічно цивілізованої поведінки, яка передбачає прагнення до збереження життєздатного стану біосфери, організацію здорового способу життя, а також пізнання законів цілісності природного середовища в його взаємозв'язках з людським суспільством» [422]. До основних показників екологічної культури Е. А. Турдикулов відносить такі [385, с. 11]:

- знання загальних закономірностей розвитку природи й суспільства;
- розуміння взаємозв'язку їх існування та історії, того, що природа є першоосновою становлення й розвитку людства;
- усвідомлення соціальної обумовленості взаємовідношень людини з природним середовищем;
- відсутність споживацького відношення до природи (тобто як до джерела матеріальної вигоди);
- уміння передбачати наслідки впливу діяльності людей на біосферу;

- врахування під час своєї діяльності вимог раціонального природокористування, дбайливе ставлення до навколишнього середовища;
- здатність до конкретних дій щодо збереження природних ресурсів.

Роль і місце матеріалу з фізичних основ енергозбереження в підготовці майбутніх фахівців. Центральною проблемою концепції сталого розвитку є *проблема енергозбереження*, яка, як наголошує у вступній частині книги [370, с. 5] академік Б. Є. Патон, стала одним із ключових елементів сучасної світової культури, пронизаної ідеями раціонального природокористування.

Відповідно до визначення, наведеного в Законі України «Про енергозбереження» [307], у дослідженні поняття «*енергозбереження*» ми тлумачимо як діяльність (організаційну, наукову, практичну, інформаційну), що спрямована на раціональне використання й економне витрачання первинної та перетвореної енергії та природних енергетичних ресурсів у національному господарстві, і яка реалізується з використанням технічних, економічних і правових методів.

Кожна держава розробляє та здійснює власну стратегію (програму) з енергозбереження (деякі з них подані у [197; 303; 370]; узгодження енергетичної політики країн ЄС відображене в Європейській стратегії тривалої, конкурентоспроможної та безпечної енергетики [164]). У нашій країні діє *Енергетична стратегія України* – система науково обґрунтованих тверджень про пріоритети довгострокової енергетичної політики України й механізми її реалізації [370, с. 28]. Вона конкретизує основні напрями, цілі та завдання енергетичної політики України до 2030 р. з урахуванням тенденцій геополітичного, макроекономічного, соціального й науково-технічного розвитку країни, передбачає створення середовища й умов для їх досягнення. Головним засобом досягнення цілей та виконання завдань Енергетичної стратегії України є формування необхідного економічного та соціального середовища, сприятливої громадської думки.

Важливо, що саме розробки в галузі фізики як на національному, так і міжнародному рівнях, дають нагоду створювати дієві заходи в галузі

енергозбереження й енергоефективності. Тому не дивно, що проблема отримання та зберігання енергії – одна з ключових у фізиці сьогодення. Актуальність такого напрямку інноваційної діяльності як фізичні основи енергозбереження підкреслюється також тим, що у прийнятій у 2015 році Стратегії сталого розвитку «Україна – 2020» [372] *Програма енергонезалежності* віднесена до рангу першочергових програм розвитку нашої країни. Головним завданням цієї програми є забезпечення енергетичної безпеки й перехід до енергоефективного та енергоощадного використання та споживання енергоресурсів із упровадженням інноваційних технологій. Основними цілями державної політики в цій сфері програмою визначені, зокрема, перехід до використання енергоефективних технологій та обладнання, а також реалізація проектів із використанням альтернативних джерел енергії.

Проблема енергозбереження (від успішного розв’язання якої суттєво залежить сам сталий розвиток людства) неминуче торкається *освіти й виховання у вищих та загальноосвітніх навчальних закладах*. Кожна молода людина має бути обізнаною з проблемою енергозбереження й здатною до першочергових практичних заходів щодо її розв’язання.

На важливості освіти з енергозбереження особливо наголошується в науковій праці [371], ядром авторського колективу якої є спеціалісти, чия діяльність пов’язана з Відділенням фізико-технічних проблем енергетики Національної академії наук України. У цьому виданні, зокрема, зазначається: «Необхідність навчання з енергозбереження викликана сучасним економічним станом нашої країни, глибоким проникненням енергетики в усі галузі виробництва й побут, збільшенням забруднення навколишнього середовища. Воно потребує не лише нового змісту навчання, а й формування іншого світогляду людини, загальнолюдських цінностей та активної життєвої позиції» [371, с. 93]. Там же вказується на те, що процес формування енергозберігаючого світосприйняття вимагає розв’язання низки питань, пов’язаних із формуванням сучасного змісту освіти на кожній ланці навчання;

зі знаходженням способів подання цього змісту через навчальні програми й посібники; з підготовкою та перепідготовкою вчителів.

Правовим підґрунтям для розвитку освіти та виховання з енергозбереження є вже згадуваний Закон України «Про енергозбереження» [307], який визначає правові, економічні, соціальні та екологічні основи енергозбереження для всіх підприємств, об'єднань та організацій, розташованих на території України, а також для громадян. Серед основних принципів державної політики енергозбереження, визначених цим законом, важливе місце посідає популяризація економічних, екологічних та соціальних переваг енергозбереження, підвищення громадського освітнього рівня в цій сфері. У статті 7 Закону «Про енергозбереження» зазначається, що виховання ощадливого ставлення до використання паливно-енергетичних ресурсів має забезпечуватися шляхом навчання і широкої популяризації та пропаганди економічних, екологічних і соціальних переваг енергозбереження; заклади освіти мають додавати до навчальних програм відповідні курси з питань енергозбереження.

Отже, одним із пріоритетних завдань сучасної освіти є формування в учнів знань та вмінь у галузі енергозбереження та енергоефективності, здійснення відповідного виховання та підвищення культури енергоспоживання. Тому актуальною є розробка методичних підходів, спрямованих на залучення учнівської молоді до розв'язання проблем енергозбереження, на отримання ними певного досвіду в галузі енергоефективності та раціонального використання природних ресурсів. Попри безсумнівну важливість цієї проблеми, нині практично відсутні її систематичні комплексні дослідження (зокрема при навчанні фізики). З'являються лише окремі методики, переважно прикладного значення (наприклад, методичні розробки уроків з фізики, позаурочних заходів тощо).

Одним із перших кроків у розбудові освіти у сфері енергозбереження став аналіз системи роботи з енергозбереження в загальній середній, позашкільній і професійно-технічній освіті, вищій школі, післядипломній освіті; проведений у

1999 р. Інститутом енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» спільно з МОН України [371, с. 93]. На основі вивчення навчальних програм загальноосвітніх навчальних закладів із природничих і гуманітарних шкільних дисциплін для 1–11 класів (фізика, хімія, біологія, історія, природознавство тощо) було розроблено карту енергетичної освіти.

Для визначення місця навчального матеріалу з енергозбереження в навчальному процесі з фізики наведемо складові енергетичної освіти, що виділені в указаній карті:

1. Закони, поняття, фундаментальні уявлення, що пов'язані з енергією.
2. Енергетичні процеси та явища в живій та неживій природі.
3. Використання енергії людством (зокрема, використання джерел енергії та ресурсів; використання енергії в побуті, у виробничій сфері, на транспорті).
4. Економічні, правові засади енергозберігаючої галузі.
5. Екологічні проблеми сучасності, пов'язані з виробництвом і витрачанням енергії.
6. Облік енергії, енергоменеджмент, енергозбереження.

Результати цього дослідження засвідчили, що в системі середньої освіти можна висвітлити майже всі основні теоретичні аспекти енергозбереження. Заразом було виявлено й «слабкі місця», зміст яких зводиться до такого [371, с. 94]: при навчанні у школі недостатньо уваги приділяється проблемам ефективного використання енергії та практичному застосуванню одержаних теоретичних знань. У шкільних підручниках бракує сучасної інформації про нові матеріали для будівництва, освітлювальні системи та їх порівняльні характеристики, способи зменшення витрат енергії тощо. Все це призводить до того, що знання учнів у більшості випадків залишаються відірваними від життя. Враховуючи це, робиться висновок про необхідність інтеграції енергетичних знань в освітнє середовище (через переосмислення, насамперед, методів навчання) та про потребу доопрацювання шкільних навчальних програм.

Нами було конкретизовано окреслену в [371, с. 95] структуру пріоритетних напрямків розвитку освіти у сфері енергозбереження шляхом виділення структурних рівнів освіти у сфері фізичних основ енергозбереження. Основними рівнями в цій структурі є: навчання на уроках, позаурочна діяльність, навчально-методична робота, професійна підготовка майбутніх учителів з фізичних основ енергозбереження та система керування заходами з енергозбереження (табл. 4.1) [23].

Таблиця 4.1

Структурні рівні освіти у сфері фізичних основ енергозбереження

Назва напрямку	Зміст напрямку	Форми й методи реалізації напрямку
1	2	3
Навчання на уроках	Набуття знань з фізичних основ енергозбереження, формування здатності до практичних дій у сфері енергозбереження	- Різні форми уроків: вивчення нового матеріалу; уроки-семінари (підготовка доповідей, рефератів, проектів тощо); лабораторні заняття; фізичний практикум; - спецкурси з енергозбереження (зокрема елективні), факультативні заняття з фізики; - екскурсії та спостереження
Позаурочна діяльність	Набуття досвіду енергозберігаючої діяльності. Формування здатності до здійснення інноваційного пошуку, пов'язаного з розробленням продукції у сфері енергозбереження	- гуртки фізико-математичного та фізико-технічного спрямування; - конкурси, турніри, виставки, конференції з енергозбереження; - навчальні практики, літні школи; - тижні з енергозбереження; - екскурсії
Підготовка вчителів	Фахова підготовка з фізичних основ енергозбереження студентів – майбутніх учителів фізики та підвищення кваліфікації вчителів	- спецкурси з енергозбереження у ВНЗ; - навчально-наукові лабораторії з енергозбереження та енергоефективності при ВНЗ; - курси підвищення кваліфікації вчителів фізики при інститутах післядипломної педагогічної освіти; - методичні семінари на базі університетів та експериментальних шкіл
Навчально-методична робота	Створення навчально-методичного забезпечення процесу формування в учнів компетентності у сфері енергозбереження	- методичні розробки уроків з вивчення питань енергозбереження в курсі фізики; - розробка навчальних програм спецкурсів з енергозбереження; - розвиток інтерактивних методів навчання (розробка навчальних фільмів з енергозбереження, інтерактивних уроків, презентацій тощо);

Продовження табл. 4.1

1	2	3
		• створення навчального демонстраційного обладнання з енергозбереження; • висвітлення сучасних досягнень у галузі енергозбереження в періодичній літературі з методики викладання фізики; • інтеграція знань з фізичних основ енергозбереження в підручники з фізики та створення навчальних посібників з основ енергозбереження
Система керування заходами з енергозбереження	Створення ефективної системи заходів, пов'язаних з енергозбереженням	• районні (міські) методичні об'єднання вчителів фізики; • конференції та семінари; • батьківські збори

Навчальний процес з фізики в системі середньої освіти має відігравати першорядну роль щодо формування в молоді *компетентності у сфері енергозбереження*. Останнє поняття передбачає наявність у людини особистісних якостей, поєднаних із необхідним запасом знань, умінь, навичок, досвіду та цінностей, що забезпечують здатність особистості до практичних дій щодо розв'язання завдань енергозбереження в різних галузях людської діяльності (у побуті, на виробництві тощо). Проблема формування в учнів здатності до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження обумовлює низку важливих методичних завдань:

- залучення учнів до енергозберігаючої діяльності при навчанні фізики (набуття учнями знань з фізичних основ енергозбереження; розвиток у них практичних умінь і навичок у сфері енергозбереження);
- реалізація позаурочної складової навчання фізики для організації інноваційної діяльності учнів, пов'язаною з енергозбереженням;
- залучення учнів до участі в масових заходах (конкурсах, виставках, тижнях, конференціях тощо), присвячених енергозбереженню;
- фахова підготовка з основ енергозбереження студентів – майбутніх вчителів фізики, набуття ними досвіду організації природоохоронної та природодослідницької діяльності учнів;

➤ створення навчально-методичних розробок для учнів і вчителів з фізичних основ енергозбереження.

Аналіз чинних нормативних документів МОН України (насамперед, Державного стандарту базової й повної загальної середньої освіти [147] та навчальної програми з фізики для загальноосвітніх навчальних закладів [263]) дозволив зробити висновок про важливість окресленої проблеми щодо формування в учнів комплексу знань, умінь, ставлень, ціннісних орієнтацій, спрямованих на раціональне використання природних ресурсів та енергії. Для підтвердження цих слів звернімося до Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти [147], який спрямований на виконання завдань загальноосвітніх навчальних закладів II і III ступенів і визначає вимоги до освіченості учнів основної і старшої школи. Окремими *завданнями* освітньої галузі «Природознавство» є набуття досвіду практичної та експериментальної діяльності, здатності застосовувати знання у процесі пізнання світу; формування ціннісних орієнтацій на збереження природи, гармонійну взаємодію людини й природи, а також ідей сталого розвитку. Загальними *змістовими лініями* цієї освітньої галузі є, зокрема, екологічні основи ставлення до природокористування та екологічна етика.

Серед *державних вимог* до рівня загальноосвітньої підготовки учнів у контексті фізичного компонента важливе місце посідають такі, що мають зв'язок із галуззю енергозбереження та енергоефективності, з раціональним використанням природних ресурсів, з підвищенням культури енергоспоживання та здійсненням відповідного виховання. Наприклад, серед вимог, що висуваються до рівня підготовленості учнів старшої школи, у Державному стандарті знаходимо такі:

➤ уміти застосовувати експериментальні та теоретичні методи пізнання фізичних явищ і процесів, а також здобуті знання в різних сферах життєдіяльності людини та приймати екологічно виважені рішення;

➤ знати й розуміти фізичні основи техніки, виробництва, сучасних технологій;

- виявляти ставлення та оцінювати раціональність використання природних ресурсів та енергії;

- виявляти ставлення до впливу на забруднення навколишнього природного середовища машин і механізмів, можливих причин та наслідків екологічних катастроф.

Отже, фізичні основи енергозбереження є важливим напрямом інноваційної діяльності учнів, яка може бути організована у процесі навчання фізики. Підґрунтями такого висновку є: пріоритетні завдання сучасної освіти, пов'язані з формуванням в учнів комплексу знань, умінь, ставлень, ціннісних орієнтацій, спрямованих на раціональне використання природних ресурсів та енергії; врахування того, що фізика є теоретичною основою технічних методів в енергозбереженні, а також обов'язковим навчальним предметом у системі середньої освіти.

4.2. Методичні особливості підготовки учнів до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження

4.2.1. Передумови ефективного використання матеріалу з енергозбереження в навчальному процесі з фізики

Проблема теоретичної підготовки учнів з фізичних основ енергозбереження у навчанні фізики. Організація інноваційної діяльності учнів у сфері енергозбереження передбачає здійснення їх відповідної теоретичної підготовки. Успіху можна досягти лише за умови *систематичного* навчання. У сучасних підручниках і посібниках із фізики вже з'являються деякі відомості щодо останніх досягнень науки й техніки в галузі альтернативної енергетики, економії енергетичних ресурсів і раціонального природокористування. Однак, окрім вивчення учнями навчального матеріалу, поданого в готовому вигляді, потрібно ще й залучати їх до активної діяльності, зокрема, до розв'язання ними навчальних проблем, пов'язаних з

енергозбереженням та енергоефективністю. Лише за таких умов можна сподіватися на підвищення рівня *усвідомленого* засвоєння матеріалу.

Отже, потрібні відповідні навчальні засоби (задачі, проблемні ситуації, запитання, лабораторні роботи), які б сприяли творчому засвоєнню навчального матеріалу, пов'язаного з енергозбереженням, а також спонукали б учнів до самостійного використання набутих знань на практиці (зокрема, в інноваційній діяльності). Аналіз наукової та навчально-методичної літератури дозволив виявити кілька основних напрямів, у межах яких ведеться розв'язання окресленої проблеми. Серед них:

- запровадження навчальних заходів з енергозбереження (інтелектуальні конкурси; екскурсії на об'єкти, де впроваджені енергозберігаючі технології);
- розроблення факультативних спецкурсів з енергозбереження й енергоефективності;
- висвітлення теоретичних основ роботи пристроїв, що мають відношення до енергозбереження.

Розглянемо приклади методичних розробок за цією тематикою. А. А. Давиденком [141] доповнено спектр відомих зі шкільних підручників схем теплових двигунів. Зокрема, ним розглянуто конструкцію та принцип дії двигунів, робочим тілом яких є не лише газ. О. О. Чінчосм [414] висвітлено питання щодо узагальнення й систематизації знань учнів про перетворення електричної енергії в теплову. О. О. Скрипник у методичному посібнику для вчителів [355] наводить розробки окремих уроків із тем курсу фізики, що пов'язані з питаннями «Енергія. Енергетика. Енергозбереження»; висвітлює деякі сучасні погляди на виробництво та заощадження енергії, на особливості використання джерел енергії, а також подає аналіз їх впливу на довкілля. Н. В. Форкун у навчально-методичному посібнику [401] наводить розробки уроків з теми «Теплові явища. Теплові двигуни» для 8 класу (особливу увагу приділено прийомам інтерактивної навчальної діяльності учнів на уроці). У посібнику [315] подано підготовлені вчителями-практиками матеріали

декількох учнівських конференцій, присвячених вивченню нових екологічно чистих джерел енергії.

Розглядаючи вимоги до відбору методів екологічного навчання й виховання, В. Д. Шарко зазначає, що ці методи мають забезпечувати активну пізнавальну діяльність учнів упродовж усього процесу засвоєння екологічних знань. У зв'язку з цим, на її думку, головне місце в системі роботи вчителя повинні зайняти проблемно-пошукові методи [419, с. 22]. Аналізуючи особливості методики розгляду екологічного матеріалу при вивченні фізики, Е. А. Турдикулов наголошує на тому, що учні мають не лише засвоювати екологічну інформацію, але й навчатися самостійно ставити й розв'язувати найпростіші природоохоронні задачі практичного характеру [385, с. 37].

Маємо констатувати, що публікацій, спрямованих на ознайомлення учнів із фізичними основами енергозбереження, небагато. І методи, які в них розглядаються, здебільшого не мають системного характеру. Переважно це розробки для вчителів: окремі уроки, приклади дослідницьких проєктів, матеріали учнівських конференцій тощо.

Оскільки проблема енергозбереження та екологічні проблеми є взаємопов'язаними, можна припустити, що деякі підходи щодо їх ефективного розв'язання можуть бути спільними. Правомірність такого припущення пояснюється тим, що проблема екологічної освіти школярів, як виявив аналіз науково-методичної літератури, є методично більш розробленою порівняно з проблемою освіти у сфері енергозбереження (зокрема в навчанні фізики). Тому у процесі розроблення методичних основ формування в учнів компетентності у сфері енергозбереження в навчанні фізики ми спиралися на обґрунтовані й експериментально перевірені результати в галузі екологічної освіти. Проаналізуємо деякі з них (окремі публікації також розглянуто в підрозділі 4.1).

Вивчаючи можливості навчального процесу з фізики для формування в учнів екоцентричного світогляду, В. Д. Шарко [422] зазначає, що, окрім роботи з екологічного виховання в межах обов'язкового компоненту робочого плану, можна спланувати діяльність учнів у межах профільних і елективних курсів

екологічного спрямування. Крім того, дослідниця звертає увагу на розширення можливостей для здійснення екологічного виховання школярів через використання навчальної практики (у змісті якої передбачається проведення екскурсій, залучення учнів до виконання проектів тощо).

Проте, як зауважує Л. Ю. Благодаренко [78], «сучасна людина має не лише бути обізнаною з екологічними проблемами, але й шукати і знаходити шляхи розв'язання цих проблем. Очевидно, що для цього необхідні політехнічні знання й уміння, які потрібно сформувані під час навчання у школі. Отже, політехнізація навчання фізики дозволяє підвищити рівень екологічного виховання учнів». Головною метою політехнізації навчання фізики Л. Ю. Благодаренко вважає: засвоєння учнями накопиченого людством досвіду практичного розв'язання проблем, а також розвиток таких якостей особистості, які дозволять учням у майбутньому орієнтуватись в складній системі суспільного виробництва, оцінювати необхідність і перспективи технічного винахідництва та брати в ньому участь, бути конкурентоспроможними на ринку праці. На думку вченої, ефективну політехнізацію навчання фізики можливо забезпечити лише за умови поєднання високого рівня науковості викладання фізики з одночасним ознайомленням учнів з основами сучасної техніки, виробництва й технологій.

Принципи ознайомлення учнів з фізичними основами енергозбереження при навчанні фізики. Спираючись на результати методичних досліджень, наведених вище, а також на визначені В. Д. Шарко [424] умови формування в учнів екологічної компетентності, ми виділили такі *принципи* ефективного формування в учнів компетентності у сфері енергозбереження під час вивчення фізики:

1. *Принцип реалізації міжпредметних зв'язків* (міждисциплінарний підхід до висвітлення проблеми енергозбереження). Міжпредметні зв'язки – дидактична категорія, яка відображає взаємозв'язане та взаємообумовлене вивчення навчальних предметів [254, с. 290]. «Здійснення міжпредметних зв'язків, – наголошує О. І. Бугайов, – забезпечує формування цілісного

уявлення школярів про явища природи, робить їх знання більш глибокими й дієвими» [89, с. 60]. Саме завдяки встановленню міжпредметних зв'язків у курсі фізики, зазначають Ю. І. Дік, І. К. Туришев, Ю. І. Лук'янов та інші [250, с. 5], підвищується ефективність політехнічної та практичної спрямованості навчання. Застосування цього принципу пов'язано з тим, що проблема енергозбереження є комплексною, а її ґрунтовне вивчення передбачає використання знань з інших предметів (зокрема, екології, хімії, біології, економіки, географії).

Розглянемо приклад. Детальне ознайомлення учнів із можливістю використання *енергії вітру* (як альтернативного джерела енергії) передбачає не лише вивчення *фізичних* та *технічних* аспектів перетворення енергії повітряного потоку (зокрема, в електричну енергію), але й потребує:

- вивчення видів впливу вітроелектростанцій на навколишнє природне середовище (*біологічний* аспект), зокрема, вплив на живі організми, відчуження земельних ділянок, локальні кліматичні зміни тощо;

- з'ясування вітроенергетичного потенціалу різних регіонів України (*географічний* аспект);

- обговорення економічної доцільності (*економічний* аспект) впровадження вітроенергетичних установок на певній місцевості. Повідомлення про ефективність діючих на території України установок (це: Аджольська, Асканієвська, Донузлавська, Новоазовська, Сакська, Трускавецька вітроелектростанції загальною потужністю 24 МВт).

Ефективним методом реалізації міждисциплінарного підходу при висвітленні проблеми енергозбереження виступають міжпредметні семінари й конференції. Їх доцільно проводити в межах узагальнювальних уроків або на факультативних заняттях.

2. *Принцип науковості*. Він вимагає, щоб матеріал з енергозбереження розглядався в курсі фізики з урахуванням сучасного рівня розвитку науки й техніки (але в доступній для учнів формі). Мають бути викладені без перекручування та надмірного спрощення основні наукові факти, поняття,

закономірності щодо виробництва, перетворення та використання енергії; основи сучасних енергоефективних технологій.

3. *Принцип неперервності освіти у сфері енергозбереження.* Принцип акцентує необхідність комплексного (всебічного) ознайомлення з цією проблемою впродовж усього процесу вивчення фізики у школі (із використанням різних форм і методів навчання). Адже успішна енергозберігаюча діяльність людини (як у побуті, так і на виробництві) можлива лише на основі системних знань з фізики (та інших предметів). Вважаємо за доцільне проводити розрізнення етапів освіти й виховання у сфері енергозбереження за рівнями наскрізної фізичної освіти, які подано О. І. Ляшенко [273, с. 119]:

- пропедевтика вивчення фізики як самостійного навчального предмета у вигляді фізичної складової програм навчання й виховання дітей дошкільного віку та природничо-математичних предметів початкової школи, а також завдяки інтегрованому на основі фізичних знань курсу природознавства;
- базовий шкільний курс фізики в 7–9 класах основної школи;
- профільовані шкільні курси фізики в 10–11 класах середньої школи (зокрема поглиблене вивчення фізики, починаючи з 8 класу);
- базовий курс фізики у ВНЗ на рівні підготовки бакалаврів, профільований за фізичними, технічними, технологічними й природничо-науковими спеціальностями.

Акцентуємо, що наше дослідження було присвячене, насамперед, другому, третьому та четвертому (у контексті підготовки майбутнього вчителя фізики) з поданих вище рівнів освіти у сфері енергозбереження.

4. *Принцип політехнізму.* Він спрямований на засвоєння учнями знань, що пов'язані з застосуванням фізичних законів і явищ на практиці, із конструкцією та принципом дії технічних пристроїв, із науковими основами сучасного виробництва, із розв'язанням важливих проблем (наприклад, енергетичних та екологічних). При наведенні в навчальному матеріалі прикладів з техніки, що

пов'язані з фізичними основами енергозбереження, слід враховувати наступні вимоги, подані О. І. Бугайовим [89, с. 56]:

- приклади, що ілюструють технічне застосування фізики, мають органічно входити до фізичного матеріалу, який вивчається, і повинні ілюструвати лише розглядувані фізичні поняття, не порушуючи логіки курсу;
- приклади мають з достатньою повнотою розкривати лише головні, принципові з точки зору фізики явища, без зайвих технічних подробиць.

5. *Принцип поєднання глобального, регіонального й краєзнавчого підходів у розв'язанні проблеми енергозбереження.* Проблема енергозбереження має глобальний характер. Проте енергозберігаюча діяльність людини може мати різні масштаби: від ощадливого використання теплової та електричної енергії вдома (місцевий рівень; у ньому може бути задіяна кожна людина) до створення нових енергозберігаючих технологій (наприклад, розроблення нових альтернативних джерел енергії), що матимуть загальносвітове значення. Можливі шляхи розв'язання проблеми енергозбереження залежать також і від географічних особливостей конкретної місцевості.

Основні вимоги до змісту навчального матеріалу з фізичних основ енергозбереження. Формування в учнів компетентності у сфері фізичних основ енергозбереження передбачає включення до навчального матеріалу курсу фізики відповідної інформації у вигляді опису технічних пристроїв, сучасних енергозберігаючих технологій, формулювань фізичних задач, цікавих повідомлень та довідок, навчальних фільмів. До змісту матеріалу з енергозбереження, що використовується при навчанні фізики, слід висунути низку вимог (деякі з них близькі до тих, які подані В. Д. Шарко [419] та Е. А. Турдикуловим [385] до матеріалу екологічного спрямування):

- відомості з енергозбереження мають відповідати навчальному матеріалу курсу фізики, а також спрямовуватись на демонстрацію прикладного значення фізичних знань;
- зміст матеріалу з енергозбереження має бути доступним для його засвоєння учнями. Це потребує врахування вікових особливостей їх розвитку;

- розглядуваний матеріал має спонукати учнів до практичних дій у сфері енергозбереження. Для цього до його змісту потрібно включити конкретні приклади енергоефективних заходів, які можна запровадити, наприклад, у школі або вдома;

- форма подання матеріалу з енергозбереження має містити елементи зацікавлення (цікаві факти, діючі моделі енергозберігаючих пристроїв, демонстрації заходів з енергозбереження, навчальні фільми, що інформують про національний та міжнародний досвід упровадження сучасних енергозберігаючих технологій тощо);

- з метою посилення інтересу учнів до вивчення проблеми енергозбереження розглядуваний матеріал має нести певний емоційний потенціал. Цього можна досягти різними шляхами. Наприклад, при доборі інформації слід звернути увагу школярів на географічні та природно-кліматичні особливості регіону, у якому вони мешкають. Наведемо такий приклад. Запорізька область має зони з підвищеним вітровим потенціалом, тому висвітлення досягнень вітрової енергетики для учнів нашої області разом із конкретизацією надає процесу навчання особливої емоційності, що позитивно впливає на якість засвоєння матеріалу.

Отже, необхідною умовою ефективної організації учнівської інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження є усвідомлене засвоєння учнями відповідного теоретичного матеріалу. Використання матеріалу з енергозбереження в навчальному процесі з фізики має враховувати принципи: реалізації міжпредметних зв'язків; науковості; неперервності освіти у сфері енергозбереження; політехнізму; поєднання глобального, регіонального й краєзнавчого підходів у розв'язанні проблеми енергозбереження. Важливо, щоб у процесі підготовки до інноваційної діяльності учні могли проявляти творчу ініціативу. Відповідні методи й організаційні форми розглянуті в наступних пунктах.

4.2.2. Методи й організаційні форми навчання, що сприяють підготовці учнів до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження

Методи й прийоми. При розробленні та використанні в навчальному процесі методів і прийомів, спрямованих на підготовку учнів до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження, необхідно враховувати такі особливості:

1. Інноваційна діяльність учнів у сфері фізичних основ енергозбереження передбачає здійснення теоретичних досліджень запропонованих ними розв'язків. Для цього необхідна доволі серйозна теоретична підготовка з фізики. Наприклад, вкажемо на найпростіші задачі, що пов'язані з визначенням теплових втрат через стіну приміщення; з обчисленням ККД нагрівача, теплової машини, механічного пристрою; з визначенням економії електроенергії завдяки заміні лампи розжарювання на компактну люмінесцентну (або світлодіодну); з визначенням зниження теплових втрат унаслідок підвищення напруги в лінії електропередачі. Як показали наші дослідження [27; 30], найбільший ефект щодо теоретичної підготовки учнів з основ енергозбереження (йдеться про підготовку до кількісних досліджень) виявляє задачний метод. Він дозволяє розвинути в учнів уміння застосовувати набуті ними знання у практичній діяльності, зокрема для розв'язання справжніх (а не лише навчальних) задач у певних галузях науки й техніки.

2. Успішність підготовки учнів до інноваційної діяльності у сфері енергозберігаючих технологій значно підвищується за умови використання *активних* методів і прийомів навчання. Вони передбачають розв'язання творчих завдань, що сприяють активній пізнавальній діяльності учнів та розвитку їх самостійності. Для цього головну роль, на наш погляд, мають відігравати (за класифікацією І. Я. Лернера та М. Н. Скаткіна) методи проблемного викладу, частково-пошукові (евристичні) та дослідницькі. До цих методів слід віднести, зокрема, евристичні бесіди, захисти учнівських проєктів,

різні види дидактичних ігор, навчальні фільми (з наступним їх обговоренням). Важливу роль мають *інтерактивні* методи навчання, що передбачають створення комфортних умов навчання, за яких кожен учень відчуває свою успішність, інтелектуальну спроможність [161, с. 73]. У контексті реалізації інтерактивного підходу задля підвищення рівня усвідомленого засвоєння учнями фізичних основ енергозберігаючих технологій ми запропонували *метод проблемних ситуацій з енергозбереження* [9]. Він активізує пізнавальну діяльність учнів на уроках та спонукає їх до самостійного використання набутих знань з фізики на практиці (зокрема, у галузі енергозбереження).

3. Пріоритетне значення в підготовці учнів до інноваційної діяльності у сфері енергозбереження має практичний аспект. Він потребує розроблення методів, спрямованих на розвиток в учнів здатностей, необхідних для здійснення енергозберігаючої діяльності (йдеться про безпосереднє використання енергозберігаючих заходів, наприклад, у побуті). Серед таких здатностей головне значення мають:

- здатність вимірювати фізичні величини (наприклад, фізичні параметри навколишнього середовища: атмосферний тиск, вологість повітря, температуру, освітленість, швидкість повітря тощо; параметри теплової та електричної енергії: кількість теплоти, силу струму, напругу, потужність, електричну енергію, коефіцієнт потужності тощо);
- здатність користуватися довідковою літературою;
- здатність вибирати раціональні способи використання різних видів енергії (механічної, теплової, електричної та ін.);
- здатність проводити досліди та спостереження.

Ефективному розвитку наведених здатностей сприятимуть, насамперед, *практичні* методи та прийоми, що пов'язані з проведенням лабораторних і практичних робіт, з виконанням творчих домашніх завдань з енергозбереження, зі створенням енергозберігаючих пристроїв, з розробленням інноваційних проектів (спрямованих, зокрема, на розв'язання проблеми енергозбереження). З метою підсилення творчої складової навчальної діяльності учнів та студентів –

майбутніх учителів фізики ми запропонували метод лабораторних робіт із творчими завданнями [31]. Суть та особливості використання методу лабораторних робіт із творчими завданнями детально описано в підрозділі 3.3. У пункті 3.4.3 подано методичний прийом, пов'язаний з цілеспрямованим застосуванням у лабораторних роботах завдань на вдосконалення, конструювання та виготовлення нескладних технічних пристроїв (що дозволяє формувати в учнів глибші та дієвіші знання політехнічного характеру, сприяє розвитку практичних умінь і навичок, надає учням можливість проявляти творчу ініціативу та активізує пізнавальну діяльність загалом) [5].

5. Інноваційна діяльність учнів у навчальному процесі з фізики передбачає вихід на продуктивний рівень навчальної діяльності. Це потребує збільшення ролі *самостійної роботи* учнів у процесі навчання фізики. Отже, важливе значення набувають *позаурочні форми* організації навчання фізики.

Розглянуті умови покликані уможливити *усвідомлене* засвоєння учнями знань із фізичних основ енергозбереження, успішне формування в них відповідних здатностей, досвіду та цінностей, а також активне залучення школярів до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження.

Організаційні форми навчальної діяльності. Зрозуміло, що успішність формування в учнів окремих складових компетентності у сфері енергозбереження суттєво залежить від правильного вибору вчителем відповідних форм навчальної діяльності учнів. У Стратегії енергозбереження в Україні [371, с. 94] пропонується спрощений підхід до поділу можливих форм організації навчання учнів у сфері енергозбереження. Згідно з ним, вивчення енергозбереження у школі можна проводити двома шляхами. Перший пов'язаний з інтеграцією знань з енергозбереження в усі шкільні предмети. Другий шлях (який, як зазначається там же, може співіснувати з першим) передбачає проведення навчання через відповідні спецкурси (факультативи). Як приклад таких курсів автори наводять, зокрема, спецкурси з обліку енерговитрат, з конструювання й моделювання енергозберігаючих приладів.

Проведемо детальніший аналіз різних форм організації навчання фізики й розглянемо їх можливості для підготовки учнів до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження. Для зручності ці форми організації навчання розподілено нами на дві групи:

- навчальні заняття з фізики різних типів;
- позаурочна робота учнів з фізики (підрозділ 4.4).

У межах кожної групи наведено методичні розробки, що уможливлюють реалізацію відповідних форм, а також виділено методичні аспекти, що потребують проведення спеціальних досліджень та подальшого методичного розроблення.

Навчальні заняття з фізики різних типів. Основною формою організації навчальних занять у школі є урок, тобто форма організації навчання, яка забезпечує активну й планомірну навчально-пізнавальну діяльність групи учнів певного віку, складу й рівня підготовки [254, с. 14]. Узявши за основу класифікацію типів уроків з фізики за їх основною дидактичною метою (така класифікація наведена О. І. Бугайовим [89]), розглянемо їх роль у процесі формування в учнів компетентності у сфері енергозбереження.

Урок вивчення нового матеріалу зазвичай починається зі вступної частини, яка має на меті психологічно підготувати учнів до сприйняття матеріалу. Вона реалізується шляхом актуалізації знань (насамперед, через повторення або узагальнення вивченого матеріалу) та створення проблемної ситуації. Остання завдяки виникненню інтересу в учнів (іноді навіть здивування) налаштовує їх на активну пізнавальну діяльність. Актуалізацію знань можна успішно проводити на матеріалі з енергозбереження. Наприклад, у вступній частині теми «Передача та використання енергії електричного струму» (11 клас) доцільно звернути увагу учнів на проблему теплових втрат у лініях електропередачі.

Уроки формування практичних умінь і навичок присвячуються розв'язуванню задач, виконанню лабораторних робіт (робіт фізичного практикуму). Саме цей тип занять із фізики можна використати для

формування в учнів здатностей, що необхідні для практичної (зокрема, такої, що має ознаки інноваційної) енергозберігаючої діяльності (про деякі з них ми вже згадували: здатність користуватися довідковою літературою, вимірювати фізичні величини, проводити досліди та спостереження).

Важливо, щоб при розв'язанні задач або виконанні лабораторних робіт учень бачив можливість *переносу знань* на галузь практичного застосування в енергозбереженні. З цією метою можна, наприклад, використовувати разом зі стандартними задачами такі, що містять інформацію з енергозбереження, або такі, що самі відтворюють певну проблему щодо ефективного використання енергії (методичним особливостям цього методу присвячені наші дослідження [27; 30]; приклади відповідних задач наведено у [32]).

Під час проведення лабораторних робіт учитель має звернути увагу учнів на можливе використання деяких приладів у галузі енергозбереження, зокрема, для проведення *енергетичного аудиту* (під яким розуміють обстеження підприємств, організацій і окремих виробництв з метою визначення можливостей економії енергії, що споживається, та надання допомоги підприємству у здійсненні практичної економії шляхом застосування механізмів енергетичної ефективності [157, с. 11]).

Набуття учнями вміння вимірювати температуру середовища зазвичай відбувається у процесі їх роботи з найпростішими вимірювачами температури, принцип дії яких заснований на використанні теплового розширення рідин і газів. Однак на таких заняттях можна також додатково познайомити учнів із сучасними засобами вимірювання температури (хоча б за допомогою презентації, навчального фільму). Серед них: терморезистори, термопари, напівпровідникові температурні датчики (термістори), дистанційні детектори випромінювання (використовуються у безконтактних термометрах (пірометрах), тепловізорах). Наш досвід засвідчує, що така інформація завжди викликає непідробний інтерес в учнів, особливо у разі «живої» демонстрації роботи приладу (про досвід організації навчання учнів користуватися

сучасними вимірювальними приладами, що застосовуються в галузі енергозбереження, йдеться в нашій статті [25]).

Під час практичного оволодіння учнями калориметричним методом вимірювання (лабораторні роботи «Визначення теплоємності тіла», «Вимірювання питомої теплоти плавлення тіла» (10 клас)) можна звернути їх увагу на *проблему зменшення теплових втрат* (наприклад, у будівлях, теплотрасах) шляхом використання сучасних теплоізоляційних матеріалів (ізолон, пінобетон, пінополістирол тощо).

Уроки повторення та узагальнення матеріалу. Такі уроки проводяться з метою формування в учнів тісних зв'язків між окремими темами курсу фізики, створення системи знань та вмінь. Ефективними методами для цього виступають перегляд навчальних та науково-популярних фільмів, заслуховування доповідей (рефератів), підготовлених учнями. Сучасний розвиток інформаційно-телекомунікаційних засобів дозволяє залучати самих учнів до створення мультимедійних освітніх продуктів, тематика яких пов'язана з енергозбереженням. Це можуть бути презентації, відеофрагменти фізичних явищ і навіть навчальні фільми. Найякісніші освітні продукти вчитель може в подальшому використовувати в навчальному процесі.

Наведемо два приклади. До уроку з теми «Сучасні досягнення теплоенергетики», присвяченому повторенню та узагальненню матеріалу з розділу «Основи термодинаміки» (10 клас), учні нашої експериментальної групи відзняли навчальний фільм «Теплові двигуни та їх використання в техніці». Важливою особливістю цього фільму є те, що він знайомить із конструкцією та принципом дії теплових двигунів із *зовнішнім* підводом теплоти, про які (на противагу двигунам внутрішнього згорання) у шкільному курсі фізики майже не йдеться.

Наступний приклад. Для узагальнювального заняття з теми «Екологічні проблеми енергетики» (відповідно до програми з фізики це заняття проводиться наприкінці навчального року в десятому класі) було створено відеофільм «Хвильова енергетична установка». У ньому, зокрема, йдеться про

одне з альтернативних джерел енергії – хвилі на поверхні великих водоймищ (океанів, морів, повноводних річок), а також розглянуто пристрій для перетворення енергії таких хвиль в електричну енергію (хвильова енергетична установка) [43]. Ми переконані, що створення мультимедійних розробок з енергозбереження як метод навчання забезпечує позитивну мотивацію учнів, розкриває їх творчий потенціал та підвищує рівень засвоєння матеріалу.

Уроки контролю та обліку знань також можуть відігравати важливу роль у формуванні в учнів компетентності у сфері енергозбереження. Зазвичай вони проводяться в кінці вивчення розділу або великої теми курсу фізики й передбачають написання учнями самостійної або контрольної роботи. Окрім перевірки рівня засвоєння учнями навчального матеріалу з фізики, такі заняття можна використовувати для виявлення рівня розвитку в них *здатності переносити набуті знання* на галузь енергозбереження, а також для з'ясування рівня сформованості в учнів *ціннісних ставлень* до проблеми раціонального використання енергетичних ресурсів. Розглянемо далі деякі методичні прийоми, що дозволяють здійснювати таку діагностику.

1. Внесення до переліку завдань самостійної (або контрольної) роботи *якісних задач*, тематика яких пов'язана з різними аспектами проблеми енергозбереження. Наприклад, для організації самостійної роботи учнів з теми «Теплові явища» (8 клас) разом із традиційними можна запропонувати наступні якісні задачі.

З а д а ч а 1. Навіщо парові котли (чайники, каструлі тощо) чистити від накипу?

З а д а ч а 2. Під час експерименту виявлено, що деяка кількість води в електрочайнику потужністю 1 кВт закипає за 20 хв, тоді як така ж кількість води в чайнику потужністю 3 кВт закипає за 5 хв. Чому при використанні чайника з меншою потужністю виникає перевитрата електроенергії?

З а д а ч а 3. Стіни деяких приміщень виконують подвійними. Чому, попри те, що повітря має низьку теплопровідність, простір між цими стінами не залишають порожнім, а заповнюють пористим матеріалом?

Окремим важливим типом якісних задач є ті, у яких потрібно дати *фізичне тлумачення* певного явища, процесу або заходу, пов'язаного з енергозбереженням. У десятому класі після вивчення розділу «Основи термодинаміки» учням можна запропонувати таку задачу.

З а д а ч а 4. Дайте фізичне пояснення наступним простим рекомендаціям з енергозбереження, що їх можна реалізувати в побуті (деякі з поданих заходів запозичені з [158]).

- а) Холодильник має стояти у прохолодній кімнаті;
- б) не слід розташовувати меблі біля радіаторів опалення (останні також не рекомендується закривати декоративними панелями);
- в) за радіаторами опалення на стіні слід установити тепловий екран (теплоізоляційний матеріал, вкритий алюмінієвою фольгою);
- г) їжу можна зварити за той же час незалежно від того, кипить вона на великому чи малому вогні.

З а д а ч а 5. Дайте фізичне пояснення відомому прислів'ю електромонтерів: «Гаряча пайка завжди холодна, а холодна пайка завжди гаряча».

2. Насичення умов кількісних задач інформацією, що пов'язана з проблемою енергозбереження.

З а д а ч а 6. (Задачу запозичено зі збірника Д. І. Сахарова [341]). Аби уникнути необхідності в зупинці потяга для поповнення запасу води в паровозі, іноді застосовували такий спосіб. Між рейками викопували довгу канаву й наповнювали її водою. У цю канаву з паровоза опускали трубу, що була вигнута так, як показано на рис. 4.1. Вода трубою піднімалася й переливалася в бак, встановлений на паровозі. Чому такий процес можливий? З якою швидкістю v має рухатися потяг, щоб вода піднімалася на висоту $h = 3,5$ м і щоб за проміжок часу, упродовж якого потяг пройде шлях $l = 1$ км, у бак було подано $V = 3$ м³ води? Діаметр труби $d = 10$ см. (При розв'язанні задачі вважати в'язкість води нехтовно малою).

3. Використання задач, у яких потрібно знайти *параметри, що характеризують ефективність використання або перетворення енергії* (ККД, втрати теплової та електричної енергії тощо). Наведемо дві такі задачі з теми «Електричний струм» (9 та 11 класи).

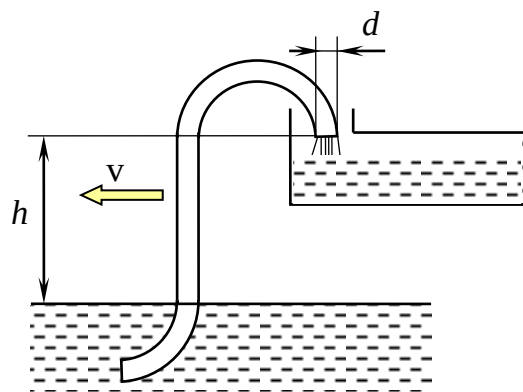


Рис. 4.1. Схема поповнення запасу води

З а д а ч а 7. Батарея складається з трьох послідовно з'єднаних елементів з ЕРС по 1,5 В і внутрішнім опором по 0,2 Ом. При якій силі струму потужність, що віддається в зовнішнє коло, буде найбільшою?

З а д а ч а 8. Яка потужність витрачається на нагрівання водного розчину нітрату срібла, якщо за 5 год з розчину виділяється у процесі електролізу 100 г срібла? Опір електроліту 0,8 Ом.

4. Використання разом з абстрактними фізичними задачами ще й таких, що сформульовані на матеріалі *конкретної проблемної ситуації з енергозбереження* (особливості цього методу були розкриті в підрозділі 3.2).

5. Включення до умов задач додаткових (тобто таких, що не вважаються обов'язковими) *творчих завдань*, які учні можуть розв'язувати за своїм бажанням. У таких завданнях учням можна, наприклад, запропонувати:

- виявити своє ставлення до розглянутої в задачі проблемної ситуації;
- запропонувати власні ідеї щодо розв'язання цієї проблеми;
- вказати можливі напрямки застосування отриманого в задачі результату у сфері енергозбереження.

Наприклад, у самостійній роботі з теми «Робота та потужність електричного струму» (9 та 11 класи) можна запропонувати наступну задачу.

З а д а ч а 9. Автостоянка освітлюється десятьма лампами розжарювання. При номінальній напрузі 220 В кожна лампа споживає струм 2,5 А. Лампи

вимикають і вимикають охоронці вручну, але іноді вони випадково залишають їх увімкненими вдень. Розв'яжіть наступні завдання:

1. Обчислити марнотратні витрати електроенергії, що обумовлені роботою ламп вдень упродовж 10 год. Відповідь подати в кВт·год та Дж.
2. Скільки кам'яного вугілля потрібно спалити, щоб отримати таку ж кількість теплоти (питома теплота згоряння кам'яного вугілля $q = 27$ МДж/кг)?
3. *Творче завдання.* Запропонуйте власний спосіб економії енергії, що витрачається на освітлення автостоянки.

Комбіновані уроки. Такі уроки передбачають кілька дидактичних цілей (наприклад, повторення вивченого матеріалу, пояснення нового матеріалу та його закріплення тощо). Під час уроків можуть використовуватися вже розглянуті нами методи й прийоми, спрямовані на ознайомлення учнів з фізичними основами енергозбереження.

У системі навчальних занять із фізики важливу роль у формуванні компетентності у сфері енергозбереження можуть відігравати також організаційні форми, які, за словами В. Ф. Савченка, М. П. Бойка, М. М. Дідовича та інших [254, с. 16], не мають ознак уроків: семінари, практикуми, навчальні конференції, екскурсії, факультативні заняття. До цього переліку ми відносимо також навчальну практику.

Семінари. Ця організаційна форма навчання передбачає обговорення проблем, що стосуються раніше вивченого матеріалу (наприклад, певної теми або розділу). Педагогічна цінність семінарів та навчальних конференцій (про них ітиметься далі) полягає, на думку О. І. Бугайова, у тому, що вони «дозволяють у сполученні з уроками інших типів більш ефективно розвивати мислення школярів, уміння самостійно набувати знання з різних джерел, аналізувати факти й робити узагальнення, висловлювати власні судження, критично ставитися до думок інших» [89, с. 232].

Зазвичай семінари проходять відповідно до плану, який повідомляється учням заздалегідь. На семінарських заняттях учні доповідають свої повідомлення, висловлюють думки й погляди щодо обговорюваної проблеми,

ставлять запитання до інших доповідачів. Семінари, тематика яких пов'язана з енергозбереженням, доцільно проводити наприкінці вивчення певної теми або розділу курсу фізики. У цьому випадку їх дидактична мета полягає в узагальненні навчального матеріалу, висвітленні практичного застосування набутих учнями знань. Наприклад, наприкінці вивчення розділу «Молекулярна фізика й термодинаміка» можна провести семінар на тему «Сучасні досягнення теплоенергетики» за таким тематичним планом:

- способи зменшення теплових втрат. Теплоізоляційні матеріали;
- відновлювані джерела теплової енергії (геотермальна енергія, енергія органічного палива (біомаси та біогазу) тощо);
- сучасні теплові машини (теплові двигуни та теплові насоси).

Конференції. Ця організаційна форма навчання має схожі ознаки із семінарами. Проте відрізняється від них кількістю учасників, які залучаються до обговорення певної проблеми. До конференції учні також готуються заздалегідь. Важливою організаційною умовою проведення конференцій є формування в учнів інтересу до участі в такому заході. У навчальній літературі наявні деякі методичні матеріали щодо проведення учнівських конференцій з енергозбереження, які підготовлені вчителями-практиками (наприклад, [315]). Проте такі розробки не мають системного характеру й містять лише сценарій проведення конференції (методичні особливості проведення залишаються не розкритими).

Практикуми. Вони зазвичай спрямовані на розвиток в учнів експериментальних умінь і навичок. Їх особливістю в порівнянні з фронтальними лабораторними роботами є вищий рівень самостійності учнів при проведенні експериментальних завдань (завдання також є складнішими). У контексті нашого дослідження важливою дидактичною метою занять фізичного практикуму є практичне залучення учнів до діяльності (яка може мати ознаки інноваційної) у сфері фізичних основ енергозбереження. Цю навчальну діяльність можна конкретизувати за такими видами:

➤ вивчення процесів перетворення одного виду енергії в інший (а також пристроїв, у яких відбувається таке перетворення). У чинній програмі з фізики для загальноосвітніх навчальних закладів (профільний рівень) [263] передбачені такі роботи: «Дослідження перетворення потенціальної енергії в кінетичну», «Визначення ККД теплового процесу», «Дослідження роботи джерела живлення», «Вивчення будови електродвигуна постійного струму». Приклади інших робіт подані, наприклад, у [398]: «Вивчення роботи холодильника та визначення його характеристик», «Вивчення роботи асинхронного двигуна», «Вивчення роботи генератора трифазного струму», «Вивчення роботи трансформатора»;

➤ проведення вимірювань параметрів навколишнього середовища (із цим пов'язана, наприклад, робота «Визначення кількості водяної пари в повітрі»);

➤ набуття вмінь роботи з обладнанням, що використовується у сфері енергозбереження (як приклад, вкажемо на деякі вимірювальні прилади: термометри, лічильники електроенергії, ватметри, фазометри, частотоміри);

➤ дослідження параметрів, що визначають енергоефективність пристроїв (наприклад, кількість теплоти, яка виділяється нагрівачем; теплопровідність матеріалу; сила струму, яку споживає пристрій, та його напруга; електроенергія, що споживається установкою за певний час; корисна та споживана потужності, ККД пристрою (нагрівача, електричної машини тощо); коефіцієнт потужності електричної установки);

➤ розроблення раціональних схем підключення електроустаткування;

➤ експериментальне дослідження енергоефективних пристроїв і заходів (наприклад, визначення зменшення теплових втрат унаслідок застосування теплоізоляційних матеріалів);

➤ вдосконалення та конструювання діючих моделей енергоефективних пристроїв, а також пристроїв для використання альтернативних джерел енергії (вітро двигунів, хвильових енергетичних установок, теплових двигунів тощо).

Екскурсії. О. І. Бугайов класифікує навчальні екскурсії за: змістом (тематичні та комплексні); навчальними цілями (вступні та заключні);

характером об'єкта (наприклад, виробничі, на природі, на виставку, до наукової лабораторії тощо) [89, с. 213]. Ця організаційна форма навчання, зазначають В. Ф. Савченко, М. П. Бойко, М. М. Дідович та інші [254, с. 289], дає нагоду реалізувати на практиці дидактичні принципи наочності та зв'язку навчання з життям. Важлива роль екскурсій полягає в демонстрації учням прикладного значення фізичних знань, в ілюстрації конкретних прикладів використання цих знань у науці й техніці. Під час екскурсії учні не лише ознайомлюються з роботою певного підприємства чи установи й набувають нові знання про технічні пристрої та технологічні процеси – у них виникають нові інтереси, які згодом можуть вплинути на вибір майбутньої професії. Вчителі-практики [429, с. 11] звертають також увагу на те, що екскурсія виявляє стимулюючий вплив на пізнавальний процес, стає поштовхом до розв'язання учнями певних творчих задач (зокрема винахідницьких, конструкторських, дослідницьких).

Перелік об'єктів для екскурсій, тематичний напрямок яких пов'язаний з енергозберігаючими технологіями, є доволі широким. Наведемо лише деякі приклади. При вивченні теми «Виробництво, передача та використання електроенергії» (11 клас) можна здійснити екскурсію на електростанцію або на розподільчу трансформаторну підстанцію. Іншими об'єктами для екскурсій можуть бути: механічний, термічний, ливарний та інші цехи заводу; автопарк; тролейбусне або трамвайне депо, фермерські господарства, у яких використовуються альтернативні джерела енергії, тощо.

У межах узагальнення матеріалу в старшій школі, зокрема, після вивчення таких великих за обсягом розділів курсу фізики як «Механіка», «Молекулярна фізика і термодинаміка», «Електродинаміка», слід ознайомлювати учнів із сучасними енергозберігаючими технологіями, що ґрунтуються на матеріалі цих розділів. Ефективним способом для цього є екскурсія до спеціалізованих навчально-наукових лабораторій енергоефективності й енергозбереження. Наприклад, автором започатковано регулярні екскурсії для учнів шкіл до навчально-наукової лабораторії енергоефективності та енергозбереження ЗНУ (особливості функціонування лабораторії розглянуто в підрозділі 4.3).

Слід застерегти, аби екскурсія не перетворилася на прогулянку, а мала пізнавальну цінність, потрібно заздалегідь передбачити спеціальні завдання для учнів. А. М. Корніч [205, с. 63] запропонував прийом, згідно з яким перед екскурсією кожен учень отримує питальник, відповіді до якого необхідно отримати під час екскурсії (після екскурсії питальник здається вчителю). Наш досвід показує, що педагогічна ефективність екскурсій значно підвищується в тому випадку, якщо перед учнями ставиться конкретне завдання, яке вони мають зробити після проведення екскурсії. Воно, наприклад, може полягати в підготовці учнями певного освітнього продукту: звіту, твору, конспекту, плакату, схеми, презентації, що розкривають зміст енергозберігаючих заходів, з якими учні ознайомилися під час екскурсії.

Факультативні заняття. Метою є поглиблена підготовка учнів з фізики (або з окремих її розділів), посилення їх інтересу до фізики, їх професійна орієнтація. У системі факультативів О. І. Бугайов [89, с. 269] виділяє дві групи:

- додаткові розділи й питання курсу фізики (невелика кількість відібраних тем для поглибленого вивчення, узгоджених із програмою основного курсу фізики);
- спеціальні курси (вони охоплюють питання, що стосуються одного розділу курсу фізики, або питання прикладного характеру).

Значення й методичні можливості факультативних курсів у напрямі підвищення рівня загальноосвітньої підготовки учнів з фізики докладно досліджено Л. Ю. Благодаренко [81; 82]. Нею, зокрема, визначено особливості сучасних підходів до цієї форми навчання, роль і функції факультативних курсів, запропоновано методичні підходи до їх організації та проведення, розроблено окремі програми.

У процесі аналізу навчально-методичної літератури з'ясовано, що нині існують деякі розробки факультативних занять із фізичних основ енергозбереження, хоча їх кількість незначна. Зробимо стислий огляд основних із них. Наприклад, у Стратегії енергозбереження в Україні [371, с. 94]

вказується на цикл факультативних курсів з енергозбереження (він носить переважно прикладний характер): «Енергія навколо нас», «Від виробництва до ефективного споживання енергії», «Енергетичний менеджмент». Особливістю цих курсів, зазначається там же, є те, що у процесі їх вивчення відбувається не лише трансформація знань від вчителя до учня, а й вдається досягти останніми глибинно-ціннісного осмислення енергетичних проблем, активного включення учнів у процес навчання, що є необхідною умовою формування в них сучасного енергозберігаючого світосприйняття.

У [313] наведено програми таких факультативних курсів з фізики:

- «Основи енергозбереження» та «Енергія навколо нас». Обидва курси призначені для учнів 7 класу. Їх основними цілями є формування розуміння життєвої необхідності бережливого використання енергії; навчання учнів раціонального використання енергетичних ресурсів;

- «Фізичні основи сучасного виробництва» (10–11 класи). Метою цього курсу є поглиблення знань учнів про прикладне значення законів фізики, а також ознайомлення їх із найважливішими шляхами й методами застосування фізичних законів та явищ на практиці.

Слід також вказати на ще один різновид спеціальних курсів – елективні курси (курси за вибором). Вони утворюють один із трьох основних змістових блоків (разом із базовим і профільним блоками) сучасної загальної структури профільного навчання у школах України. Серед основних функцій елективних курсів В. Д. Шарко [424] виділяє: задоволення пізнавальних інтересів учнів у різних сферах діяльності людини; розвинення змісту одного з базових навчальних предметів, вивчення якого здійснюється на базовому (мінімальному) рівні; насичення профільного курсу додатковим змістом, що поглиблює й розширює знання з основних предметів.

Серед переліку навчально-методичних розробок, які можна використовувати під час проведення факультативних занять з фізичних основ енергозбереження важливе місце займає посібник «Енергозбереження та пом'якшення змін клімату» [158], який розрахований на учнів загальноосвітніх

навчальних закладів. Цей посібник розроблений на основі курсу «Енергозбереження» міжнародного шкільного освітнього проекту з раціонального використання енергії та ресурсів SPARE (School Project for Application of Resources and Energy). Головною метою посібника є пробудження у школярів інтересу до проблеми енергозбереження, енергоефективності та пом'якшення змін клімату, набуття учнями необхідних практичних знань та вмінь, активізація дитячої творчості в галузі енергоефективного використання енергії та ресурсів. Однак цей посібник можна розглядати лише як пропедевтичний засіб для ознайомлення учнів з фізичними основами енергозбереження (значна частина наведених у ньому завдань пов'язана з виховними заходами з енергозбереження).

Отже, ефективність підготовки учнів до інноваційної діяльності, що пов'язана з енергозбереженням, забезпечується:

- використанням активних та інтерактивних методів навчання, а також організаційних форм, що уможливають прояв творчої ініціативи учнів як на уроках, так і в позаурочній роботі з фізики;
- забезпеченням виходу на продуктивний рівень навчальної діяльності шляхом збільшення ролі самостійної роботи учнів у навчанні фізики (насамперед, завдяки позаурочній формі організації навчання);
- посиленням практичної складової в навчальній діяльності учнів, що спрямована на розвиток у них здатності здійснювати енергозберігаючу діяльність (наприклад, у побуті);
- здійсненням цілеспрямованої діагностики рівня сформованості в учнів компетентності у сфері енергозбереження.

4.2.3. Навчальні засоби для теоретичної підготовки учнів до інноваційної діяльності з фізичних основ енергозбереження

Підготовка учнів до інноваційної діяльності з фізичних основ енергозбереження передбачає формування в них здатності застосовувати

знання, вміння та особистий досвід для розв'язання завдань, що стосуються проблеми енергозбереження та раціонального використання природних ресурсів, створення нових технічних рішень щодо ефективного енергоспоживання. Згідно з запропонованим авторським методичним підходом підготовку учнів до інноваційної діяльності з фізичних основ енергозбереження умовно можна поділити на *два* етапи:

- перший – етап оволодіння учнями окремими базовими знаннями та вміннями, що мають відношення до проблеми енергозбереження;
- другий – етап формування в учнів здатності застосовувати набуті знання, вміння, навички та інші якості для розв'язання конкретних фізико-технічних завдань у галузі енергозбереження у процесі творчої діяльності, що має ознаки інноваційної.

Дієвим дидактичним засобом для здійснення цієї підготовки є система навчально-пізнавальних задач. Умовно її можна представити у вигляді задач трьох типів:

1. Завдання, спрямовані на ознайомлення учнів з фізичними основами енергозбереження та на ілюстрацію можливих розв'язків конкретних фізико-технічних завдань у сфері енергозбереження. Здебільшого такі завдання є якісними задачами.

2. Навчальні фізичні задачі, що передбачають проведення розрахунків певних фізичних величин – характеристик енергоефективності різних пристроїв (зокрема, ККД установок, їх потужність, теплові втрати).

3. Проблемні завдання, що спрямовують учнів на розв'язання певної фізико-технічної задачі з основ енергозбереження. Розв'язки таких задач можуть мати новизну (принаймні суб'єктивну).

Зазвичай задачі перших двох типів слід використовувати під час першого, а задачі третього типу – під час другого етапу запропонованого підходу. Наші попередні дослідження [12; 27] дозволяють стверджувати, що навчальна діяльність учнів, пов'язана з розв'язанням такої системи задач, сприяє

поглибленому і, головне, усвідомленому засвоєнню навчального матеріалу з фізичних основ енергозбереження.

У пункті 3.4.2 монографії розглянуто методичний підхід до активізації інноваційної діяльності учнів, відповідно до якого розв’язання складної фізико-технічної проблеми (завдання) можна представити у вигляді циклу взаємопов’язаних навчальних фізичних задач, що виступають окремими етапами розв’язання цієї проблеми. Такий підхід можна використовувати здебільшого в позаурочній роботі (наприклад, на факультативних та гурткових заняттях), оскільки він потребує значних витрат часу. Для ознайомлення учнів з теоретичними основами енергозберігаючих технологій безпосередньо на уроках фізики ми використовуємо цикл спеціально підібраних задач (сформульованих нами або вибраних зі збірників задач), які складені на матеріалі певної проблеми, пов’язаної з енергозбереженням. Розв’язання таких задач сприяє здійсненню учнями теоретичної підготовки з основ енергозбереження. Набуті знання вони потім закріплюють у процесі дослідницької діяльності під час позаурочної роботи.

Методичні особливості запропонованого нами підходу розглянемо на прикладі вивчення розділу «Основи молекулярної фізики і термодинаміки» [32]. Цей розділ шкільного курсу фізики було обрано не випадково. Він відіграє неабияке значення у формуванні в учнів компетентності у сфері енергозбереження (на важливе практичне й політехнічне значення молекулярної фізики звертає увагу С. У. Гончаренко [130, с. 7, 157]). Вивчення термодинаміки у шкільному курсі фізики передбачає:

- ознайомлення учнів з фізичними основами конструкції й дії теплових машин (зокрема, теплового двигуна та холодильної машини);
- набуття знань про процеси перетворення теплової енергії в інші види енергії (насамперед, у механічну та електричну);
- ознайомлення учнів з проблемою раціонального використання енергетичних ресурсів та охорони навколишнього середовища від забруднення продуктами згоряння палива в теплових машинах.

У шкільному курсі фізики розділ «Основи молекулярної фізики і термодинаміки» розглядається у 10 класі. Згідно з навчальною програмою (зокрема, при профільному рівні навчання), після цього розділу має розглядатися тема «Фізика й науково-технічний прогрес», яка передбачає розгляд екологічних проблем енергетики, а також сучасних досягнень теплоенергетики. Серед відповідних державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів вказано такі: усвідомлення ролі теплоенергетики в економіці та суспільному житті країни, розуміння екологічних загроз щодо використання теплових машин.

На *першому* етапі запропонованого підходу необхідно, щоб учні оволоділи окремими базовими знаннями та вміннями, що мають відношення до проблеми енергозбереження. Для цього під час вивчення основ термодинаміки вчителям фізики доцільно використовувати, окрім традиційних задач, ще й задачі (як якісні, так і кількісні), зміст яких пов'язаний з енергозбереженням і раціональним використанням природних ресурсів. Такі задачі вчитель може відбирати зі збірників задач (для прикладу вкажемо [170; 253]) або виокремлювати та формулювати у процесі продуктивної діяльності учнів (з останньою пов'язаний другий етап підходу).

Рівень складності задач, що пов'язані з фізичними основами енергозбереження, та їх місце в навчальному процесі з фізики визначаються структурою навчального заняття та його дидактичними цілями. Під час вивчення нового матеріалу з термодинаміки такі задачі є відносно простими. За своїм навчальним значенням вони нагадують *тренувальні* завдання. Як приклад наведемо деякі з таких задач, що мають відношення до теми «Перетворення теплової енергії в механічну. Теплові машини».

Якісні задачі.

1. Чому вода закипає швидше в закритій кришкою каструлі, ніж у відкритій?

2. Прагнучи охолодити кімнату, учень увімкнув холодильник та відкрив його дверцята. Чи стане через деякий час прохолодніше в кімнаті, якщо вважати її теплоізовованою від навколишнього середовища?

3. Для передачі теплоти використовують так звані теплові трубки, які фактично є звичайними тонкостінними трубками з закритими кінцями, з яких відкачано повітря (рис. 4.2). Внутрішні стінки трубки викладені пористим матеріалом (наприклад, спеченою керамікою, скловолокном), який просочений леткою (такою, що легко випаровується) рідиною. Один кінець трубки знаходиться у джерелі тепла, інший – у теплоприймачі. Поясніть принцип дії теплової трубки.

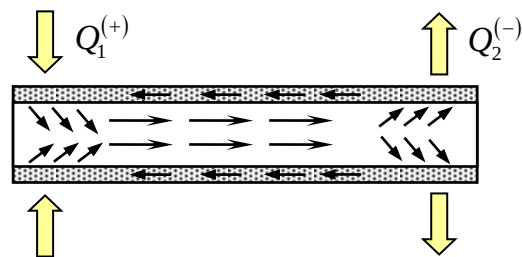


Рис. 4.2. Схема, що пояснює роботу теплової трубки

Кількісні задачі.

1. Теплова машина за цикл одержує від нагрівача кількість теплоти 100 Дж і віддає холодильнику 75 Дж. Визначте ККД теплової машини?

2. Температура газів, що утворюються при згорянні палива в циліндрах двигуна автомобіля, 800 °С. Температура вихлопних газів 80 °С. Витрата бензину на 100 км шляху при швидкості 90 км/год дорівнює 10 л. Яку потужність міг би розвинути двигун, якби був ідеальною тепловою машиною, що працює з максимально можливим коефіцієнтом корисної дії?

3. Геотермальна електростанція працює завдяки теплоті підземних водних джерел. Яка теплова потужність електростанції (кількість теплоти, що виробляється за одиницю часу), якщо зі свердловини щосекунди подається 36 кг води при температурі 200 °С? Температура води на виході з парової турбіни 110 °С. У цьому інтервалі температур питома теплоємність води 2100 Дж/(кг·К).

У процесі закріплення матеріалу певної теми або всього розділу доцільно використовувати більш складні задачі. У них міститься проблемна ситуація, яку

взято з реального життя. Такі задачі мають, окрім навчального, ще й практичне значення. Наведемо їх приклади з відповідними методичними коментарями.

З а д а ч а 1. Якщо температура надворі $t_1 = -20^\circ\text{C}$, то для підтримування в аудиторії температури $t_0 = 20^\circ\text{C}$ потужність нагрівача повинна дорівнювати $P_1 = 4$ кВт. На скільки треба зменшити потужність нагрівача, якщо температура надворі підвищиться до $t_2 = -10^\circ\text{C}$?

Р о з в ' я з а н н я . Кількість теплоти, що втрачає приміщення впродовж часу τ , пропорційне різниці температур у приміщенні t_0 і надворі t_1 :

$$Q_1 = \alpha(t_0 - t_1)\tau,$$

де α – коефіцієнт, що характеризує потужність тепловіддачі.

Для підтримування в аудиторії заданої температури t_0 нагрівач має розвивати потужність, яка дорівнює потужності тепловіддачі аудиторії при даній різниці температур в аудиторії й надворі. Тобто в першому випадку:

$$P_1 = \frac{Q_1}{\tau} = \alpha(t_0 - t_1).$$

Відповідно у другому випадку:

$$P_2 = \alpha(t_0 - t_2).$$

З останніх двох рівнянь отримуємо формулу для потужності, яку має розвивати нагрівач після підвищення температури надворі до t_2 :

$$P_2 = P_1 \frac{t_0 - t_2}{t_0 - t_1}.$$

Отже, потужність нагрівача потрібно зменшити на

$$\Delta P = P_1 - P_2 = P_1 \left(1 - \frac{t_0 - t_2}{t_0 - t_1} \right) = 1 \text{ кВт}.$$

З а д а ч а 2. За допомогою електроплитки потужністю $P = 1$ кВт у кімнаті підтримується температура $T_1 = 17^\circ\text{C}$ при температурі зовнішнього повітря $T_2 = -23^\circ\text{C}$. Яку потужність P' повинна мати ідеальна теплова машина для підтримання в кімнаті такої ж температури?

Розв'язання. Розглянемо теплову машину, що працює за зворотним циклом (рис. 4.3). У результаті такого циклу робоче тіло отримує від холодильника кількість теплоти $|Q_2|$. Зовнішні сили виконують роботу $|A|$ над робочим тілом, яка разом із теплотою, отриманою від холодильника, передається більш нагрітому тілу (нагрівачу):

$$|Q_1| = |A| + |Q_2|,$$

де $|Q_1|$ – кількість теплоти, яку за цикл отримує нагрівач.

Така машина залежно від призначення називається або *тепловим насосом* (якщо її використовують для нагрівання тіла з більшою температурою) або *холодильною машиною* (якщо її використовують для охолодження тіла з меншою температурою).

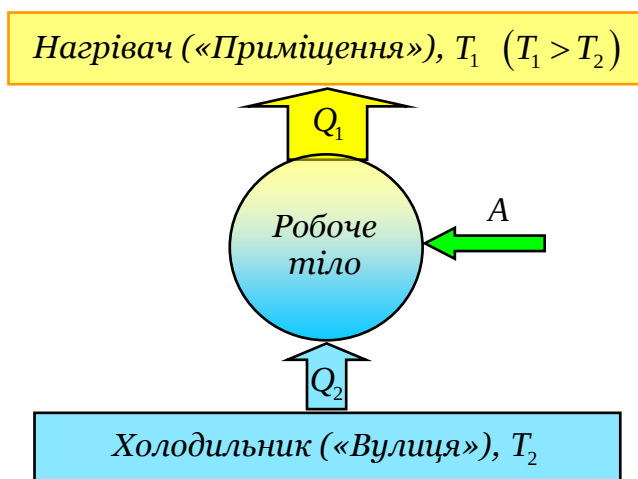


Рис. 4.3. Принципова схема теплового насоса

Ефективність роботи теплового насоса характеризується коефіцієнтом:

$$k = \frac{|Q_1|}{|A|}.$$

Максимальну ефективність матиме тепловий насос, що працює за оборотним циклом Карно. У цьому випадку

$$k = \frac{T_1}{T_1 - T_2}.$$

Порівнюючи останні дві формули, знаходимо мінімальну роботу $|A|$ (у разі, якщо машина працює за оборотним циклом Карно), яку необхідно виконати для підтримування у приміщенні заданої температури T_1 :

$$|A| = |Q_1| \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

Отже, шукана потужність ідеальної теплової машини:

$$P' = P \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1} \approx 138 \text{ Вт}.$$

Якщо ж обігрівати приміщення за допомогою звичайних електроприладів, то вироблювана ними тепла потужність дорівнюватиме електричній потужності, яку вони споживають (у цій задачі 1 кВт). Отже, за допомогою теплового насоса обігрівання приміщення є значно ефективнішим.

Задача 3. Іноді ескімоси будують з ущільненого снігу тимчасові сховища від негоди. Їх називають «іглу». Ці споруди переважно мають напівсферичну форму (рис. 4.4). Нехай температура повітря зовні $T_2 = -20^\circ \text{C}$. Враховуючи, що потужність теплових втрат людини у стані спокою складає приблизно 100 Вт, оцініть якою має бути товщина стіни іглу, що розрахована на трьох ескімосів, аби температура усередині була близькою до $T_1 = 0^\circ \text{C}$. Середній радіус сховища $R = 1,5$ м. Теплопередачу через підлогу не враховуйте. (Задача складена за матеріалом статті [384]).

Розв'язання. Розглянемо спочатку оцінні розрахунки. Кількість теплоти Q , що втрачається через стіну іглу за час τ можна оцінити за законом Фур'є, записаним у вигляді

$$Q = \kappa \frac{T_1 - T_2}{d} S \tau,$$

де κ – теплопровідність снігу, $\kappa = 0,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$; d – товщина стіни іглу; S – площа півсфери радіуса R , $S = 2\pi R^2$.

Очевидно, що в усталеному режимі кількість теплоти, що втрачається щосекунди крізь стіну іглу, дорівнює потужності тепловиділення трьох осіб $P = 300$ Вт. Тобто

$$P = \kappa \frac{T_1 - T_2}{d} S.$$

Звідки

$$d = \kappa \frac{T_1 - T_2}{P} S = 2\pi R^2 \kappa \frac{T_1 - T_2}{P} \approx 0,5 \text{ м.}$$

Розглянемо тепер більш точний розрахунок. Вважатимемо, що температура внутрішньої поверхні іглу (радіуса $R_1 = R$) дорівнює T_1 , а температура зовнішньої поверхні (радіуса $R_2 = R + d$) підтримується рівною T_2 . Тепловіддачу через підлогу не враховуємо (за умовою задачі). У цьому випадку температура усередині однорідної стіни залежатиме лише від відстані до центра сферичних поверхонь.

Кількість теплоти, що передається за час τ через будь-яку півсферу радіуса r , яка концентрична з внутрішньою та зовнішньою сферами й лежить між ними, дорівнює

$$Q = -\kappa \frac{dT}{dr} \cdot 2\pi r^2 \tau.$$

Після розділення змінних та інтегрування отримуємо:

$$\int_{T_1}^{T_2} dT = -\frac{Q}{2\pi\kappa\tau} \int_R^{R+d} \frac{dr}{r^2}.$$

$$T_2 - T_1 = \frac{Q}{2\pi\kappa\tau} \left(\frac{1}{R+d} - \frac{1}{R} \right).$$

Звідки, з урахуванням $Q/\tau = P$, знаходимо товщину d стіни іглу:

$$d = \frac{RP}{P + (T_2 - T_1)2\pi\kappa R} - R \approx 0,7 \text{ м.}$$

Отже, оцінний розрахунок дав задовільний результат.

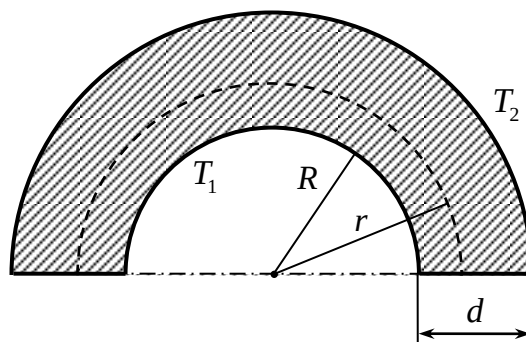


Рис. 4.4. Вертикальний переріз іглу

Задача 4. Яку максимальну роботу можна виконати, використовуючи процес танення айсберга об'єму 1 км^3 , який знаходиться при температурі плавлення (0°C) в океані з температурою води 27°C . Скільки часу потребуватиме Каховська ГЕС для вироблення такої ж кількості енергії? Потужність Каховської ГЕС 351 МВт . (Подібну задачу наведено у [170]).

Розв'язання. Розглянемо подумки теплову машину, нагрівачем якої (за умовою задачі) є вода в океані при температурі $T_1 = 300 \text{ К}$, а холодильником – айсберг, температура якого $T_2 = 273 \text{ К}$. ККД такої машини

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{A}{A + |Q_2|}, \quad (4.1)$$

де A – корисна робота, яку машина здійснює за цикл; Q_1 – кількість теплоти, яку отримує робоче тіло від нагрівача за цикл; Q_2 – кількість теплоти, яку машина віддає холодильнику за цикл (від'ємна величина).

ККД розглянутої машини буде максимальним, якщо вона працюватиме за циклом Карно, для якого

$$\eta = (T_1 - T_2)/T_1 = 1 - T_2/T_1. \quad (4.2)$$

Порівнюючи формули (4.1) та (4.2), отримуємо максимально можливу роботу, яку можна отримати при даних температурах нагрівача T_1 і холодильника T_2 :

$$A = |Q_2| \cdot (T_1/T_2 - 1). \quad (4.3)$$

Якщо під $|Q_2|$ розуміти кількість теплоти, яку потрібно надати льоду об'єму V для його розплавлення,

$$|Q_2| = \lambda m = \lambda \rho V,$$

де λ – питома теплота плавлення льоду, $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, то з формули (4.3) можна знайти максимально можливу роботу:

$$A = \lambda \rho V (T_1/T_2 - 1) \approx 3,3 \cdot 10^{16} \text{ Дж}.$$

Для отримання такої ж кількості електроенергії Каховській ГЕС потужністю $P = 351 \text{ МВт}$ потрібно працювати впродовж часу

$$\tau = A/P = 9,4 \cdot 10^7 \text{ с} \approx 1100 \text{ діб}.$$

З а д а ч а 5. Циліндричний паропровід має азбестову теплоізоляційну оболонку (теплопровідність азбесту $\kappa = 0,21 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$). Зовнішня поверхня оболонки має температуру $T_2 = 50^\circ\text{C}$, а внутрішня, що прилягає до паропроводу, $T_1 = 120^\circ\text{C}$. Довжина паропроводу $l = 65 \text{ м}$; зовнішній діаметр теплоізоляційної оболонки $d_1 = 13 \text{ см}$, внутрішній діаметр $d_2 = 7 \text{ см}$. Визначте кількість теплоти, що передається паропроводом навколишньому середовищу впродовж доби. (Подібна задача наведена у збірнику Д. І. Сахарова [341]).

Р о з в ' я з а н н я . Розглянемо поперечний переріз циліндричної оболонки (рис. 4.5). Температура всередині однорідної оболонки залежить лише від відстані r до осі циліндра. Кількість теплоти Q , що передається за час τ через будь-яку циліндричну поверхню радіуса r , яка коаксіальна з внутрішньою (радіуса R_1) та зовнішньою (радіуса R_2) поверхнями оболонки, згідно з законом Фур'є дорівнюватиме:

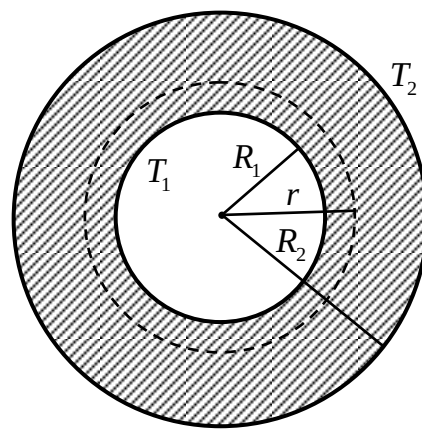


Рис. 4.5. Поперечний переріз теплоізоляційної оболонки

$$Q = -\kappa \frac{dT}{dr} \cdot 2\pi r l \tau. \quad (4.4)$$

Знак «мінус» забезпечує додатність правої частини (4.4), оскільки $dT/dr < 0$. Розділяючи змінні у (4.4), дістаємо:

$$dT = -\frac{Q}{2\pi \kappa l \tau} \cdot \frac{dr}{r}.$$

Після інтегрування отримуємо:

$$\int_{T_1}^{T_2} dT = -\frac{Q}{2\pi \kappa l \tau} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r},$$

$$T_2 - T_1 = -\frac{Q}{2\pi \kappa l \tau} \ln \frac{R_2}{R_1}.$$

Звідки знаходимо шукану кількість теплоти, що віддає паропровід:

$$Q = \frac{2\pi\kappa l\tau(T_1 - T_2)}{\ln(R_2/R_1)} = \frac{2\pi\kappa l\tau(T_1 - T_2)}{\ln(d_2/d_1)} = 8,3 \cdot 10^8 \text{ Дж}.$$

Важливо, щоб учні не лише розв'язували, але й брали участь у формулюванні подібних задач. Цикл таких задач (або лише відповідні проблемні ситуації, за якими потрібно сформулювати задачу) вчитель може запропонувати учням заздалегідь, наприклад, на початку вивчення розділу «Основи молекулярної фізики і термодинаміки». З питань, що виникають при розв'язуванні, учні мають нагоду консультуватися з учителем і товаришами. Наприкінці вивчення цього розділу учням слід дати змогу доповісти про розв'язки своїх задач на спеціально відведеному для цього занятті. Наведемо далі приклад циклу задач для самостійного розв'язання. Їх можна використовувати в навчальному процесі з фізики у школах та ВНЗ I та II рівнів акредитації, насамперед, при поглибленому вивченні фізики.

Задачі для самостійного розв'язування.

1. Площа цегляної стіни, що виходить надвір, $S = 12 \text{ м}^2$, а її товщина $d = 0,6 \text{ м}$. Температура повітря надворі $T_1 = -15^\circ\text{C}$, температура повітря в кімнаті $T_2 = 15^\circ\text{C}$. Визначити кількість теплоти, що втрачає кімната впродовж доби. Коефіцієнт теплопровідності цегляної кладки $\kappa = 0,7 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$.

2. Яку мінімальну роботу потрібно витратити для того, щоб заморозити 1 кг води, що знаходиться при температурі навколишнього середовища 300 К?

3. З двох пластин однакової товщини й різної теплопровідності складено куб (рис. 4.6). Покажіть, що теплопровідність куба в напрямку вздовж пластин ($\kappa_{\parallel}$) більше, ніж у напрямку, перпендикулярному до них ($\kappa_{\perp}$).

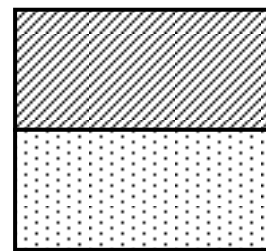


Рис. 4.6. До задачі 3

4. У кімнаті об'ємом 90 м^3 повітря змінюється повністю через 2 год. Яку кількість теплоти потрібно витратити для обігріву повітря в кімнаті впродовж доби, якщо температура повітря в кімнаті має дорівнювати 20°C , а температура

повітря надворі дорівнює -10°C ? Для розрахунку прийняти, що середня густина повітря дорівнює $1,25 \text{ кг/м}^3$.

5. Під час зимових морозів $t_0 = -30^{\circ}\text{C}$ температура повітря в кімнаті, де працює радіатор опалення, складає $t_1 = 16^{\circ}\text{C}$. Для підвищення температури в кімнаті було ввімкнено електричний нагрівальний пристрій потужністю 2 кВт , і температура підвищилася до $t_2 = 18^{\circ}\text{C}$. За цими даними визначте потужність радіаторів опалення.

Використання в навчальному процесі з фізики задач, пов'язаних з фізичними основами енергозбереження, сприяє більш усвідомленому вивченню фізики. Про це свідчать результати відповідного педагогічного експерименту, проведеного нами у двох напрямках:

- на заняттях з фізики в Запорізькій гімназії № 28 (автор викладав там фізику), де разом зі стандартними (традиційними) навчальними задачами, використовувалася розглянута система навчально-пізнавальних задач;

- у межах позакласної роботи на гурткових заняттях з учнями – членами МАН України (Запорізьке територіальне відділення МАН України).

Ми не маємо на меті детально розглядати умови організації та результати проведення цього педагогічного експерименту, зазначимо лише, що учні експериментальної групи значно краще впоралися з контрольною роботою, проведеною наприкінці вивчення термодинаміки. На нашу думку, це пояснюється посиленням інтересу учнів до вивчення фізики загалом, адже вони мали нагоду використовувати набуті знання й уміння, пов'язані з фізичними основами енергозбереження, на практиці (наприклад, удома). Останнє дозволяє учню не лише побачити результат власної діяльності, але й відчувати економічний ефект від його впровадження.

Другий етап підготовки до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження передбачає формування в учнів здатності застосовувати набуті ними у процесі розв'язування окремих задач (на першому етапі) знання, уміння, навички та інші якості для розв'язування конкретного фізико-технічного завдання в галузі фізичних основ енергозбереження.

Як ефективний дидактичний засіб для реалізації другого етапу розглянутого методичного підходу є проблемні завдання, що передбачають використання учнями знань з фізичних основ енергозбереження для розв'язання певної фізико-технічної задачі (задачі третього типу наведеної вище системи навчально-пізнавальних задач). Зазвичай виконання творчих завдань на другому етапі аналізованого підходу є довгостроковим: учні самостійно працюють над розв'язком завдання в позаурочний час (наприклад, під час гурткових занять або вдома). При цьому розв'язки деяких із задач можуть перетворюватися на науково-дослідні роботи. Широкі можливості для здійснення цього етапу підготовки має, насамперед, варіативна складова навчального процесу з фізики. На неї у старшій школі (10–11 класи) припадає, згідно з Державним стандартом [147], половина навчальних годин.

У нашому дослідженні науково-дослідна діяльність учнів була організована в межах винахідницького гуртка, що працює при Комунальному закладі «Запорізький обласний центр науково-технічної творчості учнівської молоді “Грані”» Запорізької обласної ради. У пункті 5.2 монографії наведено деякі результати, що вказують на дієвість запропонованого підходу. Основними особливостями організації навчання на другому етапі підготовки учнів до інноваційної діяльності є наступні:

1. Учням, які виявляють особливий інтерес до проблеми енергозбереження, учителю фізики доцільно завчасно (бажано на початку навчального року або семестру) запропонувати для розв'язування одне-два завдання з фізичних основ енергозбереження. Кожне з таких завдань передбачає самостійне формулювання та розв'язування циклу більш простих і логічно взаємопов'язаних фізичних задач.

2. Над розв'язуванням отриманого завдання учень працює самостійно, консультуючись за потреби з учителем. За результатами виконання цієї роботи учні оформлюють звіт. За його підготовки доцільно порекомендувати школярам дотримуватися такої структури: назва теми роботи; вступ (де подається основна ідея та її теоретичне обґрунтування); основна частина

(розглядаються використані методи й отримані результати, подаються необхідні таблиці, графіки, технічні описи та фотографії моделей, приладів тощо; оцінка результатів роботи та їх порівняння з відомими даними); висновки; список використаних джерел.

3. Учитель обов'язково має забезпечити учням нагоду виступити з доповідями, що присвячені отриманим ними результатам. Для цього, наприклад, наприкінці навчального семестру (або навчального року) слід запланувати проведення заняття-конференції.

4. Наукова новизна отриманого учнем результату (освітнього продукту з енергозбереження) не обов'язково має бути об'єктивною (тобто виходити за сучасний рівень техніки). Творчий продукт може бути новим лише для учня, але це не применшує навчального ефекту від процесу його створення для формування в учнів здатності до здійснення інноваційної діяльності. Творчі завдання можуть передбачати, зокрема:

- здійснення розрахунків теплових втрат, ККД пристроїв, оцінку економії від упровадження заходу енергозбереження (наприклад, від застосування теплових екранів, від заміни звичайних вікон на металопластикові);
- розроблення конструкцій енергозберігаючих пристроїв та проведення розрахунків їх робочих параметрів.

Як приклад наведемо коротку інформацію про дві учнівські розробки:

1. «Використання теплових екранів як спосіб зменшення втрат теплової енергії в будівлях». Учні було розроблено методику розрахунку економічної ефективності встановлення за радіатором опалення теплових екранів. Корисний ефект досягається завдяки зменшенню теплових втрат через стіну шляхом збільшення термічного опору складної огорожі. Було також проведено апробацію розроблених методик для теплового екрана на прикладі приватного будинку та бюджетної установи. Розроблені методики можна використати в бюджетних установах і в індивідуальному господарстві.

2. «Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну». У цій роботі було запропоновано конструкцію зазначеного

пристрою. Учнем також виконано оцінні розрахунки його робочих параметрів, виготовлено діючу модель та проведено її експериментальне дослідження.

Найяскравіші роботи учні мають змогу представляти на інтелектуальних конкурсах фізико-технічного спрямування різних рівнів (про особливості організації інноваційної діяльності учнів у процесі підготовки до всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсів йдеться в пункті 4.4.2). Така нагода є додатковим мотивом до навчально-пізнавальної діяльності учнів. У нашій педагогічній практиці непоодинокими були випадки, коли у процесі інноваційної діяльності учням вдавалося створювати власні технічні рішення, що мали елементи об'єктивної новизни. Їх новизна засвідчена відповідними патентами на винаходи та корисні моделі (приклади наведено в пункті 5.2).

Слід зазначити, що залучати до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження можна не лише учнів, які готуються до олімпіад з фізики, виступів на конференціях МАН та інших конкурсів. Наші спостереження переконують, що до проблем енергозбереження виявляють інтерес навіть школярі з відносно невисоким рівнем навчальних досягнень з фізики. Тому в учителя є важлива задача залучення до роботи й таких учнів (відповідні прийоми наведено у [27]).

Розглянуті у цьому пункті дидактичні засоби для здійснення підготовки учнів до інноваційної діяльності у сфері енергозбереження проілюстровано на матеріалі розділу «Основи молекулярної фізики і термодинаміки». Оскільки теоретичні основи енергозбереження та відповідні практичні заходи ґрунтуються на широкому спектрі знань із фізики й техніки, запропонований методичний підхід можна використовувати у процесі вивчення й інших розділів фізики (основні відмінні ознаки цього підходу відтворено на рис. 4.7).



Рис. 4.7. Відмінні ознаки в підготовці учнів до інноваційної діяльності у сфері енергозбереження

Отже, підготовку учнів до інноваційної діяльності з фізичних основ енергозбереження нами запропоновано здійснювати у два етапи: етап оволодіння учнями окремими базовими знаннями та вміннями, що мають відношення до проблеми енергозбереження (перший етап); етап формування в учнів здатності застосовувати набуті знання, вміння, навички та інші якості для розв'язання конкретних фізико-технічних завдань у галузі енергозбереження у процесі творчої діяльності, що має ознаки інноваційної (другий етап). Дієвим дидактичним засобом для здійснення такої підготовки учнів є система навчально-пізнавальних завдань, що структурована за трьома типами: підготовчі завдання, що спрямовані на ілюстрацію можливих розв'язків фізико-

технічних завдань у сфері енергозбереження; навчальні фізичні задачі, які передбачають проведення учнями розрахунків певних фізичних величин, що характеризують енергоефективність різних пристроїв; проблемні завдання, які спрямовують учнів до розв'язання певної фізико-технічної задачі з фізичних основ енергозбереження.

4.3. Особливості створення навчального середовища для формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів

4.3.1. Навчально-наукова лабораторія енергоефективності та енергозбереження як полігон для організації інноваційної діяльності

У підрозділі 4.1 з'ясовано, що серед тенденцій модернізації сучасної освіти важливе місце посідає її орієнтація на актуальні проблеми, пов'язані зі збереженням природи (передусім йдеться про проблеми енергозбереження та екології). А важливим завданням розвитку освіти у сфері енергозбереження є розбудова проблеми *практичного залучення учнів до природоохоронної та природодослідницької діяльності*. Було показано, що навчальний процес з фізики має відігравати у цьому першорядну роль.

Уже йшлося про те, що сприятливі умови для підготовки учнів до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження створює варіативна складова базового навчального плану, яка реалізується, зокрема, через позаурочну діяльність учнів. Деякі її форми, наприклад, факультативні курси, на сьогодні вже детально досліджені. Проте їх використання для залучення учнівської молоді до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження має свої труднощі. Для проведення факультативів із фізичних основ енергозбереження потрібні відповідні навчальні програми (нині існують лише окремі їх приклади), а також необхідна спеціальна підготовка вчителів. Отже, виникає важливе питання щодо створення ефективного

навчального середовища для набуття відповідної фахової підготовки майбутніми вчителями фізики.

Успішне формування в учнів нового світогляду щодо енергозбереження, залучення їх до продуктивної діяльності, що має ознаки інноваційної, залежить від активного залучення вчителів у цей процес. А останнє можливе лише за умови сформованості в них професійної культури у сфері енергозбереження, а також за умови їх готовності організовувати навчальну природоохоронну та природодослідницьку діяльність учнів. Зазначимо, що нині вже здійснюється підготовка вчителів до викладання дисциплін з енергозбереження. Серед можливих шляхів її здійснення наведемо такі [371, с. 96].

1. Курси підвищення кваліфікації вчителів. За рекомендаціями МОН України питання енергозбереження включено до змісту навчальних курсів підвищення кваліфікації при інститутах післядипломної педагогічної освіти.

2. Система тренінгів і система консультаційних пунктів на основі базових шкіл або інститутів.

3. Самоосвіта. Цей напрямок можливий за умови функціонування періодичної освітянської преси, електронних видань (веб-сторінок) та за наявності навчально-методичної літератури (зокрема з фізики) з сучасною інформацією щодо енергозбереження.

Проте поки майже відсутні ґрунтовні теоретико-методичні розробки, пов'язані з підготовкою майбутніх учителів-фізиків до реалізації практичного залучення учнів до енергозберігаючої діяльності в навчальному процесі. Крім того, бракує й конкретних дидактичних розробок для вчителів фізики (навчальних методик, розробок уроків, творчих завдань), що мають на меті формувати в учнів компетентності у сфері енергозбереження.

Навчально-наукова лабораторія енергозбереження та енергоефективності Запорізького національного університету. З метою активізації діяльності в галузі енергозбереження та підвищення її результативності в 2010 р. у ЗНУ була створена інноваційна структура – «Навчально-наукова лабораторія енергозбереження та енергоефективності»

(далі Лабораторія). Автор брав безпосередню участь у її створенні та функціонуванні. На сьогодні Лабораторія є дієвою організаційною формою, що використовується у процесі професійної підготовки майбутніх учителів фізики. Вона також дозволяє реалізувати практичне залучення учнів до інноваційної діяльності з енергозбереження в позаурочній роботі [33].

Попри відносно короткий термін існування, Лабораторія вже досягла певних успіхів як у науково-дослідній, так і в навчальній сферах своєї діяльності. Тому висвітлення досвіду її функціонування має як практичне, так і важливе дидактичне значення. Адже у методичній літературі майже відсутні дослідження, присвячені особливостям ефективного залучення студентів (майбутніх учителів фізики) у процесі їх професійної підготовки та учнів загальноосвітніх шкіл (у процесі вивчення ними фізики) до інноваційної діяльності в галузі енергозбереження.

У наступних пунктах наведено особливості створення та функціонування Лабораторії; розглянуто основні напрями її діяльності в контексті фахової підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів з енергозбереження; висвітлено методичні особливості проведення навчальних занять експериментальної групи на базі Лабораторії, а також показано ефективність цієї форми навчання для формування компетентності у сфері енергозбереження у студентів (майбутніх вчителів) та учнів.

Особливості створення та функціонування Лабораторії. Навчально-наукова лабораторія енергозбереження та енергоефективності є структурним підрозділом науково-дослідної частини ЗНУ. У складі Лабораторії на чолі з її завідувачем (три роки з моменту її створення ним був автор монографії) працюють фахівці в певній галузі знань: теплотехніка, автоматизація теплових мереж, електроніка та робототехніка, фізика та методика її викладання. Підставами для створення й функціонування Лабораторії, які вказують на її доцільність та актуальність, є такі нормативно-правові документи [273]: Закон України «Про енергозбереження» [307]; Закон України «Про вищу освіту» [306]; Закон України «Про інноваційну діяльність» [309]; Закон України «Про

наукову і науково-технічну діяльність» [310]; Концепція реформування державної політики в інноваційній сфері [203].

На базі Лабораторії відразу після її створення було сформовано експериментальну (проблемну) групу. До її складу увійшли:

- студенти фізичного факультету ЗНУ (спеціальностей «Середня освіта (фізика)», «Фізика та астрономія», «Прикладна фізика та наноматеріали»);
- студенти Економіко-правничого коледжу ЗНУ (спеціальностей «Розробка програмного забезпечення», «Організація виробництва»);
- учні загальноосвітніх навчальних закладів Запоріжжя й області, які одночасно були вихованцями різних гуртків (насамперед, ідеться про винахідницькі та фізико-математичні гуртки) Комунального закладу «Запорізький обласний центр науково-технічної творчості учнівської молоді “Грані”» Запорізької обласної ради;
- учні з інших областей (зокрема школярі Міжводненської загальноосвітньої школи Чорноморського району Автономної республіки Крим), співпраця з якими відбувалася (до 2014 р.) здебільшого дистанційно за допомогою глобальної мережі (з використанням сучасних телекомунікаційних засобів зв’язку).

Експериментальна група в середньому складалася з 20–25 осіб. Предметом її діяльності (він визначається напрямками роботи самої Лабораторії) були інновації у сфері енергозберігаючих технологій: розроблення та дослідження нових технічних рішень у галузі енергозбереження; вивчення вже відомих способів і пристроїв енергозбереження; написання науково-дослідних робіт та їх представлення на всеукраїнських та міжнародних студентських й учнівських конкурсах фізико-технічного спрямування; написання наукових статей, підготовка заявок на передбачувані винаходи тощо.

4.3.2. Методичні особливості організації інноваційної діяльності лабораторії в контексті професійної підготовки майбутніх учителів фізики

Напрями діяльності Лабораторії. Серед пріоритетних напрямів діяльності Лабораторії (у контексті професійної підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів з фізичних основ енергозбереження) умовно можна виділити науково-дослідну, практичну та навчально-просвітницьку складові [34]. Розглянемо кожен із цих напрямів з ілюстрацією деяких результатів, отриманих спільно з представниками експериментальної групи Лабораторії.

Науково-дослідна складова. Науково-дослідна діяльність Лабораторії пов'язана з розробкою та створенням нових технічних рішень (таких, що мають елементи об'єктивної новизни) у галузі енергозбереження та енергоефективності, а також з їх теоретичними й експериментальними дослідженнями. Насамперед, це розроблення та дослідження способів і пристроїв для використання альтернативних джерел енергії; розроблення ефективних способів енергозаощадження у бюджетних установах. Наприклад, розробка «Хвильова енергетична установка» присвячена проблемі перетворення механічної енергії хвиль на поверхні водоймищ (насамперед, морських хвиль та хвиль повноводних річок) в електричну енергію. Про етапи його створення докладно йшлося в підрозділі 2.4.

Практична складова. У межах цієї складової умовно можна виділити такі основні напрями діяльності Лабораторії:

- апробація розроблених Лабораторією способів і засобів енергозаощадження на базі університету та внесення пропозицій щодо їх упровадження на підприємствах (організаціях) області (стосовно цього ЗНУ є експериментальним майданчиком);
- упровадження енергозберігаючих технологій в університеті (зокрема, реконструкція теплових мереж, модернізація огорожувальних конструкцій);
- моніторинг витрат енергоресурсів в університеті (зокрема газу, теплової та електричної енергії, води).

Як приклад інноваційних продуктів, створених співробітниками Лабораторії за активної участі представників її творчої групи (студентів –

майбутніх учителів фізики та учнів) у межах розглядуваної складової діяльності Лабораторії, зупинимось на розробці, що має, насамперед, практичне значення для університету. Вихідну технічну проблему, яку було успішно розв'язано, можна подати у вигляді наступної задачі.

З а д а ч а 1. «Оптимізація теплопостачання університету». Найбільші комунальні витрати університету пов'язані з обігрівом приміщень. Для забезпечення комфортних умов навчання та праці температура повітря у приміщенні має складати близько 20 °С. Але вночі, на канікулах або карантині навчальний процес призупиняється. Яким чином забезпечити комфортні умови для студентів і працівників університету й заразом ощадливо використовувати теплову енергію?

У процесі розв'язування цієї задачі представники проблемної групи Лабораторії виступили лише як помічники на певних його етапах. Проте й таку форму їх роботи не можна недооцінювати. Адже їх участь у справжніх (а не лише навчальних) заходах з енергозбереження має цілу низку цінних, з педагогічної точки зору, можливостей для розвитку здатності до здійснення інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження. Це, зокрема, нагода поглибити знання з фізичних основ енергозбереження, побачити їх прикладене значення, а також упевнитися у працездатності теоретичних розробок.

Як розв'язання поданої вище задачі Лабораторією розроблено поетапний комплекс заходів [225]. Для здійснення контролю середньої температури всіх кімнат у будівлі (перший етап) було встановлено мережу температурних сенсорів у приміщеннях навчальних корпусів. На другому етапі розроблено електронний регулятор елеваторного вузла, який підтримує необхідну температуру теплоносія у радіаторах опалення для забезпечення середньої температури у приміщенні на рівні 20 °С удень і 18 °С вночі *незалежно від погодних умов*. Система дозволила уникнути перегріву повітря у приміщеннях під час зимових відлиг (який раніше сягав 27 °С) і переохолодження повітря із настанням сильних холодів. Наступний етап був пов'язаний з тепловізійним

обстеженням будівель. Це дозволило виявити місця з підвищеними тепловими втратами – так звані «мости холоду» – із наступним їх утепленням. Значні втрати були на ділянках стін за радіаторами опалення. Для зменшення цих втрат за радіаторами було встановлено теплові екрани з ізолону.

У процесі розв’язання проблеми енергозбереження в університеті співробітники Лабораторії спільно з проблемною групою приділяють значну увагу також уже відомим (традиційним) заходам (внесок творчої групи полягає, передусім, у проведенні теоретичної оцінки ефективності впровадження певного заходу). Укажемо лише на деякі з них:

- підвищення коефіцієнта потужності споживачів електроенергії;
- вибір енергоефективних схем включення світильників освітлення та їх раціональне розташування у приміщенні;
- встановлення датчиків присутності для автоматичного відключення світильників, а також датчиків контролю природної освітленості;
- запровадження енергоакumuлюючих схем освітлення й опалення приміщень завдяки використанню сонячних батарей та сонячних колекторів;
- встановлення вітрових установок на територіях з підвищеним вітровим потенціалом (наприклад, на базі відпочинку ЗНУ).

Серед інших, уже впроваджених у ЗНУ інноваційних продуктів, створених представниками експериментальної групи Лабораторії в межах її практичної складової діяльності, наведемо такі:

- розроблено та реалізовано схему експериментальної установки для тестування компактних люмінесцентних ламп, яка дозволяє встановити залежність фізичних характеристик цих ламп (сили струму та споживаної потужності; освітленості, що дає лампа на певній відстані) від перепадів напруги в електромережі;
- розроблено методики дослідження ефективності використання тепловідбивних екранів, що встановлюються за радіаторами опалення, заміни сталевих магістрального трубопроводу на металопластиковий, заміни звичайних вікон на металопластикові.

Навчально-просвітницька складова. У переліку напрямів роботи Лабораторії важливе місце посідає її навчально-просвітницька діяльність. Цей напрям конкретизується в таких формах:

1. *Участь у реалізації загальнодержавних та регіональних освітніх програм з енергозбереження та енергоефективності, а також поширення провідного досвіду у сфері енергозбереження.* Співробітниками Лабораторії спільно з експериментальною групою було організовано проведення соціологічного дослідження серед викладачів, студентів і працівників ЗНУ на тему «Ставлення громадськості до проблем підвищення енергоефективності та використання альтернативних джерел енергії» (це опитування проведене на виконання листа МОН України № 6/2-5 від 05.01.2011). Заповнені анкети було направлено до Національного агентства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів. А в ЗНУ Лабораторією було проведено семінар, присвячений обговоренню результатів цього дослідження. У ньому взяли участь студенти фізичного факультету ЗНУ, учні загальноосвітніх шкіл, учителі, керівники учнівських гуртків. Іншим прикладом просвітницької роботи Лабораторії є розроблення спільно з Центром незалежних соціологічних досліджень ЗНУ проекту анкети для масового опитування на тему, пов'язану з енергозбереженням (на виконання листа Запорізької державної адміністрації від 23.03.2011 № 08-22/0784).

2. *Участь у міжнародних та всеукраїнських фізико-технічних конкурсах, спеціалізованих виставках, форумах, ярмарках, присвячених енергоефективності та енергозбереженню.* Про результати виступів членів експериментальної групи Лабораторії в деяких всеукраїнських та міжнародних конкурсах йдеться в підрозділі 5.2.

3. *Ознайомлення майбутніх учителів фізики та учнів із сучасним обладнанням, що має відношення до енергозбереження.* Під час навчальних занять співробітники Лабораторії знайомлять майбутніх учителів фізики з конструкцією та принципом дії таких сучасних вимірювальних приладів (що використовуються в енергоаудиті) як, наприклад, оптичний пірометр,

анемометр, тепловізор, а також формують у студентів уміння працювати з цими приладами. Важливо, що таке ознайомлення є яскравою ілюстрацією відповідного теоретичного матеріалу, який студенти вивчають в університеті. Адже через обмаль аудиторних годин у викладача, що веде, наприклад, загальний курс фізики, бракує часу на висвітлення прикладних питань навчального матеріалу. Тому залишається лише сподіватися, що студент розгляне їх самостійно. Зважаючи на це, ознайомлення студентів з оптичним пірометром та тепловізором ми проводимо одночасно з вивченням теми «Температура. Емпіричні шкали температур. Способи й прилади для вимірювання температури» у курсі молекулярної фізики.

4. Розв'язання зі студентами-фізиками та учнями проблемної групи навчальних фізичних задач, тематика яких пов'язана з фізичними основами енергозбереження. Що стосується місця таких задач у навчальному процесі з фізики загальноосвітньої школи, то особливу увагу їм можна приділити під час таких форм навчальної діяльності.

- *Позакласні заняття (зокрема гурткові).* Ця форма діяльності передусім пов'язана з підготовкою учнів до участі у фізичних олімпіадах різних етапів, а також у всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсах (для прикладу вкажемо на Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України; Всеукраїнський турнір юних винахідників і раціоналізаторів; Міжнародний конкурс молодіжних проєктів з енергозбереження «Енергія й середовище»). Наведемо приклад відповідної винахідницької задачі, яку можна використовувати у процесі підготовки учнів до участі в зазначених конкурсах.

З а д а ч а 2. «Освітлення коридорів». Одним із дієвих способів енергозбереження в закладах освіти є раціональне використання електроенергії, що витрачається на освітлення коридорів. Окрім використання енергозберігаючих ламп, важливе значення відіграє правильний вибір схеми освітлення та контроль за доцільністю ввімкнення ламп. Адже є непоодинокими випадки, коли освітлення марнотратно працює на повну

потужність навіть у тих його ділянках, де в пізній час людей взагалі не буває. З цим пов'язані значні витрати електроенергії (які обумовлюються не лише роботою ламп, але й втратами у проводах). Інколи через неуважність лампи продовжують горіти й удень, коли у штучному освітленні вже немає потреби. Можливими напрямками розв'язання окресленої проблеми є такі:

- застосування схем автоматичного ввімкнення/вимкнення світильників за заданого значення освітленості коридору;

- використання малопотужних ламп (чергового освітлення), що можуть живитися від сонячних батарей, на тих ділянках коридору, де немає потреби у яскравому світлі. *Запропонуйте можливі схеми реалізації описаних способів підвищення енергоефективності освітлення коридорів.*

- *Уроки (та факультативні заняття)*, присвячені вивченню питань, пов'язаних із виробництвом, перетворенням та передачею енергії; з конструкцією та принципом дії простих механізмів і машин (теплові двигуни, теплові насоси та холодильні машини, електричні двигуни й генератори тощо); з раціональним використанням природних ресурсів та екологічними проблемами енергетики тощо. Як приклад наведемо дві задачі.

Задача 3. Визначити потужність теплових втрат на нагрівання проводів лінії електропередачі від трансформаторної підстанції до споживачів. Лінія завдовжки $l = 200$ м виконана алюмінієвим проводом площею поперечного перерізу $S = 0,5 \text{ см}^2$ з питомим опором $\rho = 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, а споживачі отримують потужність $P = 10 \text{ кВт}$ при напрузі $U = 220 \text{ В}$.

- *Уроки (та факультативні заняття)*, присвячені повторенню та узагальненню навчального матеріалу, а також підготовці до зовнішнього незалежного оцінювання (ЗНО). Наведемо приклади відповідних задач.

Задача 4 *(на узагальнення матеріалу)*. Яка кількість теплоти виділяється при гальмуванні автомобіля масою $m = 1000 \text{ кг}$, якщо його швидкість змінюється від $v = 50 \text{ км/год}$ до нуля? Припускаючи, що ця теплота використовується для нагрівання води з початковою температурою $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$,

знайти масу води, яку можна довести до кипіння ($t_2 = 100\text{ }^\circ\text{C}$). Питома теплоємність води $c = 4200\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$.

З а д а ч а 5 (пропонувалася у ЗНО з фізики в 2008/09 н. р.). Під час роботи електродвигуна постійного струму сила струму в обмотці його ротора дорівнює 1 А. Якщо зупинити обертання ротора, сила струму в його обмотці збільшиться до 10 А. Визначте частку електричної енергії, що витрачається на нагрівання обмотки ротора під час його обертання. Напругу в мережі, від якої живиться електродвигун, уважайте сталою.

5. Розроблення методичного забезпечення, пов'язаного з упровадженням простих енергоефективних заходів, а також із вихованням у студентів та учнів ощадливого ставлення до використання енергетичних ресурсів.

Отже, навчально-просвітницька складова діяльності Лабораторії створює сприятливі умови для підготовки майбутнього вчителя фізики до:

- організації практичного включення учнів до інноваційної природоохоронної та енергозберігаючої діяльності при навчанні фізики;
- формування в учнів компетентності у сфері фізичних основ енергозбереження;
- виховання в учнів при навчанні фізики ощадливого ставлення до використання природних (зокрема, енергетичних) ресурсів.

Методичні особливості проведення навчальних занять на базі Лабораторії. Досвід організації навчальних занять на базі Лабораторії показав, що оптимальна кількість учнів – членів творчої групи має складати 12–15 осіб. Ефективнішою можна визнати таку форму організації діяльності, коли конкретні технічні завдання учні виконують у невеликих (переважно два-три учні) *виконавчих групах* (термін «виконавча група» використовували О. Ф. Кабардін, Е. М. Браверман, Г. Р. Глущенко та інші [110, с. 59]). Навчальні заняття на базі Лабораторії проводяться раз на тиждень зазвичай упродовж двох годин. Частина завдання учні виконують удома самостійно.

Аналіз літератури виявив, що питання ефективної організації діяльності всього колективу учнів під час позаурочної роботи є доволі непростим. Існує

кілька підходів до його розв'язання. Найпоширенішим є розділення групи учнів на підгрупи (такий підхід знаходимо, наприклад, у [110, с. 59]). Кожна підгрупа займається своїм інноваційним проектом (скажімо, виготовленням певного приладу). Організує й контролює їх роботу керівник гуртка (або вчитель). Однак часто при такому підході якісна робота керівника пов'язана зі значними перевантаженнями, оскільки дуже складно одночасно (і головне – якісно) контролювати всі підгрупи, а, отже, і самі учні не отримують необхідної уваги. Цю проблему ми розв'язали таким чином.

За кожною виконавчою групою закріплюється наставник – науковий керівник. У нашому випадку цю роль виконують студенти (майбутні вчителі фізики): беруть участь у розробках, організовують діяльність учнів своїх виконавчих груп і консультують їх з різних питань, що виникають під час роботи, створюючи умови для здійснення учнями самостійних дій і прояву ініціативи. Координування діяльності всіх виконавчих груп здійснюють співробітники Лабораторії. Для реалізації індивідуального підходу до кожного учня (у процесі його роботи в Лабораторії) на перших заняттях (на початку навчального року) доцільно виявити індивідуальні здібності школярів. Ми робимо це під час бесіди з учнями або шляхом анкетування.

Саме така організація навчальної діяльності експериментальної групи на базі Лабораторії дозволяє, з одного боку, здійснювати інноваційну діяльність у сфері фізичних основ енергозбереження з чималим учнівським колективом (до 15 учнів), а з іншого – сприяти формуванню у студентів – майбутніх учителів фізики професійних якостей (зокрема компетентності у сфері енергозбереження).

Зазвичай позаурочна діяльність учнів ґрунтується або на теоретичній основі (розв'язування задач, підготовка рефератів, доповідей тощо), або на практичній (виготовлення макетів, діючих моделей машин та механізмів; конструювання вимірювальних приладів, демонстраційних пристроїв тощо). Відмінною ознакою організації навчальних занять на базі Лабораторії є поєднання практичної діяльності (що має ознаки інноваційної) студентів та

учнів з їх фізико-математичною підготовкою. У який спосіб здійснюється така теоретична підготовка?

Перед початком заняття науковими керівниками проводиться коротке обговорення змісту подальшої роботи з виконавчою групою (за потреби до обговорення залучаються співробітники Лабораторії). Для ефективнішої діяльності (та для забезпечення максимального навчального ефекту) студенти мають систематизувати й актуалізувати знання учнів: надати їм теоретичні відомості про фізичні процеси та явища, з якими вони матимуть справу; обговорити конструкцію та принцип дії приладів та механізмів, які передбачається використовувати; надати пораду щодо вибору літературних джерел для більш детального ознайомлення з теорією розгляданого фізичного явища або з принципом дії певного пристрою. Така теоретична підготовка здебільшого має пропедевтичний характер, оскільки більш глибоке й детальне вивчення певного питання учні можуть провести самостійно вдома (або на уроках фізики).

Необхідним елементом науково-дослідної діяльності учнів на базі Лабораторії є контроль за їх роботою та оцінювання результатів діяльності. Контроль і оцінювання можуть бути як внутрішніми (проводяться науковими керівниками (студентами) у межах своїх виконавчих груп), так і зовнішніми. Останній вид оцінювання здебільшого відбувається у вигляді колективного обговорення результатів, під час якого співробітники Лабораторії та члени експериментальної групи (студенти та учні) висловлюють свої думки з приводу певного результату (інноваційного продукту діяльності), вказують на його переваги та недоліки. Непоодинокими є випадки, коли у процесі таких обговорень вдається виявити нові ідеї щодо вдосконалення та перспективних напрямків подальшої роботи над розробкою. Важливим видом зовнішнього оцінювання продуктів діяльності експериментальної групи є також всеукраїнські та міжнародні конкурси, виставки тощо.

Ще однією важливою складовою, що позитивно впливає на якість процесу навчання на базі Лабораторії, є можливість подальшого *впровадження результатів діяльності* членів експериментальної групи. Їх освітні інноваційні продукти – теоретичні розробки (наприклад, методики розрахунку теплових втрат); виготовлені енергозберігаючі пристрої; діючі моделі та демонстраційні прилади тощо – застосовуються потім на практиці (як у навчальному процесі, так і в господарській діяльності університету). Наприклад, науково-дослідна робота учня 10 класу Запорізької гімназії № 28 Турка Микити «Використання теплових екранів як спосіб зменшення втрат теплової енергії в будівлях» (яка, до речі, посіла друге місце на державному етапі МАН на відділенні «Технічні науки») стала своєрідним обґрунтуванням ефективності використання теплових екранів за радіаторами опалення (рис. 4.8) і дала поштовх до впровадження цього заходу енергозбереження в ЗНУ (про методичні особливості виконання цього проекту йшлося в пункті 3.4.2).



Рис. 4.8. Використання теплових екранів за радіаторами опалення

Досвід показує, що нагода побачити власні результати «у дії» часто є для учнів та студентів потужним мотивом для здійснення інноваційної діяльності. Сприяє ефективній підготовці учнів до здійснення інноваційної діяльності під час роботи в Лабораторії можливість спілкування членів експериментальної групи (учнів і студентів) з фахівцями – співробітниками Лабораторії. Вони допомагають у виборі тематики розробок, у формулюванні технічного завдання, проводять необхідні консультації у процесі роботи. Спілкування з фахівцями сприяє також засвоєнню школярами (та студентами) вимог до оформлення технічної документації; понять, що використовуються у сфері інтелектуальної власності (зокрема, таких як «винахід», «корисна модель»,

«формула винаходу (корисної моделі)», «наукова новизна», «практичне значення», «винахідницький рівень», «економічний ефект», «критерії патентоспроможності» та інші).

Ще один із напрямків роботи Лабораторії полягає в підготовці учнів та студентів до участі в міжнародних і всеукраїнських фізико-технічних конкурсах, спеціалізованих виставках, форумах, ярмарках, присвячених енергоефективності та енергозбереженню. Важливість цього напрямку пов'язана, зокрема, з необхідністю експертної оцінки запропонованих членами експериментальної групи інноваційних (освітніх і технічних) рішень.

Попри доволі короткий термін існування Лабораторії вже можна говорити про позитивний досвід залучення студентів – майбутніх учителів фізики та учнів шкіл до науково-практичної діяльності (що має ознаки інноваційної) у сфері фізичних основ енергозбереження. За період існування Лабораторії (з 2010 р.) у співавторстві з членами експериментальної групи Лабораторії (студентами-фізиками та учнями) отримано вісім деклараційних патентів на винаходи та корисні моделі, опубліковано п'ять наукових статей, дві з яких – у фахових виданнях (перелік публікацій наведено в підрозділі 5.2).

Отже, розглянуті в цьому пункті інноваційні продукти представників нашої експериментальної групи дозволяють говорити про результативність Лабораторії як навчального середовища для формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів у сфері фізичних основ енергозбереження. Позаурочна робота учнів на базі Лабораторії значно активізує їх пізнавальну діяльність і має дієві профорієнтаційні можливості (зокрема, підвищує інтерес учнів до фізико-математичного та технічного напрямів подальшої освіти).

4.4. Особливості організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики

4.4.1. Навчальна програма для організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики

Попри те, що спектр організаційних форм позаурочної діяльності учнів з фізики весь час доповнюються новими видами, методичні особливості деяких із них на сьогодні залишаються мало вивченими. Зокрема, практично не досліджені та не висвітлені в методичній літературі ті форми позаурочної роботи, що уможливають організацію інноваційної діяльності учнів у сфері енергозбереження. Потребує додаткового вивчення організація гурткової роботи; необхідні спеціальні дослідження щодо особливостей залучення учнів до участі в конкурсах з енергозбереження; потребує розроблення методика організації роботи учнів на базі навчально-наукових лабораторій та конструкторських бюро з енергозбереження та енергоефективності тощо.

З метою організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі (наприклад, на гурткових заняттях) автором була розроблена навчальна програма курсу «Підготовка учнів до інноваційної діяльності (на матеріалі фізики)» з позашкільної освіти науково-технічного напрямку. Ця програма була впроваджена в педагогічну практику Комунального закладу «Запорізький обласний Центр науково-технічної творчості “Грані”» Запорізької обласної ради. У процесі апробації, що тривала десять років, було зафіксовано ефективність цієї програми як основи для організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики (деякі результати інноваційної діяльності учнів-гуртківців висвітлені в п'ятому розділі монографії).

Програма розрахована на рік навчання. Основна *мета* курсу «Підготовка учнів до інноваційної діяльності (на матеріалі фізики)» полягає у формуванні в учнів необхідних здатностей для виконання інноваційних розробок та підвищення загального рівня їх фізичної освіти. Особлива увага приділяється розвитку в учнів творчого мислення (зокрема, здатності пропонувати власні технічні рішення в галузі енергозбереження).

До основних *завдань* курсу слід віднести:

- ознайомлення учнів з основними поняттями й положеннями теорій розв’язання винахідницьких задач;
- навчання учнів методів пошуку розв’язків фізико-технічних завдань;
- навчання учнів основ охорони інтелектуальної власності (насамперед, розвиток у них умінь оформлювати заявки на видачу патентів на корисні моделі та винаходи);
- формування вміння виконувати інноваційні проекти для їх подальшого представлення на всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсах.

У результаті вивчення курсу учні повинні *знати*:

- основні поняття та положення методів пошуку розв’язків творчих фізико-технічних завдань (зокрема, метод «спроб і помилок», метод мозкового штурму, метод синектики, метод морфологічного аналізу, метод контрольних запитань, метод функціонально-вартісного аналізу);
- основні прийоми та принципи усунення технічних протиріч (наприклад, *принципи*: дроблення, винесення, місцевої якості, асиметрії, об’єднання, універсальності, попереднього (запобіжного) виконання, часткового або надлишкового ефекту, переходу в інший вимір, використання механічних коливань, «перетворити шкоду на користь», зворотного зв’язку, «посередника» та інші; *прийоми*: заміна механічної системи, використання гнучких оболонок і тонких плівок, застосування пористих матеріалів, зміна фізико-хімічних параметрів об’єкта, застосування фазових переходів, застосування термічного розширення, застосування композитних матеріалів та інші);
- теоретичні основи патентування передбачуваних винаходів; основні вимоги до оформлення учнівських проектів.

Учні також мають *набути здатність*: застосовувати загальні закони фізики для розв’язування простих технічних проблем; аналізувати та оцінювати запропоновані технічні рішення на предмет їх практичного застосування (ефективності, конкурентоспроможності); оформлювати заявки на передбачувані корисні моделі та винаходи; використовувати під час роботи

різні джерела інформації (навчальну та наукову літературу, комп'ютерні бази даних тощо).

Навчальною програмою передбачено проведення теоретичних і практичних занять. У наведеному нижче варіанті програма може бути використана для роботи з учнями 8–11 класів закладів загальної середньої освіти. Рекомендована наповненість навчальних груп не повинна перевищувати 12 учнів. Кількість годин, що запропоновано на вивчення певного розділу та теми, було визначено, зважаючи на тижневе навантаження керівника гуртка, в обсязі дев'яти годин. Програму структуровано за чотирма розділами (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Тематичний план курсу

Розділ	Кількість годин		
	Теоретичні заняття	Практичні заняття	Усього
Вступ	2	1	3
Розділ 1. Методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань	21	21	42
Розділ 2. Основи теорії розв'язування винахідницьких задач	78	72	150
Розділ 3. Основи охорони інтелектуальної власності	21	39	60
Розділ 4. Виконання науково-дослідних робіт для участі в міжнародних та всеукраїнських конкурсах фізико-технічної творчості	15	54	69
Заключне заняття	3	–	3
Разом	140	187	327

Розглянемо далі зміст програми з методичними коментарями (виділено курсивом) щодо її використання.

Вступ (3 години)

Теоретична частина. Значення фізики для вивчення явищ природи. Фізика й техніка. Фізико-технічні проблеми. Винахідницька діяльність. Винахідницькі задачі. Рівні винахідницьких розв'язків.

На цьому занятті слід звернути увагу учнів на те, що фізика є фундаментальною наукою, основою технічного прогресу, джерелом нових ідей

і технологій. Треба зазначити, що фізика є наукою професійно-орієнтовною та має озброїти майбутнього фахівця не лише знаннями сучасного виробництва, але й такими знаннями, які б дозволяли йому вносити у виробництво інноваційні методи, природоохоронні, енерго- та ресурсозберігаючі технології. Високий рівень розвитку фізичної науки є складовою культури високотехнологічного інформаційного суспільства. Далі слід указати на роль винахідницької діяльності у створенні нових технічних рішень, розглянути рівні винахідницьких розв'язків (за Г. С. Альтишулером).

Практична частина. Приклади винахідницьких задач. У цій частині заняття можна розглянути конкретні технічні проблеми, що сформульовані у вигляді винахідницьких задач, та ознайомити учнів із їх можливими розв'язками. Доцільно також розглянути приклади винаходів різних рівнів.

Розділ 1. Методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань (42 години). У цьому розділі розглядаються деякі методи пошуку розв'язків творчих завдань. Інформація про суть та особливості використання цих методів запозичена з монографії «Охорона промислової власності в Україні» (за редакцією О. Д. Святоцького та В. Л. Петрова) [279].

1.1. Метод «спроб і помилок» (6 годин).

Теоретична частина. Суть та особливості використання методу «спроб і помилок». Згідно з цим методом у процесі пошуку розв'язків завдання винахідник розглядає різні варіанти (ідеї) і серед них знаходить найдоцільніший. Слід звернути увагу учнів на те, що неправильно було б вважати, що винахідник діє навмання, оскільки тоді довелося б перебирати нескінченну кількість варіантів розв'язку завдання. Досліднику допомагає його досвід, інтуїція, спостережливість та інші особисті якості. До недоліків методу слід віднести неможливість розроблення хоча б наближеної методики його використання [279].

Практична частина. Розв'язування задач за допомогою методу «спроб і помилок». Після ознайомлення учнів із прикладом застосування цього

методу для розв'язання конкретної задачі слід запропонувати їм задачі для самостійного розв'язання.

1.2. Метод мозкового штурму (6 годин).

Теоретична частина. Суть та особливості використання методу мозкового штурму. Згідно з правилами цього методу групу людей, що розв'язують творче завдання, поділяють на дві групи – «генератори ідей» та «експерти». До першої слід віднести людей з розвинутою фантазією, схильних до абстрактного мислення, але не скептиків. Їх основне завдання полягає у тому, щоб запропонувати максимальну кількість ідей (навіть фантастичних) розв'язання творчого завдання. Представниками іншої групи є люди, що вирізняються критичним мисленням. Їм потрібно відібрати найбільш прийнятне рішення завдання.

Практична частина. Розв'язування задач за допомогою методу мозкового штурму. Цю частину доцільно провести у вигляді рольової гри. Для цього учнівський колектив слід поділити на дві групи – «генератори ідей» та «експерти» і запропонувати для розв'язання нескладну (навчальну) технічну проблему.

1.3. Метод синектики (6 годин).

Теоретична частина. Суть та особливості використання методу синектики. Цей метод є удосконаленням методу мозкового штурму. Група людей, що буде задіяна в розв'язанні творчих завдань, проходить попереднє навчання, мета якого полягає не лише в підвищенні рівня професійних знань, а й у створенні колективу людей, які добре розуміють один одного. Велике значення для методу синектики має аналогія, що дає нагоду охопити величезну кількість об'єктів, порівняти їх із досліджуваним, знайти подібне й використати це в розв'язанні. Слід звернути увагу учнів на те, що велику кількість аналогів дає винахідникам природа. Про конкретні приклади природних аналогів зазначається в нашій статті [13].

Практична частина. Розв'язування задач за допомогою методу синектики. На прикладі розв'язання конкретних винахідницьких задач слід

ознайомити учнів із типами аналогії, що використовуються в методі синектики: прямою (розгляд розв'язків задач, подібних до розв'язуваної), особистісною (ототожнення себе з об'єктом дослідження), символічною (завдання формулюється у вигляді кількох ключових слів), фантастичною (зокрема, введення фантастичних персонажів, які виконують необхідне за умовою завдання).

1.4. Метод морфологічного аналізу (6 годин).

Теоретична частина. Суть та особливості використання методу морфологічного аналізу. Слід указати, що цей метод є першим прикладом застосування системного підходу у сфері винахідництва. Згідно з цим методом [279], у досліджуваному об'єкті виділяють низку характерних функціональних і структурних морфологічних ознак. За кожною ознакою складають список можливих варіантів її реалізації. Зазвичай ознаки розташовують у вигляді таблиці, що має назву морфологічної матриці (шухляди). Ідею рішення знаходять при аналізі різних елементів матриці (сполучень варіантів).

Практична частина. Розв'язання задач за допомогою методу морфологічного аналізу. Складання морфологічної матриці при розгляді конкретних прикладів зручно проводити на дошці. Учні пропонують свої варіанти реалізації певної ознаки об'єкта дослідження, учитель фіксує їх на дошці. Потім учитель організовує аналіз отриманих елементів матриці на предмет їх прийнятності відповідно до вимог умови завдання.

1.5. Метод контрольних запитань (6 годин).

Теоретична частина. Суть та особливості використання методу контрольних запитань. Слід зазначити, що ідея цього методу ґрунтується на відомий факт, що полягає у знаходженні розв'язку певної задачі у процесі спілкування з іншими людьми. Для реалізації цього методу використовують список спеціально підготовлених запитань (контрольні запитання), у процесі відповідей на які винахідник аналізує своє завдання.

Практична частина. Розв'язання задач за допомогою методу контрольних запитань. Застосовуючи цей метод для розв'язання конкретної

задачі, слід скористатися наявними списками запитань. Наприклад, за основу можна взяти списки запитань Т. Ейлоарта, А. Осборна, Д. Пойа [279, с. 332].

1.6. Метод функціонально-вартісного аналізу (6 годин).

Теоретична частина. Суть та особливості використання методу функціонально-вартісного аналізу. Цей метод спрямований на підвищення ефективності використання матеріальних і трудових ресурсів. Основний принцип цього методу полягає в тому, що зайвих витрат краще позбутися ще на етапі проектування деталей та вузлів певного пристрою [279].

Практична частина. Розв'язання задач за допомогою методу функціонально-вартісного аналізу. Для практичного ознайомлення учнів з ідеями цього методу можна обмежитися ілюстрацією його використання на конкретному прикладі.

1.7. Інші методи пошуку розв'язків винахідницьких задач (6 годин).

Теоретична частина. Суть та особливості використання інших методів пошуку розв'язків винахідницьких задач. Слід указати на те, що окрім вище згаданих методів пошуку розв'язків винахідницьких задач є багато інших. Неабиякого значення набула теорія розв'язання винахідницьких задач, розроблена винахідником і письменником-фантастом Г. С. Альтшулером (їй присвячено другий розділ навчальної програми). Увагу старшокласників можна звернути також на те, що існує класифікація методів пошуку творчих рішень, згідно з якою всі методи поділяються на чотири групи: методи випадкового пошуку («мозковий штурм», метод синектики, метод фокальних об'єктів, метод гірлянд асоціації та метафор та інші); методи функціонально-структурного дослідження об'єктів (зокрема, метод морфологічного аналізу, метод матриць відкриття, метод комбінаторики); методи логічного пошуку (метод функціонально-вартісного аналізу, алгоритм розв'язання винахідницьких задач, теорія розв'язання винахідницьких задач та інші); проблемно-орієнтовані методи (зокрема, фундаментальний метод проектування Метчетта).

Практична частина. Розв'язування задач. На цьому занятті учнів можна поділити на дві-три підгрупи (команди) і запропонувати кожній розв'язати одне-два творчих завдання (винахідницькі задачі) за допомогою будь-яких відомих їм методів. Отримані кожною командою розв'язки доцільно обговорити, виділивши їх переваги й недоліки.

Розділ 2. Основи теорії розв'язання винахідницьких задач (150 годин).

У цьому розділі учні ознайомлюються з основними положеннями та методами теорії розв'язання винахідницьких задач. На початку опанування теорії слід окремо зупинитися на основному інструменті цієї теорії – алгоритмі розв'язання винахідницьких задач. Треба вказати, що його основою є програма послідовних операцій з аналізу (уточнення) завдання; перетворення його в чітку модель конфлікту (виявлення технічної суперечності), у процесі аналізу останнього виявляється фізична суперечність; усунення фізичної суперечності. Важливо звернути увагу учнів на те, що для усунення технічних суперечностей використовуються спеціальні прийоми й принципи, фонд фізичних ефектів і явищ, фонд технічних рішень.

2.1. Типові принципи й прийоми усунення технічних протиріч при розв'язанні творчих фізико-технічних завдань (51 година).

Теоретична частина. Принципи: дроблення, винесення, місцевої якості, асиметрії, об'єднання, універсальності, «матрьошки», антиваги, попереднього напруження, попереднього (запобіжного) виконання, «заздалегідь підкладеної подушки», еквіпотенціальності, «навпаки», однорідності, сфероїдальності, динамічності, часткового або надлишкового ефекту, переходу в інший вимір, використання механічних коливань, періодичної дії, безперервності корисної дії, «перетворити шкоду на користь», зворотного зв'язку, «посередника», самообслуговування, копіювання.

Прийоми: дешева недовговічність замість дорогої довговічності, заміна механічної системи, використання пневмо- та гідроконструкцій, використання гнучких оболонок і тонких плівок, застосування пористих матеріалів, зміна забарвлення, відкидання або регенерації частин, зміна фізико-хімічних

параметрів об'єкта, застосування фазових переходів, застосування термічного розширення, застосування сильних окислювачів, зміна ступеня інертності середовища, застосування композитних матеріалів. *Учня повідомляється суть та особливості використання наведених принципів і прийомів з ілюстрацією їх застосування на практиці при розв'язуванні конкретних винахідницьких задач.*

Практична частина. Застосування прийомів і принципів усунення технічних суперечностей. *Спочатку учням можна запропонувати виявити певний прийом при аналізі розв'язків винахідницьких задач, запропонованих учителем. Після цього завдання слід ускладнити, запропонувавши учням знайти розв'язки нескладних винахідницьких задач, надавши їм підказку (за потреби), якими саме прийомами можна скористатися. На наступному етапі засвоєння прийомів та принципів задачі слід формулювати без підказок.*

2.2. Використання фізичних ефектів та явищ при розв'язанні винахідницьких задач (51 година).

Теоретична частина. Вимірювання температури. Зниження температури. Підвищення температури. Стабілізація температури. Індикація положення та переміщення об'єкта у просторі. Керування переміщенням об'єктів. Створення великих зусиль. Вимірювання тертя. Руйнування об'єктів. Акумуляція електричної й механічної енергії. Передача механічної, теплової, електричної енергії. Вимірювання розмірів об'єкта. Контроль стану та властивостей поверхні. Індикація електричних і магнітних полів. Індикація випромінювання. Управління електромагнітним полем. *Слід розглянути суть деяких фізичних ефектів та явищ, звертаючи увагу на їх практичне використання. Доцільно також ознайомити учнів із таблицями застосування ефектів та явищ для розв'язування винахідницьких задач.*

Практична частина. *Розглянувши суть деяких фізичних явищ та ефектів, слід на конкретних прикладах показати можливість їх використання при розв'язанні винахідницьких задач.*

2.3. Алгоритм розв'язання винахідницьких задач (48 годин).

Теоретична частина. Принципи використання алгоритму розв'язання винахідницьких задач. *Треба розглянути основні етапи розв'язання винахідницьких задач з використанням цього алгоритму: вибір задачі, побудова моделі задачі, її аналіз, формулювання технічної суперечності, виявлення та усунення фізичної суперечності, попередня оцінка отриманого розв'язку, розвиток отриманих відповідей, аналіз шляху розв'язання.*

Практична частина. Використання алгоритму розв'язання винахідницьких задач. *Ознайомлення учнів із практичним використанням цього методу слід починати з прикладу розв'язання конкретної задачі. Після цього їм можна запропонувати для самостійного розв'язування кілька нескладних задач. Отримані розв'язки слід обговорити на занятті.*

Розділ 3. Основи охорони інтелектуальної власності (60 годин).

Теоретична частина. Винаходи. Корисні моделі. Промислові зразки. Критерії патентоспроможності (новизна, винахідницький рівень, промислова застосовність). Процедура видачі патенту. Порядок оформлення заявки на видачу патенту на винахід. *Розгляд зазначених питань слід супроводжувати конкретними прикладами.*

Практична частина. Практична робота з оформлення заявок на винаходи (корисні моделі). *Роботу слід починати з вивчення прикладів заявок на вже існуючі винаходи (корисні моделі). Увагу учнів слід звернути на структуру заявки та стиль її написання. Слід обов'язково ознайомити учнів із правилами виконання патентного пошуку для з'ясування аналогу та прототипу передбачуваного винаходу, з прийомами використання різних джерел інформації (навчальної та наукової літератури, комп'ютерних баз даних тощо). Після цього доцільно разом із учнями провести написання заявки на певне технічне рішення. На наступному етапі формування цієї здатності учням можна запропонувати написати заявку самостійно.*

Розділ 4. Виконання науково-дослідних робіт для участі в міжнародних та всеукраїнських фізико-технічних конкурсах (69 годин).

Теоретична частина. Інформація про міжнародні і всеукраїнські учнівські конкурси фізико-технічного спрямування. *Слід ознайомити учнів із правилами участі в цих конкурсах, з вимогами щодо оформлення науково-дослідних робіт для участі в них. Особливу увагу варто звернути на складові успішного виступу в цих конкурсах.* Важливі складові успішного виступу в міжнародних учнівських конкурсах фізико-технічної творчості розглянуті в пункті 4.4.2.

Практична частина. Підготовка науково-дослідних робіт (проектів) для участі у всеукраїнських та міжнародних творчих конкурсах фізико-технічного спрямування. *Учні індивідуально або в малих групах (2–3 учні) працюють над науково-дослідним проектом під керівництвом учителя. Його виконання передбачає формулювання проблеми, вивчення можливих способів розв'язання цієї проблеми (аналіз аналогів і прототипів), виділення їх недоліків, розроблення конструкції пристрою (способу), виготовлення його діючої моделі, теоретичне та експериментальне дослідження запропонованого технічного рішення, апробацію та впровадження у практику (наприклад, у навчальний процес з фізики, у діяльність наукової лабораторії) запропонованого пристрою (способу), написання заявки на видачу патенту на винахід (корисну модель), оформлення науково-дослідної роботи.*

Заключне заняття (3 години). Підведення підсумків роботи гуртка. *На цьому занятті можна відзначити кращих вихованців гуртка, а також сформулювати завдання на наступний навчальний рік.*

На допомогу у практичній реалізації розглянутої навчальної програми можна порекомендувати вчителю таку літературу: [107; 108; 140; 249; 279; 312; 387; 434]. Зазначимо, що розглянута навчальна програма перемогла в 2014 р. в обласному конкурсі (Запорізька область) на кращі методичні матеріали з науково-технічного напрямку позашкільної освіти (наказ Департаменту освіти і науки №0699 від 11.11.2014 р.).

Отже, розроблена навчальна програма «Підготовка учнів до інноваційної діяльності (на матеріалі фізики)» може бути використана вчителями фізики в

позаурочній роботі з учнями. Програмою визначені організаційно-змістові засади формування в учнів комплексу знань і здатностей, необхідних для здійснення інноваційної діяльності. Основними змістовими лініями, що відображені у програмі, є: методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань; основи теорії розв'язування винахідницьких задач; основи охорони інтелектуальної власності; виконання науково-дослідних робіт для участі у фізико-технічних конкурсах.

4.4.2. Розвиток інноваційної діяльності учнів у процесі підготовки до всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсів

Всеукраїнські творчі конкурси. Організація результативної інноваційної діяльності учнів із фізики потребує значно більше часу, ніж його можна приділити безпосередньо на уроках фізики. Якщо йдеться про інноваційну діяльність учнів, що спрямована на розв'язання проблеми енергозбереження на прикладі школи або житлового будинку, використання альтернативних джерел енергії, які доступні у даній місцевості тощо, то в цій складній діяльності можна умовно виділити більш прості структурні елементи. Серед них:

- оцінювання енергоспоживання певного об'єкту;
- розроблення конструкції пристрою або способу, які забезпечують економію енергії, використання поновлюваних джерел енергії;
- теоретичне дослідження технічного рішення (зокрема, розрахунок робочих параметрів пристрою, оцінка ефекту від його впровадження);
- експериментальне дослідження запропонованого пристрою або способу (виготовлення діючої моделі, проведення вимірювань її робочих параметрів, аналіз отриманого ефекту).

У попередніх пунктах монографії ми вказували на те, що ефективні форми організації пізнавальної діяльності учнів, пов'язаної з енергозбереженням, формуванням у них енергозберігаючої свідомості, уможлиблює позакласна складова навчального процесу з фізики. Вона може бути реалізована через

заняття учнів у центрах науково-технічної творчості, через гурткову роботу, через підготовку та участь учнів у масових заходах з енергозбереження (йдеться про творчі фізико-технічні конкурси, виставки, тижні енергозбереження тощо).

Однак нині потребують подальшого розроблення методичні питання, пов'язані з підготовкою учнями науково-дослідних робіт (проектів) з енергозбереження для наступного їх представлення на міжнародних і всеукраїнських конкурсах фізико-технічного спрямування. Окрім цього, у методичній літературі майже відсутня інформація про масові заходи, які сприяють залученню учнів до практичної діяльності у сфері енергозбереження. Відтак розглянемо саме масові заходи (міжнародного та всеукраїнського рівнів), що створюють умови для залучення учнівської молоді до результативної інноваційної діяльності у сфері енергозбереження. Наші дослідження [24] показують, що факт участі учнів у цих заходах суттєво підвищує в них інтерес до подальшої пізнавальної діяльності у сфері енергозбереження та до вивчення фізики взагалі.

Наразі в Україні існує велика кількість масових заходів (насамперед, творчих конкурсів) фізико-технічного спрямування, підготовка й участь у яких може бути придатним підґрунтям для організації творчої діяльності учнів зі створення інноваційних продуктів. Дійсно, підготовка до участі у всеукраїнському, а тим паче в міжнародному конкурсі передбачає розроблення нових технічних рішень. А це потребує виявлення та усвідомлення актуальності певної проблеми; вивчення способів її розв'язання; безпосереднє розроблення конструкції та принципу дії пристрою або способу, що є розв'язком проблеми; теоретичне дослідження запропонованого технічного рішення; розробка й виготовлення діючих моделей (експериментальних зразків) та їх дослідження; запровадження розробки у практику; підготовка науково-дослідної роботи, що супроводжується оформленням заявки на видачу патенту на винахід або корисну модель та написанням статті з метою публікації досягнутих результатів.

Серед всеукраїнських творчих конкурсів, що створюють передумови для розвитку інноваційної діяльності учнів, виділимо такі:

- Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідних робіт учнів – членів МАН України;
- Всеукраїнська науково-технічна виставка молодіжних інновацій і творчих проектів «Майбутнє України»;
- Всеукраїнська виставка-конкурс пошуково-дослідницьких та конструкторських робіт з енергозбереження учнів МАН України;
- Всеукраїнський відкритий турнір юних винахідників і раціоналізаторів (започаткований А. А. Давиденком [140]);
- учнівські олімпіади з фізики різних рівнів (детально досліджені Б. Г. Кремінським [217]);
- Всеукраїнський конкурс раціоналізаторів і винахідників.

Перелік таких конкурсів можна продовжувати. Підготовка та участь учнів нашої експериментальної групи в цих конкурсах засвідчили ефективність цієї організаційної форми позаурочної роботи з фізики для створення умов щодо організації результативної інноваційної діяльності учнів. З метою розширення спектру позаурочних масових заходів нами запроваджено та здійснюється методичний супровід таких нових форм позаурочної роботи учнів з фізики:

- *Обласний конкурс юних фізиків для учнів професійно-технічних навчальних закладів* (Запорізька область);
- *Міський конкурс творчих робіт з удосконалення фізичного демонстраційного експерименту* (м. Запоріжжя).

Загальною метою цих конкурсів є розвиток творчих здібностей учнів, набуття ними досвіду інноваційної діяльності, популяризація знань з фізики. Особливістю першого з названих конкурсів є те, що він проводиться у вигляді фізичного квесту і складається з чотирьох турів:

- теоретичного (учні виконують тестові завдання);
- експериментального (передбачає проведення експерименту);
- демонстраційного (учням треба пояснити фізичні демонстрації);

– інтелектуально-ігрового (відбувається у формі фізичної вікторини).

До складу журі цього конкурсу входять викладачі фізичного факультету ЗНУ та викладачі фізики професійно-технічних навчальних закладів Запорізької області. Розроблення завдань на цей конкурс, його методичний та організаційний супровід здійснюється під керівництвом автора монографії.

Метою запровадженого нами Міського конкурсу творчих робіт з удосконалення фізичного демонстраційного експерименту є активізація творчої діяльності учнів у процесі навчання фізики, формування в них досвіду інноваційної діяльності в галузі розроблення нових та удосконалення вже існуючих засобів навчання (зокрема, демонстраційного фізичного устаткування, вимірювальних приладів, способів проведення демонстрацій фізичних явищ та ефектів, способів вимірювання фізичних величин, засобів унаочнення навчання фізики). Підсумки конкурсу проводяться окремо за номінаціями: «Краща робота з удосконалення демонстрації фізичного явища або закону», «Краща робота з удосконалення фізичного досліджу», «Краща робота з удосконалення лабораторної роботи», «Краща робота з розроблення або удосконалення фізичного приладу».

Для участі в цьому конкурсі учням треба підготувати роботи (індивідуальні або у співавторстві), що мають містити такі основні елементи: постановка задачі з аналізом способів її розв'язання, опис запропонованого технічного рішення з його теоретичним та експериментальним дослідженням, опис практичної реалізації авторської ідеї (зокрема, опис макетів і діючих моделей розроблених пристроїв), вказівки щодо можливості запровадження розробки у практику (у навчально-виховний процес, у роботу наукової лабораторії, у виробництво тощо).

Слід звернути увагу на те, що у проведенні обох із запроваджених нами конкурсів активну участь беруть студенти – майбутні вчителі фізики. Їх роль полягає у попередньому оцінюванні учнівських робіт, у підготовці необхідного обладнання для проведення конкурсів, в організаційній допомозі. Залучення

студентів до організації та проведення конкурсів має неабиякий позитивний вплив на розвиток їх професійних якостей як майбутніх учителів фізики.

Необхідною умовою ефективної інноваційної діяльності учнів з певної тематики (наприклад, із фізичних основ енергозбереження) є усвідомлення важливості проблеми, яку вони розв'язують. Для формування в учнів енергозберігаючої свідомості корисними є масові заходи з енергозбереження, що проводяться в Україні. Наприклад, починаючи з 2000 р. в Україні проводиться щорічний Тиждень енергозбереження [371, с. 88]. Символічним є період його проведення – друга половина жовтня – у цей час різко зростає кількість спожитої енергії через відповідні погодні зміни. У межах Тижня проходять наукові конференції з питань енергетики, семінари та круглі столи з різних аспектів енергозбереження. Учасниками Тижня є освітні установи, підприємства, організації. Проте на сьогодні залишаються відкритими питання масового залучення учнівської молоді до участі в цьому заході, а також питання, пов'язані з місцем заходу в навчальному процесі (зокрема, з фізики).

Міжнародні конкурси фізико-технічної творчості. *Міжнародний етап* інтелектуальних змагань фізико-технічного спрямування до недавнього часу мали лише фізичні олімпіади (Міжнародні олімпіади з фізики проводяться з 1967 р.). У науково-методичній літературі доволі широко представлена інформація про організацію та проведення Міжнародних фізичних олімпіад (для прикладу вкажемо на [189; 110; 213]); розглядаються результати участі команди України на чергових міжнародних олімпіадах та публікуються умови олімпіадних задач (наприклад, [215; 218]).

На сьогодні спектр міжнародних конкурсів фізико-технічного спрямування значно розширився [15]. І більшість із них можуть відігравати важливу роль у залученні учнів до інноваційної діяльності (зокрема, у сфері енергозбереження). Останнім часом Україна стала країною-учасницею таких міжнародних освітніх проєктів:

– *Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів – Intel International Science and Engineering Fair (Intel ISEF);*

- Міжнародна олімпіада проектів на тему «Покращення довкілля» – *International Sustainable World (Energy, Engineering, Environment) Project Olympiad (I-SWEEEP)*;
- Міжнародний конкурс «Енергія і середовище» – *International Youth Competition Energy and Environment*;
- Міжнародний конкурс «Стокгольмський юнацький водний приз» – *Stockholm Junior Water Prize (SJWP)*;
- Міжнародна виставка-ярмарок «Міжнародний Салон винаходів та нових технологій “Новий час”».

Автору пощастило готувати учнів – членів експериментальної групи до участі в цих міжнародних конкурсах, а учні неодноразово представляли Україну на Міжнародних фіналах названих конкурсів. У зв’язку з тим, що Україна стала брати участь у цих заходах порівняно недавно, актуальним є висвітлення інформації про особливості їх проведення та про деякі здобутки нашої країни на міжнародних етапах конкурсів [261]. У цьому пункті ми маємо на меті подати деякі відомості про міжнародні конкурси фізико-технічного спрямування, у яких учні можуть брати участь із розробками, що пов’язані з енергозберігаючими технологіями.

Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів – Intel International Science and Engineering Fair (Intel ISEF). При огляді відомостей про цей конкурс нами використано матеріали, подані у [256; 450]. Цей конкурс існує вже півстоліття, а його назва пов’язана з корпорацією *Intel* (яка є одним із провідних світових виробників інноваційних напівпровідникових компонентів, а проте значну увагу приділяє ініціативам у галузі освіти та екології).

Міжнародний фінал конкурсу щороку проводиться у США (кожного разу в іншому місті). Його учасники – переможці Національних етапів конкурсу з понад 60 країн світу, загалом приблизно 1500 осіб. Юні дослідники та винахідники демонструють на конкурсі найсучасніші наукові проекти, обмінюються ідеями та виборюють численні премії, призи та стипендії. Захист робіт перед членами журі та учасниками проходить відкрито – у вигляді

стендової доповіді (постеру). Роботи, представлені на конкурс, можуть бути виконані індивідуально або командно (2–3 учні). Усі проекти мають висвітлювати результати наукових досліджень або практичних розробок, виконаних у будь-який період останнього року.

Наша країна стала учасницею конкурсу *Intel ISEF* порівняно недавно – у 2004 р. Нині в Україні діють два національні конкурси: «*Intel-Еко Україна*» та «*Intel-Техно Україна*». Установою-організатором першого конкурсу є Національний еколого-натуралістичний центр учнівської молоді МОН України. Цей освітній заклад є позашкільною установою, що проводить навчально-виховну, методичну та науково-дослідну роботу в галузі біологічної, екологічної, аграрної освіти учнівської молоді. Другий з наведених конкурсів проводить Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». Національні етапи конкурсу *Intel ISEF* щорічно проходять у Києві. Метою цих конкурсів є всебічна підтримка обдарованої молоді України, активізація та модернізація змісту науково-дослідної, пошукової, експериментальної та практичної діяльності учнів, упровадження інноваційних освітніх методів і технологій у навчальний процес.

У конкурсі *Intel ISEF* можуть брати участь учні 9–11 класів та студенти навчальних закладів I та II рівнів акредитації за умови, що їм не виповнилося 18 років на момент проведення міжнародного етапу конкурсу. Важливо, що при визначенні переможців національних етапів конкурсу *Intel ISEF* враховується не лише науковий рівень представлених розробок, але й ті особистісні якості молодих дослідників, що підвищують шанси на успішний виступ у міжнародному фіналі. Серед них: презентаційні та комунікаційні навички, логічне мислення, володіння англійською мовою.

Наш досвід показує, що міжнародний конкурс *Intel ISEF* (разом із його національними етапами) може відігравати важливе значення в організації продуктивної діяльності учнів у сфері енергозбереження. Про це свідчать і категорії, за якими проходить конкурс. Всеукраїнський конкурс «*Intel-Еко*

Україна» має, зокрема, такі категорії (безпосередньо з проблемами енергозбереження можуть бути пов'язані перші чотири):

- екологія та проблеми довкілля, енергозберігаючі технології;
- інженерні науки;
- науки про Землю (географія, геологія);
- хімія;
- науки про Всесвіт (астрономія);
- біологічні науки (ботаніка, зоологія, мікробіологія, біохімія);
- науки про людину (анатомія, фізіологія, охорона здоров'я, психологія і

поведінка людини).

Категоріями конкурсу *«Intel-Техно Україна»* є такі:

- енергетика;
- інженерія;
- фізика та астрономія;
- математичні науки;
- комп'ютерні науки та інженерія.

Як видно з другого переліку, перші три категорії конкурсу мають першорядне значення для представлення робіт, пов'язаних з фізичними основами енергозберігаючих технологій. Категорія «Енергетика» містить підкатегорії: альтернативні джерела енергії, нові джерела енергії, трансфер енергетичних ресурсів, відновлювана енергетика та інші. Категорія «Інженерія» також охоплює напрямки, що можуть бути пов'язані з енергозбереженням (зокрема, промислова інженерія, розробка двигунів, екологічна інженерія). Оцінювання учнівських проектів здійснюється за такими критеріями: наукова обґрунтованість дослідження; можливість практичного застосування; актуальність дослідження; чіткість викладення матеріалу, презентаційні навички; методологічні підходи, наукові навички; творчий підхід.

Особливістю представлення робіт на конкурсі *Intel ISEF* є стендова презентація результатів (постер). При цьому учасники можуть використовувати діючі моделі або макети своїх розробок. На рис. 4.9 подано постер учня – члена

нашої експериментальної групи (тема роботи «Пристрій для вимірювання швидкості й напрямку вітру»).

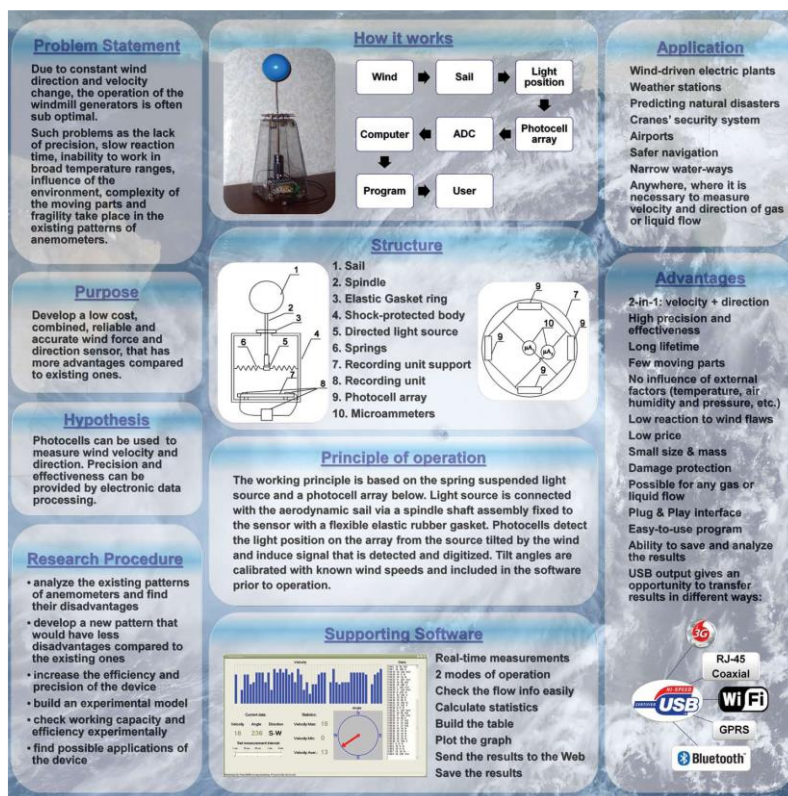


Рис. 4.9. Постер представника української команди Олександра Оленєва на міжнародному етапі *Intel ISEF 2009* (м. Рено, штат Невада, США)

Міжнародна олімпіада проектів на тему «Покращення довкілля» – International Sustainable World (Energy, Engineering, Environment) Project Olympiad (I-SWEEEP). Конкурс *I-SWEEEP* проводиться з 2008 р. і присвячений розробкам у галузі енергозберігаючих технологій та збереження навколишнього середовища. Конкурс організовано корпорацією *Cosmos Foundation*, некомерційною освітньою організацією міста Хьюстон (США), метою якої є підготовка до ВНЗ учнів середніх шкіл з математики, природничих наук, інженерної справи та комп'ютерних технологій, а також забезпечення освіти світового рівня для громадськості. Конкурс проходить за підтримки промислових підприємств, а також державних шкіл та вищих навчальних закладів США. *I-SWEEEP* дає учням середніх шкіл нагоду позиціонувати себе як майбутніх вчених та інженерів.

Завданнями конкурсу є такі:

- створення дружнього, але конкурентного середовища, у якому учні можуть представляти свої інноваційні ідеї у відповідь сучасним викликам у галузі інженерних технологій, енергетики й навколишнього середовища;
- пропагування технічних рішень (винаходів та відкриттів) у галузях енергоефективності та енергозбереження серед школярів.

Фінальний етап конкурсу щорічно відбувається у Хьюстоні (штат Техас, США). Такий вибір не є випадковим. Місто визнане провідним міжнародним центром енергетичної індустрії, біомедичних розробок та авіації. Конкурс *I-SWEEP* пропагує «концепцію 3Е» (від трьох слів *Energy, Engineering, Environment*): сталий розвиток світу та збереження навколишнього середовища можливі лише завдяки екологічно-чистим енергетичним технологіям та інженерії. Відповідно до цього конкурс має три категорії:

- енергозберігаючі технології;
- інженерія;
- довкілля.

Кожна з них складається з підкатегорій. Скажімо, у категорії «Енергозберігаючі технології» окремо виділено такі секції:

- *поновлювані джерела енергії* (розроблення пристроїв і способів для використання енергії Сонця, вітру, припливів, тепла надр Землі тощо);
- *невідновлювані джерела енергії* (вдосконалення пристроїв і способів використання таких джерел з метою мінімізації їх шкідливого впливу на довкілля);
- *біоенергетика* (розроблення способів отримання енергії з органічних матеріалів та виробництво біопалива);
- *технології «чистої» енергії* (проекти, спрямовані на мінімізацію шкідливого впливу на довкілля при виробництві, розподіленні та передачі енергії);
- *енергоефективні технології* (технології, покликані зменшити втрати та негативний вплив на довкілля при використанні енергії);

- *енергозбереження* (проекти, присвячені зменшенню енергоємності самих процесів у виробництві та побуті);
- *використання енергії* (облік використаної енергії).

Учасники конкурсу розподіляються на дві вікові категорії: юніорська – учні американських шкіл 6–8 класів; старша – учні американських шкіл та учні інших країн світу 9–12 класів. Особливу увагу при оцінюванні учнівських проектів члени журі конкурсу *I-SWEEEP* звертають на наступні аспекти:

1. Творчий підхід до розв’язання поставленої проблеми (оригінальність технічного рішення, експерименту тощо).

2. Наявність у роботі наукових методів дослідження. (Чи зрозуміло визначена проблема? Чи використовувалась наукова література? Чи описана методика проведення експерименту? Чи можна вважати результати роботи обґрунтованими? Чи були визначені й оцінені джерела похибок? Чи визначено подальші напрями розвитку проекту?).

3. Докладність дослідження. (Чи були завершені всі стадії експерименту? Чи наявна проектна книга з записами, зробленими під час дослідження?).

4. Розвиток дослідницьких вмінь. (Де і як проведено експеримент? За допомогою якого обладнання? Чи працював учасник у спеціалізованій лабораторії? Чи проект виконано самостійно? Якщо допомога була, то в чому полягав особистий внесок учня?).

5. Презентаційні навички доповідача.

6. Суспільна корисність проекту.

Культурно-виховна складова *I-SWEEEP* є доволі насиченою. У 2010 р. конкурсанти мали нагоду, серед іншого, відвідати:

- Музей природничих наук;
- Космічний Центр імені Л. Джонсона (на честь экс-президента США, уродженця Техасу, Ліндона Джонсона) – центр NASA з розробки космічних кораблів, навчання астронавтів, підготовки, управління та контролю космічними польотами. У цьому центрі конкурсанти мали змогу побачити

макети космічних апаратів; колишній та діючий Центри управління польотами; лабораторію, у якій астронавти готуються до майбутніх місій (рис. 4.10);

- низку науково-дослідних установ, що працюють у галузях енергетики, геології нафти й газу, та в галузі альтернативних джерел енергії.



а)



б)

Рис. 4.10. Космічний Центр NASA імені Л. Джонсона:

а) у кабіні космічного корабля; б) навчання астронавтів

Міжнародний конкурс «Енергія і середовище» – International Youth Competition Energy and Environment. Цей конкурс спрямований на створення в учнів мотивації до енергозбереження, виховання в них екологічної культури, а також на поширення ідей енергозбереження серед населення [456]. Конкурс проходить за підтримки *Програми розвитку* Організації Об'єднаних Націй (ПРООН/UNDP) та Норвезького товариства охорони природи. У цьому конкурсі можуть брати участь як колективні, так і індивідуальні проекти з енергозбереження. Відмінною його ознакою є те, що роботи можуть подавати не лише учні, а й учителі (для них передбачено окремі категорії). Учнівськими категоріями є:

– *Ефективне використання енергії.* Проект має розглядати конкретні об'єкти (школа, житловий будинок, магазин тощо). Робота має містити опис енергозберігаючих заходів та отриманого від їх упровадження ефекту.

– *Використання поновлюваної енергії.* У цій номінації розглядаються проекти, пов'язані з використанням альтернативних джерел енергії для місцевих потреб. Проект має містити опис поновлюваного джерела енергії; схему пристрою або способу, що уможливорює його використання; діючу модель або макет, що пояснює запропоноване технічне рішення.

Проекти вчителів мають бути спрямовані на розвиток практико-орієнтованої освіти у сфері енергозбереження. Для них передбачені дві секції:

– *методична розробка практичного заняття*, спрямованого на розвиток в учнів компетентності у сфері енергозбереження;

– *методична розробка просвітницького заходу* з енергозбереження, яке проводиться для місцевого населення.

Міжнародний конкурс «Стокгольмський юнацький водний приз» – Stockholm Junior Water Prize (SJWP). Конкурс SJWP проводиться з 1997 р. Він має два етапи: національний і міжнародний [457]. Міжнародний етап відбувається у Стокгольмі (Швеція) у межах Світового водного тижня за безпосередньої участі королівської родини (дипломи під час урочистого закриття конкурсу вручає її Королівська Високість Принцеса Вікторія).

Попри те, що основною метою цього конкурсу є сприяння дослідженням учнівської молоді в галузі ощадливого використання води та покращення її якості, він також представляє інтерес для розвитку освіти у сфері енергозбереження. Дійсно, багато поновлюваних джерел енергії безпосередньо пов'язані з водою і потребують подальшого вдосконалення. Насамперед, це енергія великих і малих (зокрема, гірських) річок, енергія припливів, енергія хвиль на поверхні водоймищ (океанів, морів, повноводних річок). Останнім часом з'являються навіть проекти дощових електростанцій.

Міжнародні виставки винаходів та нових технологій. Важливим видом позакласних масових заходів для організації інноваційної діяльності учнів у

галузі фізичних основ енергозбереження виступають *міжнародні виставки винаходів та нових технологій*. Виставки є багатим джерелом інформації, пов'язаної з фізичними основами енергозбереження. Вони дозволяють учням не лише збагатити свої знання про сучасні розробки в галузі енергозбереження, але й отримати досвід спілкування з винахідниками, представниками підприємств, наукових установ тощо. Як приклад наведемо дві міжнародні виставки:

1. *Міжнародний Салон винаходів та нових технологій «Новий час»*. Організаторами цієї міжнародної виставки-ярмарку є МОН України, Державна служба інтелектуальної власності, Всесвітній форум винахідників та дослідників, Українська академія наук, Державне підприємство «Український інститут промислової власності» (м. Київ), Українська рада винахідників і новаторів (м. Київ), журнал «Винахідник і раціоналізатор» та інші установи. У цій виставці можуть брати участь як досвідчені винахідники, так і студенти ВНЗ та учні загальноосвітніх навчальних закладів.

2. *Міжнародна Варшавська виставка-ярмарок розробок винахідників та раціоналізаторів – International Warsaw Invention Show (IWIS)*. Цей щорічний захід проходить у м. Варшава (Польща) за підтримки агентства промислового розвитку Польщі, Міжнародної організації інтелектуальної власності та Міжнародної федерації асоціацій винахідників. У конкурсі беруть участь винахідники з різних країн. Серед них також є представники творчої молоді – студенти та учні. Основні напрями роботи виставки *IWIS* пов'язані з демонстрацією останніх досягнень у галузях захисту навколишнього середовища, екології, енергозбереження тощо.

Отже, участь у всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсах створює сприятливі умови для організації інноваційного пошуку учнів, розвитку їх творчих здібностей, а також виявляє значний мотивуючий вплив на подальшу науково-дослідну діяльність під час навчання у ВНЗ.

4.4.3. Складові успішного представлення учнями інноваційних розробок на всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсах

У зв'язку з тим, що кількість масових заходів для учнів (всеукраїнського та міжнародного рівнів) весь час зростає, виникає важливе завдання – з'ясувати умови успішної підготовки учнями науково-дослідних робіт (проектів) та наступного їх представлення під час творчих конкурсів. Активні й успішні виступи українських команд у міжнародних етапах фізико-технічних конкурсів є одним із критеріїв якості освіти в Україні. На сьогодні існує певна усталена система підготовки учнів лише до міжнародних етапів предметних олімпіад. Аналізуючи світовий досвід підготовки учнів до участі в національних і міжнародних інтелектуальних змаганнях, Б. Г. Кремінський [214] зробив висновок про те, що передумовою високих результатів (ідеться про міжнародні предметні олімпіади) є виконання таких умов підготовки:

1. Ретельний відбір обдарованих учнів, що може здійснюватися комплексно: за результатами участі в різних інтелектуальних змаганнях певного профілю або спрямування, психологічного тестування тощо.

2. Цілеспрямований розвиток творчих здібностей учнів, що здійснюється на загальнонауковій основі, не обмежуючись конкретними навчальними предметами, профілем навчання або окремою галуззю знань.

3. Тривала (упродовж двох-трьох років) групова конкретно-наукова системна підготовка учнів з певного предмета (що ґрунтується на співпраці науковців, фахівців у галузі окремої науки й методистів, учителів).

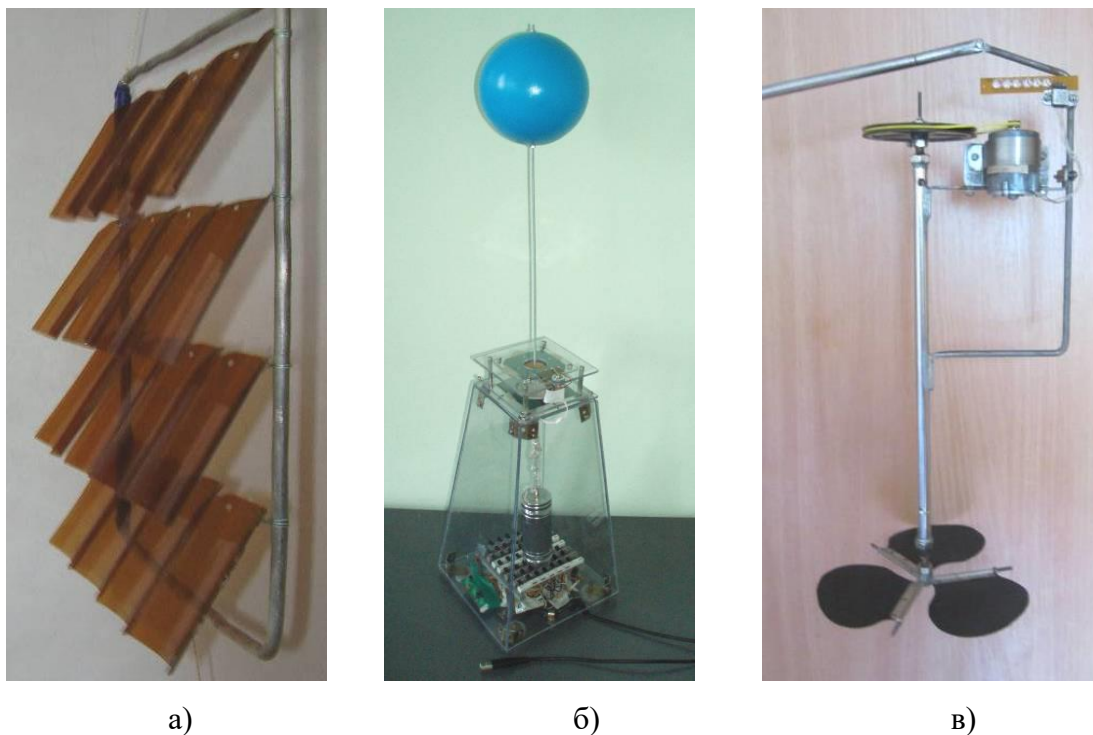
4. Психологічна підготовка учнів до змагань.

Хоча зазначені умови були виділені, насамперед, в аспекті підготовки учнів саме до міжнародних предметних олімпіад, їх не можна не враховувати при підготовці й до інших всеукраїнських та міжнародних конкурсів, доповнивши умовами, що враховують специфіку проведення й задачі конкретного конкурсу. Неодноразова й до того ж доволі результативна участь учнів експериментальної групи у всеукраїнських і міжнародних етапах

конкурсів дозволила нам виділити *необхідні передумови успішного виступу* на них [442]. З цією метою було проведено аналіз тем деяких учнівських проєктів, що в різні роки були представлені на міжнародних етапах конкурсів *Intel ISEF*, *I-SWEEEP*, «*Енергія і середовище*», *SJWP* та інших. Виявлено, що успішне представлення учнями своїх інноваційних проєктів залежить від наведених нижче складових:

1. *В основу роботи має бути покладено красиву й просту ідею.* І часто ідеї розроблених учнями пристроїв вдається запозичити у природи. Наприклад, на рис. 4.11 наведені фото трьох пристроїв (діючих моделей), що були розроблені нашими учнями. Ці моделі в різні роки були представлені на міжнародних етапах конкурсу *Intel ISEF*. Кожний із цих пристроїв має свій природний аналог.

Аналогом лопаті вітродвигуна (рис. 4.11, а) є крило птаха. Пластини лопаті запропонованого вітродвигуна працюють так само, як пір'я крила: при русі крила вгору його аеродинамічний опір менший (оскільки в цьому випадку повітря проходить між пір'їнками), ніж при русі вниз (коли між пір'їнками просвіти відсутні). Аналогом датчика швидкості й напрямку вітру анемометра (рис. 4.11, б) є рослина, що може відхилятися від положення рівноваги під дією вітру. Природним аналогом гвинтового перетворювача енергії хвильової енергетичної установки (рис. 4.11, в) є риб'ячий хвіст або плавник.



а)

б)

в)

Рис. 4.11. Розроблені учнями пристрої, що мають природні аналоги:

- а) лопать вітродвигуна; б) датчик швидкості й напрямку вітру анемометра;
в) гвинтовий перетворювач енергії хвильової енергетичної установки

2. *Робота повинна бути певним кроком до розв'язання актуальної проблеми (для міжнародного етапу конкурсу бажано, щоб проблема мала загальносвітове значення).* До таких проблем слід віднести, зокрема, проблему енергозбереження, екологічну проблему, проблему якості води. Наведемо кілька тем учнівських робіт, що представлені нашими учнями на міжнародних етапах конкурсів, про які йшлося в пункті 4.4.2:

- «Хвильова енергетична установка з гвинтовим перетворювачем енергії» (*Intel ISEF*);
- «Пристрій для вимірювання швидкості й напрямку вітру» (*Intel ISEF*);
- «Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти для водометних суден» (*I-SWEEP*);
- «Хвильова енергетична установка для електропостачання світлосигнальних навігаційних пристроїв» (*SLWP*).

Досвід показує, що вибір теми майбутнього проекту та формулювання його завдання виявляється складною задачею навіть для досвідчених учителів

(докладніше про цю методичну проблему йшлося в нашій статті [13]). Один із методів розв’язання цієї проблеми започаткували організатори конкурсу «*Intel-Техно Україна*» (національного етапу конкурсу *Intel ISEF*). Його суть полягає в такому [382]. Майбутнім учасникам конкурсу заздалегідь пропонують тематики наукових проектів із формулюванням завдання та списком рекомендованої літератури (для детального ознайомлення з проблемою). Авторами цих тематик є викладачі ВНЗ, а також співробітники з Інститутів Національної академії наук України. Крім того, вони дають нагоду учителям загальноосвітніх навчальних закладів та їх учням спільно виконувати ці проекти. Підготовлені роботи учні можуть представляти не лише на конкурсі «*Intel-Техно Україна*», а й на інших всеукраїнських і міжнародних конкурсах. Розглянемо, наприклад, кілька завдань, що пропонувалися за секціями «Фізика та астрономія» та «Енергетика» [382, с. 14, 22]. У їх розробці взяли участь академік НАН України А. А. Халатов та координатор конкурсу «*Intel-Техно Україна*» М. А. Дмитренко.

Секція «Фізика та астрономія».

З а д а ч а 1. «Сонячний двигун». Нині існує велика кількість пристроїв, що використовують енергію Сонця. Використання сонячної енергії є одним із пріоритетних напрямів у машинобудуванні (зокрема, створення двигунів і рушіїв автотранспортних засобів). Однак головним недоліком наявних пристроїв переважно є необхідність у попередньому перетворенні сонячної енергії в електричну за допомогою фотоелектричних перетворювачів. Застосування зазначених перетворювачів призводить до значних втрат енергії. Існують також пристрої прямого перетворення сонячної енергії, однак вони малоефективні.

Завдання. Запропонуйте спосіб або пристрій – двигун чи рушій, який працює на сонячній енергії без використання фотоелектричних перетворювачів – на основі матеріалів із пам’яттю форм (сплавів, полімерів), який був би позбавлений указаних недоліків.

Секція «Енергетика».

Задача 2. «Енергія на вітер». Розвиток автомобільної галузі за останні 30 років та розповсюдження автомобілів серед населення є доволі значним. Тільки в Києві налічується близько 1 млн. одиниць. Переважна більшість авто обладнана двигунами внутрішнього згорання, ККД яких становить 20–30 %. Це означає, що 70–80 % енергії, отриманої від спалювання палива, викидається в навколишнє середовище у вигляді теплоти.

Завдання. Запропонуйте можливі способи економічної утилізації цієї теплоти (наприклад, для кондиціонування автомобіля).

Задача 3. «Воднева енергетика». Вода є практично невичерпним джерелом водню та кисню, які будуть відігравати важливу роль в енергетиці майбутнього. Сьогодні існує багато способів видобутку водню з води. Доволі поширеним є метод електролізу води або її пари. Проте він є малоефективним та потребує суттєвого вдосконалення.

Завдання. Запропонуйте більш ефективний метод видобутку водню з води.

Задача 4. «Електроенергія з космосу». Серед багатьох видів екологічно чистих відновлюваних джерел енергії традиційно виділяють енергію Сонця. Відомо, що сонячна енергія поверхнево розсіяна, її щільність не перевищує на поверхні Землі 1 кВт/м^2 . Поглинання та перетворення сонячної енергії на поверхні Землі не є найефективнішим методом. Ідея накопичення та передачі енергії з космосу не нова, але лише недавно людство розробило необхідні технології для реалізації цього підходу на основі низки супутників.

Завдання. Запропонуйте спосіб накопичення та передачі сонячної енергії на Землю з космосу.

3. У досягнутих у роботі результатах має бути значний особистий внесок учня. А роботи, що є частиною дипломних та дисертаційних робіт інших осіб взагалі не допускаються до участі в міжнародному етапі конкурсів. Про ступінь самостійності виконання проекту можуть свідчити, зокрема, такі матеріали [256, с. 19, 33]:

– *проектна книга* – робочий журнал, що містить особисті записи учня, графіки, діаграми, ескізи, чорнові варіанти розрахунків тощо;

– *опис дослідження* – документ, у якому зазначено проблему та завдання дослідження, методи дослідження, отримані результати та їх аналіз, висновки, варіанти практичного застосування результатів дослідження тощо).

4. *Особистісні якості учасника*. Серед важливих якостей, що підвищують шанси на успішний виступ у міжнародному фіналі є, зокрема, вільне володіння англійською мовою та здатність чітко донести до членів журі суть свого проекту (презентаційні та комунікаційні навички, логічне мислення тощо).

Зрозуміло, що не всі учні можуть досягти високих успіхів у всеукраїнських і міжнародних конкурсах. Причини можуть бути різні: низький рівень навчальних досягнень із фізики, недостатнє володіння англійською мовою, некомунікабельність тощо. Проте, як свідчить наш досвід, навіть підготовка й участь у цих конкурсах має неабиякий мотиваційний і навчальний ефект, що позитивно впливає на вивчення фізики загалом. Усе це вказує на необхідність популяризації розглянутих конкурсів (насамперед, майбутніми вчителями фізики) та створення умов для активної участі молоді в них.

Отже, успішне представлення учнями інноваційних проектів на творчих фізико-технічних конкурсах залежить від таких складових: в основу роботи має бути покладено красиву й просту ідею; робота повинна бути певним кроком до розв'язання актуальної проблеми (для міжнародного етапу конкурсу бажано, щоб проблема мала загальносвітове значення); у досягнутих результатах має бути значний особистий внесок учня; особистісні якості учнів, зокрема, презентаційні та комунікаційні навички, логічне мислення, володіння англійською мовою.

4.5. Створення дидактичних засобів у процесі інноваційної діяльності учнів та особливості їх упровадження в навчальний процес з фізики

4.5.1. Навчально-пізнавальні задачі для активізації інноваційної діяльності учнів при вивченні фізики

Наголошувалося, що навчально-пізнавальні задачі є дієвим методом активізації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики. Задачний метод може виконувати різні навчальні функції: створення в учнів інтересу до певної фізико-технічної проблеми та до пошуку її розв'язків; здійснення теоретичної та експериментальної підготовки учнів до окремих етапів інноваційної діяльності; організація цієї діяльності на заняттях з фізики та в позаурочній роботі. У попередніх підрозділах подані приклади авторських задач, що використовувалися в нашій практиці для організації інноваційної діяльності учнів. У цьому пункті проаналізуємо особливості створення таких задач.

Від змісту сформульованого питання чи завдання залежить рівень самореалізації учня. На це звертає увагу А. В. Хуторської у [408, с. 132]. Він, зокрема, наголошує на важливості використання *відкритих* завдань. Такі завдання не мають наперед відомого розв'язку, а правильних розв'язків може бути кілька. Ми поділяємо думку А. В. Хуторського про те, що відкриті завдання дають змогу учневі не просто вивчати матеріал, а конструювати власні знання про реальні об'єкти пізнання. Проте сам термін «відкрите завдання», на наш погляд, слід уважати як умовний. Наприклад, І. В. Бургун [93, с. 165] для позначення подібних задач використовує термін «практико-орієнтована задача», визначаючи останні як такі, що спрямовані не лише на розв'язання практико-орієнтованих проблем через застосування вже відомих знань, способів діяльності, але й на самостійне їх набуття. Зрозуміло, що саме відкриті завдання (задачі) дозволяють організувати інноваційну діяльність учнів у навчальному процесі з фізики. У зв'язку з цим важливо, щоб майбутній учитель фізики набув досвіду складання таких завдань. Спираючись на запропоновані А. В. Хуторським етапи розроблення відкритих евристичних завдань [408, с. 138], розглянемо методичні особливості створення задач для організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики:

1. В основі навчально-пізнавальної задачі, що спрямовує учнів до інноваційного пошуку, має бути певний освітній об'єкт. Важливо, щоб цей об'єкт був дійсно базовим для шкільного курсу фізики, а не відігравав роль

додаткового чи розважального елементу. Об'єктами для учнівської інноваційної діяльності можуть бути, наприклад, вимірювальні прилади, демонстраційні пристрої, способи вимірювання фізичних величин.

2. Вибір форми організації навчальної діяльності учнів, що є найдоцільнішою для розв'язання конкретної задачі та виокремлення відповідних етапів (дій), що спрямовують учнів на вирішення поставленого завдання. Конкретною формою діяльності учнів може бути виконання лабораторної роботи, а її окремі етапи (теоретичне дослідження можливого способу вимірювання фізичної величини, складання експериментальної установки, проведення вимірювань тощо) – кроками у досягненні результату.

3. Фіксація типу освітнього продукту, створення якого передбачається задачею. Наприклад, у задачі учням можна запропонувати розробити схему досліду (демонстрації), створити експериментальну установку для проведення досліджень, винайти вимірювальний прилад тощо.

4. Визначення методів розв'язання задачі. Вони можуть бути вказані в конкретній або опосередкованій формі. Інколи у відкритих задачах подаються відомості про можливі способи досягнення бажаного результату. Як приклад можна вказати на подібний спосіб формулювання винахідницьких задач, запропонований А. А. Давиденком [140, с. 105].

5. Запис відкритої задачі в загальному структурованому вигляді: вказується об'єкт задачі, пропонуються види діяльності (наприклад, теоретичне дослідження, вимірювання, демонстрація, винаходження тощо), указується тип передбачуваного освітнього продукту.

6. Формулювання тексту задачі зрозумілою для учнів мовою з внесенням цікавих елементів.

7. Визначення назви задачі.

З метою організації учнівської інноваційної діяльності вчитель може використовувати збірники відкритих задач або ж формулювати авторські задачі. Останнє можна реалізувати, зокрема, шляхом доопрацювання умов традиційних навчальних фізичних задач або шляхом виокремлення задач, що є

частиною теоретичного чи експериментального дослідження інноваційного рішення, яке розробляється за участю учнів.

1. *Задачі зі збірників відкритих (творчих) задач.* На сьогодні існує відносно невелика кількість навчальних посібників, що містять завдання для організації інноваційного пошуку учнів у навчальному процесі з фізики. Для прикладу наведемо дві задачі, що спрямовують учнів до пошукової діяльності в галузі фізичних основ використання вітрової енергії, які подані у відомому збірнику творчих задач В. Г. Разумовського [320].

З а д а ч а 1. Одним винахідником було запропоновано використовувати енергію вітру для обігріву житлових приміщень, теплиць та інших сільськогосподарських будівель. У його «генераторі тепла» механічна енергія вітру безпосередньо перетворювалася в теплову енергію води.

а) Як можна здійснити таке перетворення?

б) Яку кількість води можна нагріти від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ за допомогою вітродвигуна з діаметром колеса 6 м за одну годину за швидкості вітру 10 м/с? ККД установки складає 20 %.

З а д а ч а 2. Скориставшись залежністю електричного опору металевго провідника від температури, сконструйте прилад для вимірювання швидкості вітру. Накресліть схему електричного кола та поясніть принцип дії приладу.

2. *Задачі, що сформульовані на основі традиційних навчальних фізичних задач.* Основна перевага цього напрямку пов'язана з наявністю великої кількості збірників традиційних теоретичних та експериментальних задач (на відміну від збірників відкритих задач). Досвід показує, що в умовах деяких із таких задач можна передбачити завдання, що спрямовують учнів на вдосконалення чи створення способу виконання дії або пристрою. Розглянемо приклад задачі, що складена за матеріалами авторської експериментальної задачі обласного етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики (Запорізька область, 2013/2014 н. р.).

З а д а ч а 3. «Пристрій для вимірювання маси тіла». Запропонуйте спосіб вимірювання маси тіла та розробіть конструкцію відповідного приладу.

Обладнання: досліджуване тіло, маса якого перевищує межу вимірювання динамометра; динамометр на 4 Н; аркуш паперу; смужка міліметрового паперу; штатив з кільцем; нитка.

Р о з в ' я з а н н я . Підвішуємо досліджуване тіло на нитці (використавши штатив). За допомогою динамометра відтягуємо нитку від вертикалі на певний кут α , при якому сила пружності не перевищує межу вимірювання динамометра (рис. 4.12, а).

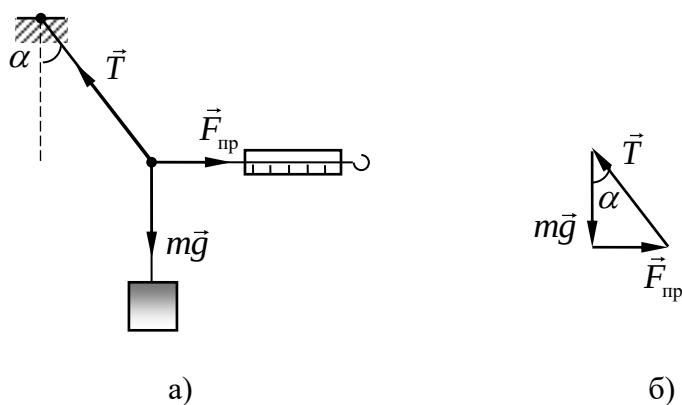


Рис. 4.12. Спосіб вимірювання маси тіла

Оскільки підвішене тіло перебуває в рівновазі, сума сил тяжіння $m\vec{g}$, пружності $\vec{F}_{\text{пр}}$ та натягу нитки $\vec{T}$ дорівнює нулю: $m\vec{g} + \vec{F}_{\text{пр}} + \vec{T} = \vec{0}$. Графічно цю рівність показано на рис. 4.12 (б). За допомогою трикутника сил знаходимо масу тіла: $m = F_{\text{пр}} / (g \cdot \operatorname{tg} \alpha)$.

Для знаходження $\operatorname{tg} \alpha$ можна, наприклад, попередньо проградуювати за допомогою смужки міліметрового паперу дві суміжні сторони прямокутного аркуша. При виконанні досліду відтягнута нитка утворює на аркуші прямокутний трикутник з катетами a і b (рис. 4.13). Отже, робоча формула матиме вигляд:

$$m = \frac{F_{\text{пр}}}{g} \cdot \frac{a}{b}.$$

Враховуючи вигляд робочої формули, межі відносної ε_m та абсолютної Δm похибок можна оцінити так: $\varepsilon_m = \varepsilon_{F_{\text{пр}}} + \varepsilon_a + \varepsilon_b = \Delta F_{\text{пр}} / F_{\text{пр}} + \Delta a / a + \Delta b / b$; $\Delta m = \varepsilon_m \cdot m$.

3. *Задачі, що виокремлені у процесі інноваційної діяльності учнів.* Як було показано в пункті 3.4.2, окремі етапи теоретичного та експериментального дослідження певного інноваційного рішення можна подати у вигляді низки фізичних задач. Ці задачі можна використовувати в подальшому як окремі навчальні засоби. Приклади задач для активізації інноваційної діяльності учнів (зокрема, задачі, що спрямовують учнів на створення нового обладнання, демонстрацій) та особливості їх використання в навчальному процесі з фізики розглянуто в наступному пункті.

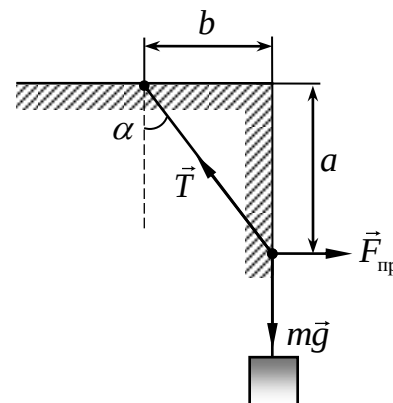


Рис. 4.13. Вимірювання $\operatorname{tg} \alpha$ у запропонованому приладі

Отже, для організації учнівської інноваційної діяльності в навчальному процесі з фізики вчитель може використовувати як задачі зі збірників творчих задач, так і формулювати авторські задачі шляхом доопрацювання умов традиційних навчальних фізичних задач або шляхом виокремлення задач, що є частиною теоретичного та експериментального дослідження розроблюваного інноваційного рішення.

4.5.2. Нові демонстраційні пристрої та особливості їх використання в навчальному процесі з фізики

Одним із можливих предметних напрямків інноваційної діяльності учнів, що передбачений авторською технологією, є розроблення конструкції нових пристроїв (приладів, механізмів, машин). Тому вчитель має важливе завдання, пов'язане з ознайомленням учнів із програмним матеріалом, що розкриває практичне застосування фізичних явищ, законів і теорій у певній галузі (наприклад, у галузі енергозберігаючих технологій). Ефективним дидактичним засобом для цього є діючі моделі пристроїв. За умови успішно організованої

інноваційної діяльності учнів перелік стандартного демонстраційного обладнання постійно доповнюється новими пристроями, що були створені та пройшли апробацію в навчальному процесі.

У цьому пункті розглянуто приклади демонстраційних пристроїв, створених нами у співавторстві з членами експериментальної групи (студентами – майбутніми вчителями фізики та учнями), а також висвітлено методичні особливості їх використання в навчальному процесі з фізики. Новизну пристроїв підтверджено деклараційними патентами на корисні моделі. Члени експериментальної групи брали безпосередню участь у розробці конструкції, виготовленні, дослідженні та апробації навчальних моделей запропонованих пристроїв.

Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну.

Постановка проблеми. Вивчення процесів перетворення теплової енергії в механічну є важливим питанням шкільного курсу фізики. Особливе значення цього навчального матеріалу пояснюється його зв'язком із технічним застосуванням (зокрема, в енергетиці). Неабияке значення він також має в контексті розвитку освіти у сфері енергозбереження. Проте наш досвід показує, що при вивченні зазначеного питання в учнів (і студентів) виникають певні труднощі. Не останню роль у цьому відіграє *слабке експериментальне забезпечення* відповідного навчального матеріалу. У переліку шкільного фізичного обладнання практично відсутні пристрої, що наочно демонструють процеси перетворення теплової енергії в механічну. Тому розробка таких пристроїв (навчальних моделей), а також вивчення методичних особливостей їх використання в навчальному процесі з фізики (зокрема, на уроках, на заняттях гуртків) є актуальною задачею.

Під час аналізу навчально-методичної літератури виявлено, що нині у шкільній практиці найчастіше використовуються наступні дві схеми проведення демонстрації перетворення теплової енергії в механічну. Наприклад, у посібнику [431, с. 115] описано пристрій для демонстрації роботи водяної пари, що розширюється. Він складається (рис. 4.14, а) з металевої кулі,

робочого циліндру з поршнем, нагрівача, паропроводу, з'єднаного з манометром та спірометром, причому верхній кінець паропроводу має металеву пробку з вертикальним отвором. Цей пристрій працює так: у металеву кулю наливають воду, отвір паропроводу закривають, запалюють спиртівку, нагрівають металеву кулю, доводячи в ній тиск пари до $2,02 \cdot 10^5$ Па, відкривають паропровід – пара надходить у робочий циліндр, піднімає поршень, виконуючи роботу.

Іншим відомим пристроєм для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну є модель, наведена у [406, с. 56]. Вона містить (рис. 4.14, б) робочий циліндр, камеру згорання, нагрівач, паропровід, сопло, турбіну. Модель працює так: воду, що знаходиться в робочому циліндрі, нагрівають до температури кипіння; подальше нагрівання супроводжується переходом води з рідкого в газоподібний стан; пара виходить через сопло й обертає турбіну.

Серед основних недоліків обох наведених пристроїв виділимо такі:

- неможливість продемонструвати замкнутий цикл з робочим тілом, що зазнає двофазового перетворення;
- невисокі демонстраційні властивості, що полягають у слабкому унаочненні можливості практичного використання процесу перетворення теплової енергії у механічну;
- небезпечність при експлуатації (стосується, насамперед, першого з розглянутих пристроїв, адже в ньому тиск водяної пари при температурі приблизно 100°C досягає 2 атм);
- обмеженість тривалості роботи пристроїв часом випаровування води;
- складність конструкції та висока матеріалоємність пристроїв загалом (разом зі штативами й підставками).

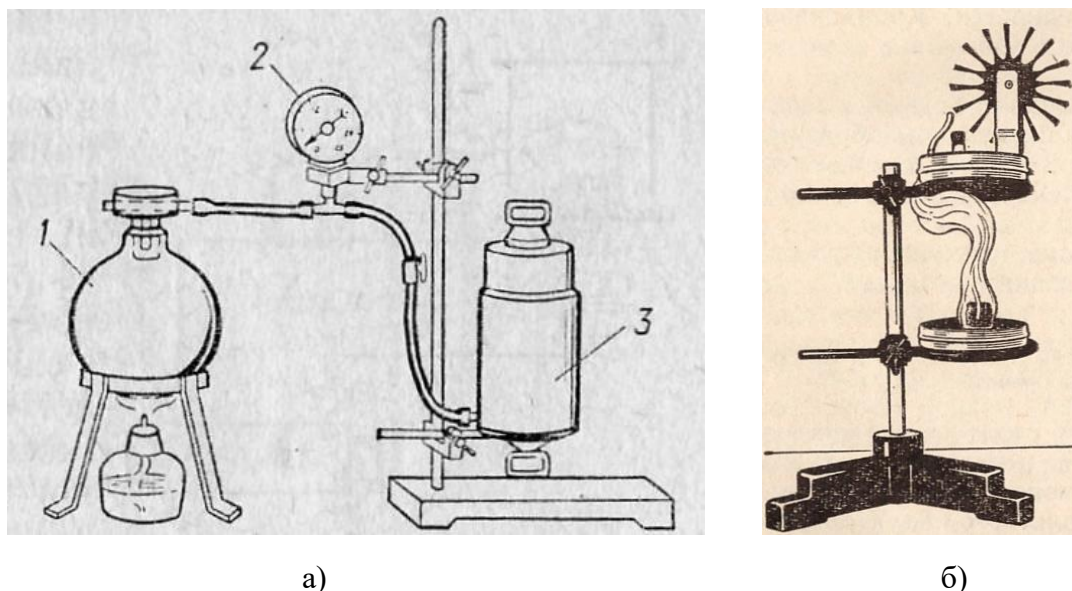


Рис. 4.14. Відомі пристрої для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну:

а) модель зі спірометром: 1 – металева куля; 2 – манометр; 3 – спірометр;

б) модель із турбіною

Спільно з учнями експериментальної групи нами запропоновано пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну, що позбавлений перелічених недоліків. Розглянемо далі технічний опис та основні методичні особливості його використання в навчальному процесі з фізики [444].

Технічний опис пристрою. Ідея цього пристрою ґрунтується на давно забутій дитячій іграшці, яка мала назву «Самохідний катер» [381]. Попри те, що конструкція парореактивного рушія є відомою (вона розглядається, наприклад, у [241]), про його принцип дії в навчально-методичній літературі майже нічого не зазначається. Крім того, залишається практично невивченим питання щодо використання пристрою в навчальному процесі з фізики. Адже відомі з різних літературних джерел моделі парореактивних суден розглядаються не як навчальні, а лише як іграшкові.

Конструкція пристрою відрізняється своєю простотою (рис. 4.15). Він містить: робочий циліндр – 1; водометні сопла – 2; трубопровід – 3; нагрівач – 4; плавучий корпус пристрою – 5.

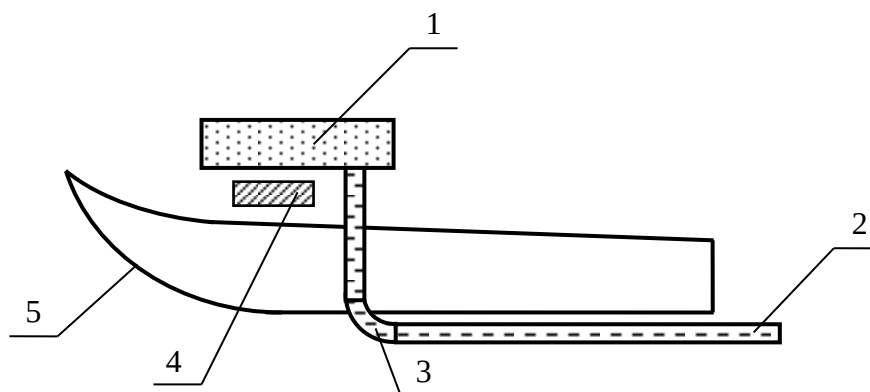


Рис. 4.15. Схема конструкції пристрою для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну

Принцип дії даного пристрою полягає в наступному. Перед початком демонстрації робочий циліндр треба заповнити водою. Для цього в одне з водометних сопел потрібно налити воду до повного заповнення робочого циліндра й трубопроводу. Для забезпечення замкнутого циклу робочого тіла плавучий корпус пристрою поміщають на воду, при цьому його сопла опиняються під водою. Як джерело теплоти можна використовувати, наприклад, сухе пальне. У пристрої робоче тіло змінює свій агрегатний стан за замкнутим циклом. Принцип роботи пристрою пояснюється графіком його термодинамічного циклу (рис. 4.16).

Під час першої фази (ділянка $1 \rightarrow 2$) робоче тіло отримує від нагрівача кількість теплоти $Q_{12}^{(+)}$ (знак «+» означає, що робоче тіло отримує тепло). При цьому відбувається фазовий перехід рідина $\rightarrow$ пара (що завершується в точці 2 циклу), який супроводжується розширенням робочого тіла при сталих температурі T_1 та тиску p_1 ($p_1 > p_0$, де p_0 – атмосферний тиск). Розширення робочого тіла призводить до виходу води з водометних сопел, що створює реактивну силу тяги.

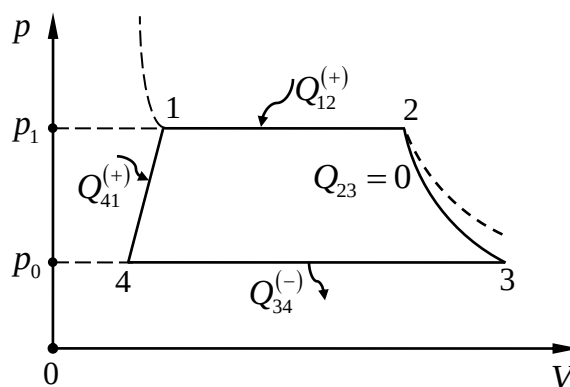


Рис. 4.16. Ідеалізований цикл розглядуваного пристрою

Упродовж другої фази циклу (ділянка $2 \rightarrow 3$) робоче тіло (пара) продовжує розширюватися до тих пір, доки його тиск не зрівняється з атмосферним тиском (гідростатичним тиском шару води на рівні сопел можна знехтувати). У кінці другої фази циклу (точка 3) тиск робочого тіла стає рівним атмосферному тиску, а швидкість води в соплі (відносно судна) стає рівна нулю. Упродовж другої фази температура робочого тіла знижується: від максимального значення в циклі T_1 (точка 2) до мінімального – T_2 (точка 3). У зв'язку з короткотривалістю другу фазу можна наближено вважати такою, що протікає адіабатно ($Q_{23} = 0$). Через таке наближення можна не враховувати процеси тепловіддачі в навколишнє середовище від робочого тіла в робочому циліндрі та в трубопроводі.

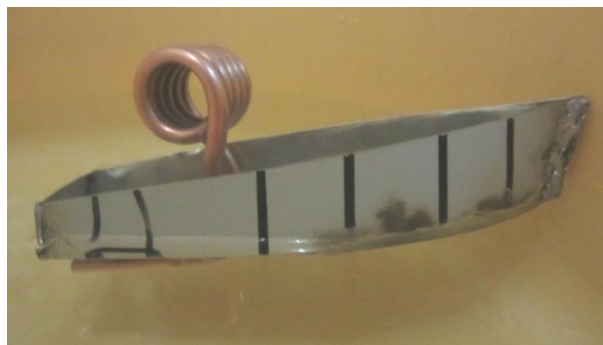
Подальше охолодження внаслідок віддачі тепла робочим тілом призводить до стиснення робочого тіла силою атмосферного тиску (третя фаза). Це стискання супроводжується фазовим переходом пара $\rightarrow$ рідина, при цьому відбувається віддача теплоти $Q_{34}^{(-)}$, яка виділяється при конденсації пари, що характеризує зміну агрегатного стану робочого тіла.

На початку четвертої фази циклу (точка 4) робоче тіло знаходиться в рідкому стані при температурі T_2 й атмосферному тиску p_0 . Упродовж четвертої фази робоче тіло розширюється та нагрівається до температури T_1 й тиску p_1 . Упродовж цієї фази робоче тіло отримує від нагрівача кількість теплоти $Q_{41}^{(+)}$. Отже, цикл завершується, а всі процеси знову повторюються.

Діюча модель пристрою. Разом з учнями експериментальної групи нами було виготовлено різні варіанти діючих моделей цього пристрою. Першою була модель, наведена на рис. 4.17 (а). Аналіз літературних джерел, у яких описано конструкцію подібних пристроїв (зокрема, [241]), дозволив удосконалити діючу модель (рис. 4.17, б). Її вже можна використовувати в демонстраційному експерименті з фізики.



а)



б)

Рис. 4.17. Фото діючих моделей пристрою для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну: а) перший варіант моделі; б) удосконалена модель

Діюча модель пристрою складається з плавучого корпусу, виконаного у вигляді судна, теплового двигуна (парореактивного рушія) та нагрівача. Тепловий двигун, зі свого боку, складається з робочого циліндра, трубопроводу та сопел. Конструктивно всі ці елементи теплового двигуна виконані з мідної трубки внутрішнім діаметром приблизно 3 мм (один із варіантів конкретного виконання теплового двигуна подано на рис. 4.18, а). У нагрівачі відбувається виділення теплової енергії в результаті згорання пального (сухе пальне або етиловий спирт (рис. 4.18, б)). При роботі двигуна сопла мають бути занурені у воду. Охолоджувачем у діючій моделі є вода у водоймі.



а)

б)

Рис. 4.18. Один із варіантів конструкції робочого циліндра та трубопроводу моделі (а) та можлива конструкція нагрівача, у якому використовується етиловий спирт (б)

Методичні особливості використання моделі при вивченні фізики.

Запропоновану модель можна використовувати з навчальною метою (а не лише як іграшку). Для цього було розроблено відповідне методичне забезпечення: описи цікавих демонстрацій, поставлених на основі розглядуваної моделі; цикли експериментальних і теоретичних фізичних задач, що пов'язані з дослідженням моделі. Розглянемо деякі методичні пропозиції щодо використання пристрою для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну на заняттях з фізики.

Досвід показує, що найбільший навчальний ефект від використання цього пристрою можна досягти на уроках узагальнення матеріалу. Це пов'язано з тим, що у процесі вивчення з учнями пристрою вдається повторити основні змістові елементи навчального матеріалу певного розділу, а також наочно продемонструвати їх прикладне значення. Насамперед, ідеться про розділи:

➤ «Механіка» (змістові блоки: імпульс тіла та системи тіл; закон збереження імпульсу; реактивний рух (реактивні двигуни); механічна енергія, робота, потужність; ККД механізмів);

➤ «Молекулярна фізика й термодинаміка» (зокрема, ідеальний газ; рівняння стану ідеального газу; ізопроцеси; реальні гази, ізотерми реальних газів; пароутворення і конденсація; насичена та ненасичена пара; кипіння; залежність тиску й густини насиченої пари від температури; зміна агрегатних станів речовини; критичний стан).

Неабияку навчальну цінність розглянута модель має для організації пізнавальної діяльності учнів у межах позакласної складової навчання фізики. На основі цього пристрою можна поглиблено вивчати з учнями процеси перетворення теплової енергії в механічну; реалізувати низку цікавих фізичних демонстрацій; проводити теоретичні та експериментальні дослідження.

Цікаві демонстрації, у яких використовується парореактивний рушій.

За допомогою парореактивного рушія можна реалізувати низку цікавих демонстрацій із фізики [44; 45]. Розглянемо такі дві.

Демонстрація 1. «Реакція втікаючого й витікаючого струменів». З цією демонстрацією доцільно пов'язати розгляд наступної проблемної ситуації.

Проблемна ситуація. На певній фазі робочого циклу розглядуваного пристрою пар, розширюючись, виштовхує воду із сопел. Струмінь води набуває імпульс від судна, а судно – такий же за модулем імпульс, але спрямований у протилежний бік. Сила, що діє при цьому на судно з боку струменя, називається реакцією витікаючого струменя. На перший погляд, незрозумілою є поведінка судна під час іншої фази роботи двигуна. Тепер судно нібито має рухатись назустріч руху струменя води. І тому дивно, що під час випробувань судно все ж переміщується вперед, а не залишається на місці, роблячи лише ривки вперед і назад. Як пояснити такий рух судна?

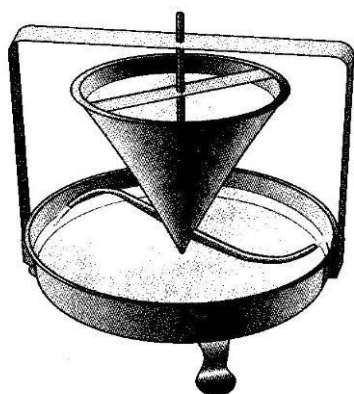
Слід зазначити, що поставлене у проблемній ситуації творче завдання не є простим. В. В. Майером [240] висвітлено педагогічний експеримент, під час якого учням, учителям фізики та викладачам ВНЗ було запропоновано розв'язати подібну задачу. Експеримент виявив, що здебільшого учасники педагогічного експерименту вважали, що судно почне рухатися назустріч струменю, що заходить у сопло!

Розв'язок цієї задачі вперше отримав М. Є. Жуковський. Він довів, що реакція струменя, що втікає в судно, в точності дорівнює *нулю*. Існує багато ефектних дослідів, що дозволяють упевнитися в такому результаті. Один із прикладів реалізації цих дослідів описано В. В. Майером та Є. І. Вараксіною [241] (інші приклади подані також у [240; 381]). Пояснити цей ефект можна так. Лише на початку заходження води в сопло модель здійснює слабе короткотривале відхилення назустріч струменю. Взаємодія води зі стінками трубопроводу призводить до зміни напрямку руху струменя. Це супроводжується передачею частини імпульсу струменя корпусу судна. При цьому результуючий імпульс системи (судна зі стікаючою водою) стає рівним

нулю. Описаний нами пристрій, виконаний у вигляді моделі парореактивного судна, є наочною демонстрацією цього ефекту. Показ досліду на уроці можна здійснювати як за допомогою відеофрагментів, так і шляхом натурального експерименту.

Демонстрація 2. «Парореактивне сегнерове колесо». Серед переліку стандартного обладнання демонстраційного експерименту з фізики є модель гідравлічної реактивної турбіни, що називається *сегнеровим колесом* (на честь угорського фізика й математика Яноша Андроша Сегнера, який винайшов цю турбіну) (рис. 4.19, а). Модель складається з конусоподібної ємності, яка може обертатися навколо вертикальної осі. До нижньої частини ємності прикріплені дві горизонтально розташовані трубки, кінці яких відігнуті у протилежні боки. За допомогою цієї моделі можна наочно продемонструвати силу реакції струменя води, що витікає із сопла.

У статті В. В. Майера та Є. І. Варахсіної [241] описано конструкцію саморобного парореактивного сегнерова колеса. Воно складається з парореактивного рушія, встановленого на плавучій круглій платформі. Сопла рушія спрямовані у протилежні боки. Для демонстрації роботи моделі спочатку заповнюють робочий циліндр водою, поміщають платформу з рушієм на поверхню води, під робочим циліндром встановлюють і запалюють свічку. Через невеликий проміжок часу модель починає швидко обертатися навколо вертикальної осі. Одним із недоліків такої моделі є те, що вона, обертаючись, може ще й пересуватися поверхнею води, стикаючись зі стінками ємності (що викликає гальмування моделі). Таку поведінку саморобної моделі можна пояснити насамперед тим, що на практиці складно досягти рівності моментів сил реакції струменів двох її сопел.



а)



б)

Рис. 4.19. Сегнерове колесо: а) звичайне; б) парореактивне

З метою усунення цього недоліку в конструкції парореактивного сегнерова колеса ми запропонували використовувати *рідинну самоцентрувальну опору* [325]. Її суттєвою ознакою є те, що плавуча циліндрична платформа має змочуватися водою, а стінки ємності – не змочуватися (або навпаки). Діаметр платформи має бути меншим за внутрішній діаметр ємності на величину, що складає кілька радіусів кривизни меніску. Здатність до самоцентрування плавучої платформи обумовлена формами менісків, які пов'язані зі змочуванням рідиною плавучої платформи й незмочуванням нею стінок ємності (технічний опис самоцентруючої рідинної опори докладно розглянуто нижче). На рис. 4.19 (б) наведено парореактивне сегнерове колесо удосконаленої конструкції.

Цикл задач, що пов'язані з дослідженням моделі. Досвід показує, що наведені вище фізичні демонстрації можна з успіхом використовувати в навчальному процесі з фізики навіть у тих навчальних закладах, де фізика вивчається на рівні стандарту. А учням, що вивчають фізику поглиблено (академічний і профільний рівні), можна запропонувати ще й низку теоретичних та експериментальних задач, що пов'язані з дослідженням моделі парореактивного судна. Наведемо приклади таких задач.

Теоретичний блок.

Задача 1. Модель реактивного (водометного) судна масою M рухається завдяки пристрою, який забирає воду з водоймища та виштовхує її

назад із сопел судна. Швидкість струменя води відносно судна стала й дорівнює u . Загальна площа сопел S . Знайти:

а) силу тяги F судна як функцію швидкості судна v та швидкості струменя u води відносно судна. *Відповідь:* $F = \rho S u^2 (1 - v/u)$, де ρ – густина води;

б) корисну потужність N , що розвиває рушій судна, як функцію величин v та u . *Відповідь:* $N = \rho S u^2 (1 - v/u) v$;

в) ККД η рушія судна як функцію величин v та u . Дослідити вираз ККД на максимум. Сили тертя в рушії не враховувати. *Відповідь:* $\eta = 2(v/u)(1 - v/u)$, $\eta_{\max} = 1/2$, якщо $v = u/2$;

г) швидкість v судна як функцію часу. Опір води не враховувати. *Відповідь:* $v = u \{1 - \exp[-(\rho S u \cdot t)/M]\}$.

Р о з в ' я з а н н я . а) *Сила тяги судна.* Розглянемо спочатку випадок, коли судно при працюючому двигуні залишається відносно води нерухомим (це має місце, наприклад, одразу після ввімкнення рушія). Оскільки рушій виштовхує воду зі сталою швидкістю u відносно судна, то за час dt із сопел виходить вода (елемент води) масою $dm = \rho S u \cdot dt$ (де ρ – густина води). Її імпульс $dm \cdot u$. При цьому модуль сили, що діє на судно з боку води (сила тяги), дорівнюватиме щосекундній зміні імпульсу води:

$$F_0 = \frac{dm \cdot u}{dt} = \rho S u^2.$$

Якщо ж судно рухається зі швидкістю v , то імпульс елемента води dm , що виходить із сопел упродовж часу dt , дорівнює

$$dm \cdot (u - v) = \rho S u (u - v) \cdot dt.$$

Тому формула сили тяги у випадку руху судна зі швидкістю v набирає вигляду

$$F = \rho S u (u - v). \quad (4.5)$$

Останню формулу можна переписати так:

$$F = \rho S u^2 (1 - v/u) = F_0 (1 - v/u), \quad (4.6)$$

де $F_0 \equiv \rho S u^2$ – модуль сили тяги при нерухомому судні.

З формули (4.6), а також з графіка залежності сили тяги $F = F(v)$ при сталих u та S (рис. 4.20) видно, що максимальне значення сила тяги набуває в момент старту моделі. Якщо ж $v = u$, то $F = 0$, як і повинно бути, адже в цьому випадку не відбувається зміни імпульсу води при її витіканні із сопел (у системі відліку, що пов'язана з поверхнею води, вода у трубці не рухається).

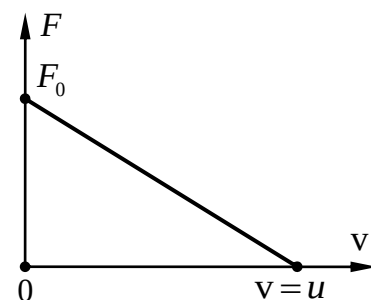


Рис. 4.20. Графік залежності сили тяги від швидкості судна $F = F(v)$

б) *Корисна потужність рушії*. При рівномірному русі судна зі швидкістю v відносно води, корисну потужність N рушії можна знайти за формулою $N = Fv$. З урахуванням формули (4.6), маємо

$$N = \rho S u^2 (1 - v/u) v = F_0 v (1 - v/u). \quad (4.7)$$

Аналіз формули (4.7) (рис. 4.21) дозволяє отримати максимальне значення корисної потужності, яку розвиває описаний у задачі рушій. Очевидно, що

$$N_{\max} = \frac{1}{4} \rho S u^3,$$

Таке значення досягається за швидкості судна $v_1 = u/2$.

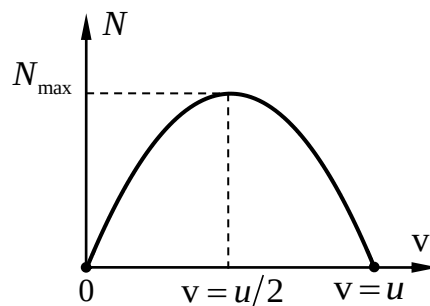


Рис. 4.21. Графік залежності потужності рушії від швидкості судна $N = N(v)$

в) *ККД рушії*. Ця величина показує, яка частина потужності струменя води, що виривається із сопел (повна потужність рушії $N_{\text{повн}}$), перетворюється на корисну потужність N , пов'язану з переміщенням судна:

$$\eta = N / N_{\text{повн}}. \quad (4.8)$$

Знайдемо потужність струменя води (повну потужність рушії) $N_{\text{повн}}$ – потужність, яку здатен віддавати потік води, що тече зі швидкістю u . Нехай

при виконанні роботи шаром води маси dm , швидкість останнього зміниться від u до нуля. Тоді згідно з теоремою про зміну кінетичної енергії отримаємо

$$N_{\text{повн}} dt = \frac{dm \cdot u^2}{2}, \quad (4.9)$$

де dt – час зміни швидкості шару води масою dm від u до нуля.

З формули (4.9), з урахуванням $dm = \rho Su \cdot dt$, отримуємо

$$N_{\text{повн}} = \frac{1}{2} \rho Su^3. \quad (4.10)$$

Отже, використовуючи формули (4.8), (4.7) та (4.10), дістаємо

$$\eta = \frac{2v}{u} \left(1 - \frac{v}{u} \right).$$

З останньої формули видно, що ККД рушія дорівнює нулю у двох випадках (рис. 4.22): за $v = 0$ – судно не рухається, а двигун працює (режим холостого ходу); за $v = u$ – судно рухається зі швидкістю, що дорівнює швидкості витікання води із сопел. ККД рушія найбільший $\eta_{\text{max}} = 1/2$ за швидкості судна $v = u/2$.

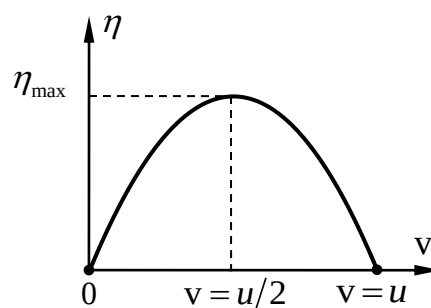


Рис. 4.22. Графік залежності ККД рушія від швидкості судна $\eta = \eta(v)$

г) *Швидкість судна.* Оскільки за умовою задачі опір руху судна можна не враховувати, імпульс системи «судно і струмінь води, що виривається із сопел» не змінюватиметься. Нехай у момент часу t судно рухається зі швидкістю v . Тоді, прирівнюючи імпульси системи у моменти часу t і $t + dt$, отримуємо рівняння

$$M v = M(v + dv) - dm(u - v), \quad (4.11)$$

де M – маса судна; dm – маса води, що виходить із сопел упродовж часу dt . Врахувавши, що $dm = \rho Su \cdot dt$, рівняння (4.11) можна переписати у вигляді

$$\frac{dv}{v - u} = -\frac{\rho Su}{M} dt.$$

Інтегруючи останнє рівняння, отримуємо

$$\ln|v-u| = -\frac{\rho Su}{M}t + \ln C,$$

$$v-u = Ce^{-\frac{\rho Su}{M}t}.$$

Отримане рівняння має задовольняти умову $v|_{t=0} = 0$. Звідки $C = -u$.

Отже, залежність модуля швидкості судна від часу має вигляд

$$v = u \left(1 - e^{-\frac{\rho Su}{M}t} \right).$$

З а д а ч а 2. Модель водометного судна приводиться у рух за допомогою парореактивного двигуна (конструкція якого описана нами вище). Його термодинамічний цикл наведено на рис. 4.16. Атмосферний тиск $p_0 = 10^5$ Па. Температура навколишнього середовища $T = 20$ °С. Оцінити:

а) тиск p_1 пари при її розширенні на ділянці 1–2 циклу. Відомо, що під час розширення пари на цій ділянці вода виходить із сопел зі швидкістю $u = 2$ м/с відносно судна, а швидкість самого судна відносно поверхні води $v = 1$ м/с.
Відповідь: $p_1 = p_0 + \rho u(u-v) \approx 102$ кПа, де ρ – густина води;

б) максимальну температуру T_1 пари в циклі. Для оцінних розрахунків питому теплоту пароутворення для води можна вважати сталою, а її значення можна взяти таким, що відповідає нормальному атмосферному тиску й температурі кипіння ($T_0 = 373$ К) $L = 2,3$ МДж/кг. *Відповідь:*
 $T_1 = T_0 + (p_1 - p_0)RT_0^2 / (Lp_0M) \approx 373,4$ К, де M – молярна маса води;

в) ККД η циклу розглядуваного двигуна. *Відповідь:* $\eta \approx 1 - T/T_1 = 0,25$.

Р о з в ' я з а н н я . а) На ділянці 1–2 (див. рис. 4.16) відбувається фазовий перехід «рідина – пара», тому тиск p_1 і температура T_1 залишаються сталими. Для забезпечення необхідного значення сили тяги F моделі, тиск насиченої пари на ділянці 1–2 має дорівнювати

$$p_1 = p_0 + F/S, \quad (4.12)$$

де S – загальна площа поперечного перерізу сопел.

У формулі (4.12) ми знехтували гідростатичним тиском води (на рівні сопел) порівняно з атмосферним і гідродинамічним тиском. Підставивши у (4.12) формулу (4.5), отримуємо

$$p_1 = p_0 + \rho u(u - v),$$

де ρ – густина води. Обчислення p_1 при $p_0 = 10^5$ Па, $\rho = 10^3$ кг/м³, $u = 2$ м/с, $v = 1$ м/с дають $p_1 \approx 102$ кПа.

б) На ділянці 1–2 температура пари є сталою (фазовий перехід) і максимальною в циклі. При цьому вона перевищує $T_0 = 100^\circ\text{C}$, оскільки в камері вода кипить при підвищеному тиску p_1 ($p_1 > p_0$). Для знаходження температури кипіння води в нагрівальній камері скористаємось рівнянням Клапейрона – Клаузіуса

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(v_2 - v_1)}, \quad (4.13)$$

яке визначає залежність тиску p насиченої пари від температури T . Якщо в рівнянні (4.13) під L розуміти *питому* теплоту пароутворення, то $v_2 - v_1$ – зміна *питомих* об'ємів речовини при фазовому переході (якщо ж L – *молярна* теплота пароутворення, то v_2 і v_1 – відповідні *молярні* об'єми речовини).

Оскільки в нашому випадку тиск p_1 насиченої пари в нагрівальній камері на ділянці 1–2 циклу відрізняється не набагато від атмосферного тиску ($p_1 - p_0 \ll p_0$), то рівняння Клапейрона – Клаузіуса (4.13) можна наближено записати у вигляді

$$\frac{\Delta p}{\Delta T} \approx \frac{L}{T_0(v_2 - v_1)}, \quad (4.14)$$

де T_0 – температура кипіння води за нормального атмосферного тиску p_0 .

Через те, що вода при кипінні в камері двигуна знаходиться у стані, далекому від критичного (для води $p_{\text{кр}} = 218$ атм, $T_{\text{кр}} = 374^\circ\text{C}$), питомий об'єм рідини v_1 значно менше за питомий об'єм пари v_2 ($v_1 \ll v_2$). Тому величиною v_1 у рівнянні (4.14) можна знехтувати. Крім того, за невеликих значень тиску

насиченої пари (далеко від критичного стану) v_2 можна знайти за допомогою рівняння Клапейрона – Менделєєва (M – молярна маса):

$$v_2 = \frac{RT}{pM} \approx \frac{RT_0}{p_0M}.$$

При цьому рівняння (4.14) набирає вигляду

$$\frac{\Delta p}{\Delta T} \approx \frac{Lp_0M}{RT_0^2}.$$

Звідки отримуємо

$$\Delta T = \Delta p \cdot \frac{RT_0^2}{Lp_0M} \approx 0,4 \text{ К}.$$

Отже, $T_1 = T_0 + \Delta T \approx 373,4 \text{ К}$.

в) Для оцінки ККД η циклу розглядуваного двигуна можна провести (подумки) цикл Карно, температури нагрівача та холодильника якого дорівнюють відповідно максимальній T_1 і мінімальній T температурам досліджуваного циклу. ККД такого циклу Карно визначить верхню межу ККД досліджуваного циклу:

$$\eta = 1 - T/T_1,$$

У нашому випадку холодильником є навколишнє середовище. За умовою задачі $T = 20^\circ\text{C} = 297 \text{ К}$; максимальною температурою у циклі є $T_1 \approx 373 \text{ К}$.

Отже, $\eta \approx 0,25$.

Експериментальний блок.

Задача 3. Виміряти швидкість моделі судна з парореактивним двигуном. *Обладнання:* досліджувана модель судна; ємність з водою, що має доволі велику відкриту поверхню (наприклад, заповнена водою ванна); рулетка; секундомір.

Розв'язання. Для визначення швидкості моделі потрібно забезпечити можливість її прямолінійного усталеного руху на певній дистанції на поверхні води. Для підвищення точності вимірювання слід провести серію дослідів, у кожному з яких вимірюється час τ_i ($i=1, \dots, n$), за який судно долає фіксовану

відстань l . Визначивши середній час $\bar{t}$ руху моделі, можна знайти її швидкість за формулою: $v = l/\bar{t}$.

Приклад конкретного вимірювання:

- відстань, яку долає модель $l = (1,00 \pm 0,01) \text{ м}$, $\varepsilon_l = 0,01$;
- середній час руху моделі $\bar{t} = (2,0 \pm 0,1) \text{ с}$, $\varepsilon_t = 0,05$;
- швидкість судна $v = (0,50 \pm 0,03) \text{ м/с}$, $\varepsilon_v = 0,06$.

З а д а ч а 4. Виміряти корисну потужність, що розвиває двигун моделі при її русі з усталеною швидкістю. *Обладнання:* досліджувана модель судна; ємність з водою, що має доволі велику відкриту поверхню (наприклад, ванна з водою); рулетка; секундомір; штатив із закріпленням на ньому нерухомим блоком; нитка; аркуш паперу; пісок; терези з важками; скотч; ножиці.

Р о з в ' я з а н н я . Корисну потужність, яку розвиває двигун судна, можна знайти за формулою $N = F \cdot v$, де F – сила тяги двигуна, при якій швидкість судна дорівнює v . Вимірювання сили тяги F можна провести в такий спосіб. До носової частини судна з непрацюючим двигуном слід прив'язати нитку й перекинути її через нерухомий блок, що закріплений на штативі. На іншому кінці нитки треба закріпити паперову ємність. Підсипаючи пісок у ємність, можна збільшувати силу натягу нитки. Вдається отримувати різні значення швидкості судна при його усталеному русі, коли сила натягу нитки (сила тяги) дорівнюватиме силі опору руху судна (рис. 4.23).



Рис. 4.23. Вимірювання сили тяги моделі

Зробивши кілька випробувань (кожного разу досипаючи пісок у ємність) можна добитися, щоб судно рухалося (завдяки натягу нитки) з тією ж усталеною швидкістю v , яку воно мало при працюючому двигуні. Сила натягу в цьому випадку й буде дорівнювати шуканій силі тяги F двигуна. Значення сили натягу нитки можна знайти за величиною сили тяжіння (ваги) ємності з піском (для оцінних розрахунків тертям у блоці можна знехтувати). Швидкість судна v вимірюємо так же як у попередній задачі.

Приклад конкретного вимірювання:

- швидкість судна $v = (0,50 \pm 0,03) \text{ м/с}$, $\varepsilon_v = 0,06$;
- сила тяги двигуна (вага ємності з піском) $F = (1,00 \pm 0,05) \text{ Н}$, $\varepsilon_F = 0,05$;
- корисна потужність двигуна $N = F \cdot v$, $N = (0,50 \pm 0,05) \text{ Вт}$, $\varepsilon_N = 0,1$.

З а д а ч а 5. Виміряти максимальну силу тяги парореактивного двигуна моделі судна. *Обладнання:* модель судна з досліджуваним двигуном; ємність з водою, що має доволі велику відкриту поверхню (наприклад, таз з водою); штатив із закріпленням на ньому нерухомим блоком; нитка; аркуш паперу; пісок; терези з важками; скотч; ножиці.

Р о з в ' я з а н н я . Як було показано в задачі 1, сила тяги парореактивного двигуна є максимальною, якщо судно не рухається відносно води (наприклад, у момент його старту). Це й визначає ідею наступного способу її вимірювання. До корми судна, що знаходиться в ємності з водою, слід прив'язати нитку й перекинути її через нерухомий блок, що закріплений на штативі. До іншого кінця нитки треба підвісити паперову ємність. Далі при працюючому двигуні потрібно збільшувати силу натягу нитки шляхом підсипання до ємності піску. За деякої ваги ємності з піском судно залишається нерухомим при працюючому двигуні. Це означає, що сила тяги двигуна врівноважена силою натягу нитки, величина якої дорівнюватиме вазі ємності з піском (за умови нехтування тертям у блоці). Масу ємності з піском вимірюємо на терезах. Приклад конкретного вимірювання: максимальне значення сили тяги двигуна (вага ємності з піском) $F_{\text{max}} = (2,10 \pm 0,05) \text{ Н}$, $\varepsilon_F = 0,03$.

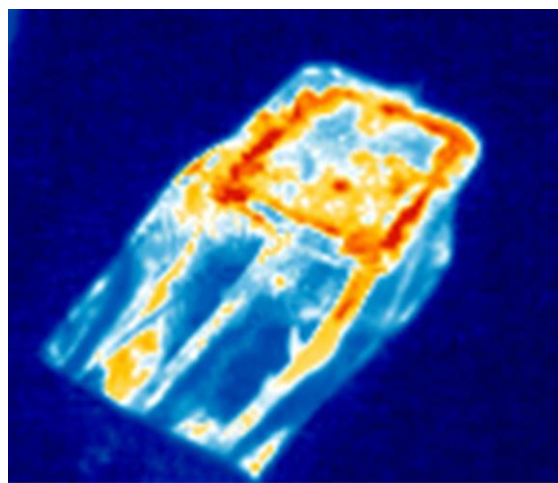
З а д а ч а 6. Експериментально виміряти температуру води, що виходить із сопел працюючої моделі парореактивного судна. *Обладнання:* модель парореактивного судна; ємність з водою, що має доволі велику відкриту поверхню (наприклад, таз з водою); тепловізор.

Р о з в ' я з а н н я . Працююча модель судна була обстежена за допомогою тепловізора (рис. 4.24). Виявлено, що температура води, яка виходить із сопел достатньої довжини, несуттєво відрізняється від температури води в ємності. Це пояснюється тим, що нагрівання води в робочому циліндрі та її перетворення на пару відбувається вище рівня води в ємності. Тому теплопередача через конвекцію не відбувається. Отже, втрати теплоти через вихід води із сопел в ємність порівняно незначні.

Апробація пристрою. На розглянутий вище пристрій нами у співавторстві з учнями експериментальної групи було отримано патент на корисну модель «Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну» (патент України №78031 [305]). Наведемо формулу цього технічного рішення.



а)



б)

Рис. 4.24. Фото діючої моделі пристрою, отримані фотокамерою (а)
та тепловізором (б)

Ф о р м у л а к о р и с н о ї м о д е л і . Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну, що працює з використанням робочого тіла, яке зазнає двофазового перетворення рідина-пара та містить робочий циліндр, нагрівач, трубопровід, сопло, який відрізняється тим, що має

плавучий корпус та не менше двох водометних сопел, які знаходяться нижче лінії осадки корпусу пристрою, а робоче тіло (вода) зазнає двофазового перетворення рідина – пара – рідина в замкнутому циклі.

Спираючись на чинну класифікацію об'єктів винаходу [278, с. 137], зазначимо, що об'єктом винаходу в нашому випадку є *застосування раніше відомого продукту за новим призначенням*. Дійсно, новизна запропонованого технічного рішення передусім полягає у використанні вже відомого пристрою – дитячої іграшки «Парореактивний човен» – за новим призначенням – як *демонстраційний пристрій* для фізичного експерименту.

На відміну від відомих пристроїв аналогічного призначення використання розглянутого нами пристрою дозволяє: не обмежувати тривалість роботи пристрою часом випаровування води в циліндрі; продемонструвати замкнутий цикл з робочим тілом, що зазнає двофазового перетворення рідина – пара – рідина; продемонструвати використання перетворення теплової енергії в механічну в практичних цілях; використовувати як джерело енергії різні види палива; підвищити безпечність демонстрації перетворення теплової енергії робочого тіла в кінетичну енергію моделі (плавучого корпусу пристрою).

Зазначимо, що розглянутий пристрій пройшов експертну оцінку на всеукраїнських і міжнародних конкурсах фізико-технічного спрямування, де отримав схвалення. Зокрема, окремі аспекти цієї розробки були представлені учнями й студентами (співавторами патенту) на таких конкурсах:

- Міжнародний учнівський конкурс-олімпіада проектів на тему «Стабільний світ» (I-SWEEEP) (2010 р., м. Хьюстон, штат Техас, США);
- Міжнародний учнівський конкурс науково-дослідних робіт учнів 9–11 класів «Вчені майбутнього» (2010 р., м. Москва, Росія; організатори: Московський державний університет та корпорація Intel);
- Всеукраїнський конкурс студентських науково-дослідних робіт (державний етап конкурсу 2014 р., м. Маріуполь);
- Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідних робіт учнів – членів МАН України (державний етап МАН 2012 р., м. Київ).

Отже, створені на основі парореактивного рушія наочні навчальні пристрої для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну (зокрема, модель парореактивного судна, парореактивне сегнерове колесо) сприяють активізації пізнавальної діяльності учнів у навчанні фізики (зокрема, при вивченні окремих тем з механіки та молекулярної фізики й термодинаміки). Останнє реалізується через постановку цікавих фізичних демонстрацій та розв'язування учнями теоретичних та експериментальних задач, пов'язаних із дослідженням навчальних моделей з парореактивним рушієм. Важливо також, що використання цих моделей розширює кругозір учнів у сфері енергозбереження (зокрема, поглиблює їх знання щодо пристроїв і способів перетворення одного виду енергії в інший), а також сприяє посиленню їх інтересу до вивчення фізики загалом.

Рідинна самоцентруюча опора для поворотних частин фізичних приладів. Постановка проблеми. У конструкції деяких технічних пристроїв (зокрема, демонстраційних та вимірювальних фізичних приладів) використовуються *опорні механізми*. Як приклад можна навести прилад для демонстрації правила Ленца, демонстраційний компас, сегнерове колесо тощо. Одним з їх головних недоліків є наявність сухого тертя в місці контакту (деякі типи опор мають ще й складність у здійсненні самоцентрування). Тому підвищення чутливості таких пристроїв завдяки зменшенню сухого тертя є важливою проблемою техніки фізичного експерименту. Задача усунення (або, принаймні, мінімізування) сухого тертя в поворотних механізмах технічних пристроїв може мати безпосереднє відношення до проблеми енергозбереження. Наведемо конструкцію наступних двох схем опорних механізмів і виділимо їх недоліки.

Відомий прилад для демонстрації правила Ленца («Кільця Ленца») містить опору, що складається з корпусу (у вигляді підставки та стійки) та опорного механізму, виконаного у вигляді голки, закріпленої на стійці корпусу. Опора розміщується на столі. На голку опорного механізму встановлюють за допомогою підп'ятника рухливу частину приладу для демонстрації правила

Ленца – коромисло з двома кільцями (одне з них суцільне, а інше розрізане) (рис. 4.25, а). Слід зазначити, що таку конструкцію приладу було запропоновано самим Е. Х. Ленцем (особливості використання цього приладу наведено, наприклад, у [68, с. 130]). Така ж конструкція опори використовується в дослідах із магнітною стрілкою (рис. 4.25, б).



а)



б)

Рис. 4.25. Використання опорного механізму у вигляді голки:

а) «Кільця Ленца»; б) магнітна стрілка

До недоліків описаної опори слід віднести такі: необхідність у горизонтальній поверхні при виконанні демонстрації; наявність сухого тертя в опорі, що зменшує чутливість самого приладу; поступове зношення голки та підп'ятника. Цих недоліків вдається уникнути при використанні *рідинної* опори. Відповідний опорний механізм застосовано, наприклад, у відомому водному компасі [329, с. 459]. Останній складається з циліндричної ємності з водою та плавучого елемента, на якому розміщують намагнічену голку. Остання розвертається під дією магнітного поля Землі та встановлюється вздовж магнітного меридіана. Проте така рідинна опора має свої недоліки. Головним із них є неможливість самоцентрування плавучого елемента. Унаслідок дії випадкових сил (навіть дуже слабких) плавучий елемент компаса дуже легко наближається до стінок ємності й немов «прилипає» до них. Це ускладнює проведення демонстрації. Зменшити прояв цього негативного ефекту можна шляхом використання великої площі вільної поверхні води.

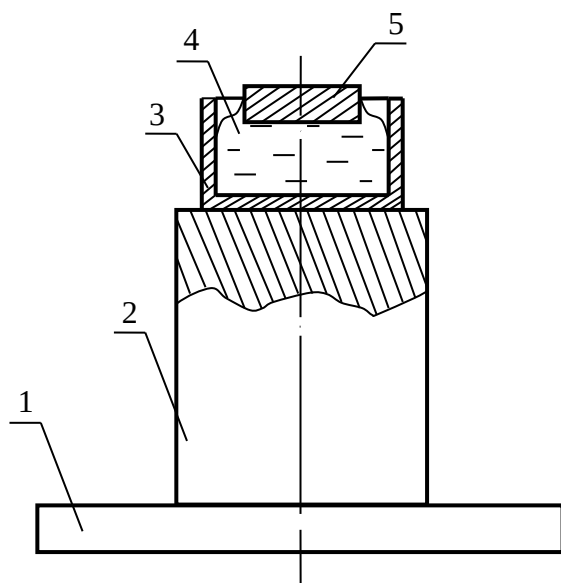
Проте для цього потрібно використовувати ємність із діаметром, значно більшим за діаметр плавучого елемента.

У співавторстві з учнями експериментальної групи запропоновано конструкцію *рідинної самоцентруючої опори*, що позбавлена вказаних вище недоліків [48]. Наведемо технічний опис цієї опори та розглянемо цикл навчальних фізичних задач, пов'язаних з її дослідженням та використанням у навчальному процесі з фізики.

Технічний опис рідинної самоцентруючої опори. В основу технічного рішення було поставлено задачу розробити таку конструкцію рідинної опори, яка шляхом використання плавучого елемента та явища поверхневого натягу рідини дозволяє використовувати опору для поворотних частин фізичних приладів (при цьому досягається підвищення їх чутливості).

Конструкція опори доволі проста (рис. 4.26, а). Пристрій містить: підставку – 1; стійку – 2; циліндричну ємність – 3; рідину – 4; плавучий елемент – 5. Перед початком роботи для зручного стійка встановлюється на підставці. На стійці розміщується циліндрична ємність. Її треба заповнити рідиною, яка *не змочує* стінок самої ємності. На відкриту поверхню рідини встановлюють плавучий елемент. На відміну від стінок ємності він має *змочуватися* рідиною. На плавучому елементі можна розміщувати поворотний механізм демонстраційного приладу, наприклад, коромисло з кільцями приладу для демонстрування правила Ленца (рис. 4.26, б).

Принцип дії опори пов'язаний з явищем *поверхневого натягу* рідини. Зокрема, здатність до самоцентрування плавучого елемента обумовлена формами менісків, які пов'язані зі змочуванням рідиною плавучого елемента й незмочуванням нею стінок ємності. Діаметр плавучого елемента повинен мати такий же порядок, що і внутрішній діаметр ємності.



а)



б)

Рис. 4.26. Самоцентруюча рідинна опора: а) схема конструкції;

б) приклад застосування у приладі Ленца (діюча модель)

Теоретичне обґрунтування принципу дії запропонованої рідинної опори можна провести у вигляді розгляду циклу навчальних фізичних задач (наведено нижче). Саме такий (задачний) метод ми використовуємо для ознайомлення учнів з роботою цього пристрою. У нашій практиці таке ознайомлення здебільшого відбувається в десятому класі після вивчення теми «Будова й властивості рідин» (змістові блоки: поверхневий натяг; поверхнево-активні речовини; змочування; капілярні явища; формула Лапласа для капілярного тиску).

Наш досвід показує, що найбільший навчальний ефект від ознайомлення з конструкцією та принципом дії рідинної опори можна досягти на уроках *формування практичних умінь і навичок* та на уроках *узагальнення матеріалу*. Це пов'язано з тим, що у процесі вивчення учнями цього пристрою вони повторюють основні змістові елементи навчального матеріалу, а також бачать практичне застосування явища поверхневого натягу. Домашнє завдання, пов'язане з виготовленням та експериментальним дослідженням моделі рідинної опори, виконується учнями з задоволенням (не залежно від їх рівня навчальних досягнень з фізики).

Цикл задач, що пов'язані з дослідженням принципу дії рідинної опори.

Перед тим, як безпосередньо перейти до розгляду принципу дії рідинної самоцентруючої опори, доцільно запропонувати учням розв'язати наступну задачу (аналогічну задачі наведено у збірнику [342]).

Задача 1. Дві вертикальні паралельні пластинки частково занурені в рідину. Показати, що між ними буде спостерігатися *притягання*, якщо обидві пластинки або змочуються, або не змочуються рідиною, і *відштовхування*, коли одна пластинка змочується рідиною, а інша ні.

Розв'язання. Розглянемо спочатку випадок, коли обидві пластинки змочуються рідиною. Якщо пластинки розташовані близько одна від одної, то між ними рідина піднімається (рис. 4.27, а). Тиск рідини на рівні AA' між пластинками й зовні них є однаковим і дорівнює атмосферному тиску p_0 . Вище рівня AA' тиск води між пластинками є меншим за p_0 . Ця різниця тисків й обумовлює притягання пластинок.

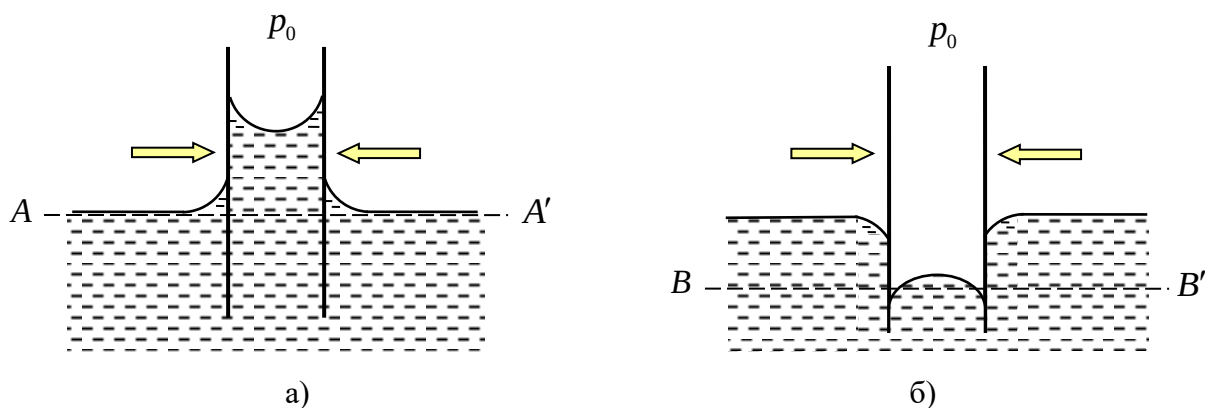


Рис. 4.27. Притягання пластинок у випадку, коли вони обидві змочуються рідиною (а) або обидві не змочуються (б)

Якщо обидві пластинки не змочуються рідиною, то між ними спостерігається опускання рідини (рис. 4.27, б). На рівні BB' (та нижче нього) тиск води між пластинками й поза ними однаковий. Вище цього рівня тиск води зовні пластинок перевищує атмосферний на величину гідростатичного тиску відповідного шару води (розташованого вище рівня BB'). Тому й у цьому випадку різниця тисків призводить до притягання пластинок.

Нехай тепер ліва пластинка змочується рідиною, а права – не змочується. Якщо ці пластинки розташовані близько одна від одної, то поверхня рідини між ними не матиме горизонтальної ділянки (її вигляд показано на рис. 4.28). Поверхня матиме точку перегину в певному місці між пластинами. У такому випадку між пластинами рідина піднімається поблизу лівої пластинки менше, ніж зовні (позаяк радіус увігнутого меніску з внутрішнього боку пластинки більший за радіус увігнутого меніску з зовнішнього боку лівої пластинки). Біля правої ж пластини рідина опускається менше з внутрішнього боку, ніж вона опускається зовні цієї пластини. Це й обумовлює відштовхування пластин.

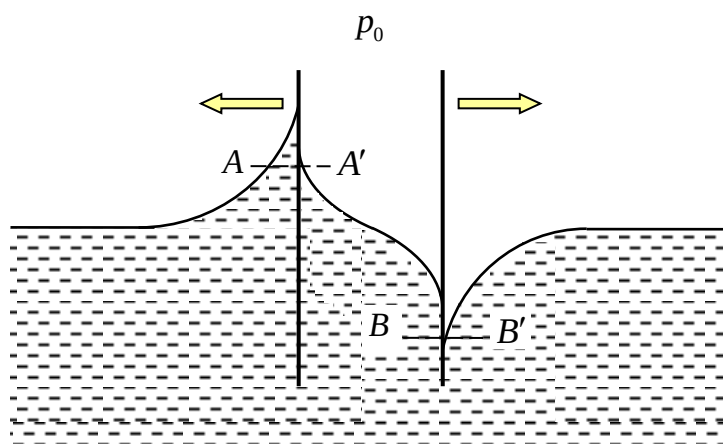


Рис. 4.28. Відштовхування пластинок у випадку, коли одна з них змочується рідиною, а інша не змочується

Тиск води на рівні AA' з обох боків лівої пластинки є однаковим. Проте вище цього рівня тиск води зовні лівої пластинки з висотою зменшується, тоді як тиск p_0 (з іншого боку лівої пластинки) практично не змінюється з висотою. Отже, виникає сила, що діє на ліву пластинку вліво. На рівні BB' (і нижче нього) поблизу правої пластинки тиск води з різних її боків однаковий. Однак вище рівня BB' тиск води поблизу правої пластинки з внутрішнього її боку перевищує p_0 (відповідний меніск опуклий). Ця різниця тисків й обумовлює силу, що намагається перемістити праву пластинку вправо.

З а д а ч а 2. На рис. 4.29 наведено всесвітньо відому картину І. Ю. Рєпіна «Бурлаки на Волзі» (1873 р.). Яку суттєву ознаку запропонованої нами

самоцентрувальної рідинної опори можна углядіти на цьому витворі мистецтва? Дайте фізичне пояснення цій ознаці.



Рис. 4.29. Картина І. Ю. Рєпіна «Бурлаки на Волзі»

Р о з в ' я з а н н я . Цією суттєвою ознакою є заміна сухого тертя на *в'язке*, яке розуміють як тертя між твердим тілом і рідким або газоподібним середовищем, а також між шарами цього середовища [222, с. 51]. Однією з особливостей сили в'язкого тертя $F_{\text{тр}}$ є її залежність від швидкості v руху тіла в середовищі. Модуль цієї сили за малих значень швидкості дорівнює

$$F_{\text{тр}} = k_1 v ,$$

а за великих v

$$F_{\text{тр}} = k_2 v^2 .$$

У цих формулах k_1 і k_2 – коефіцієнти, що залежать від розмірів і форми твердого тіла, стану його поверхні, а також від властивостей середовища.

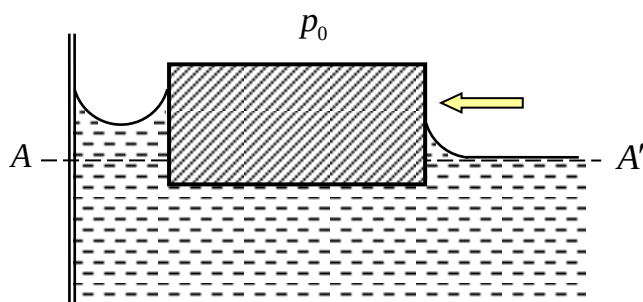
Важливою властивістю в'язкого тертя є відсутність тертя спокою (тобто сила в'язкого тертя дорівнює нулю у випадку нерухомого відносно середовища тіла). Це призводить до того, що тіло, яке тримається на воді, можна зрушити з місця навіть дуже малою силою. Наприклад, людина може власним зусиллям відштовхнути від причалу судно масою в сотні тон (зрозуміло, що з дуже малим прискоренням). Саме тому ще з давніх-давен люди переправляли великі вантажі водою. Відповідний епізод наочно подано на світлині. Саме

використання рідини дозволило нам усунути в опорі шкідливе тертя спокою, що знижує чутливість приладів, у яких має місце сухе тертя.

З а д а ч а 3. В ємності знаходиться рідина, що змочує стінки цієї ємності. На поверхні рідини плаває тіло, яке також змочується рідиною. Якщо подіяти на це тіло навіть незначною силою (наприклад, дмухнути на нього), воно, після наближення до стінок ємності, немов «прилипає» до них. Наведіть фізичне пояснення цьому явищу.

Р о з в ' я з а н н я . Зазначимо, що легке зрушення тіла з місця (що вдається зробити навіть дмуханням) пояснюється властивостями в'язкого тертя, а саме – відсутністю тертя спокою – сила в'язкого тертя прямує до нуля разом із швидкістю тіла (про це йшлося в задачі 2).

Пояснимо тепер явище «прилипання» тіла до стінок ємності. Коли відстань між стінкою ємності й тілом стає доволі малою, у зазорі, утвореному поверхнями стінки ємності й тіла, рідина стане підніматися (рис. 4.30, а) (капілярний підйом). Це підняття обумовлене тим, що згідно з умовою задачі й стінки ємності, і тіло змочуються рідиною.



а)



б)

Рис. 4.30. Притягування тіла до стінок ємності (стінки ємності й тіла змочуються рідиною):

а) фрагмент перерізу; б) фото досліду

Тиск води на рівні AA' (див. рис. 4.30, а) з різних боків тіла однаковий. Проте зі зростанням висоти над цим рівнем тиск води в малому зазорі між ємністю й тілом зменшуватиметься, тоді як атмосферний тиск p_0 практично не

змінюватиметься. Ця різниця тисків і обумовлює силу, що діє на тіло в напрямку стінки ємності. У результаті чого тіло й притискається до стінки («прилипає» до неї) (рис. 4.30, б).

З а д а ч а 4. Пояснити *ефект самоцентрування* плаваючого елемента у запропонованій конструкції рідинної опори.

Р о з в ' я з а н н я . У запропонованій конструкції рідинної самоцентрувальної опори передбачається, що плаваючий елемент змочується водою, а стінки ємності не змочуються, або навпаки. Для визначеності прийемо перший варіант. Нехай унаслідок короточасної дії випадкової сили (наприклад, поштовху) плаваючий елемент переміщується до стінки ємності. При наближенні до стінки ємності форма поверхні рідини, що оточує плаваючий елемент, буде змінюватися (рис. 4.31, а). Через те, що поверхня рідини між стінкою ємності й плаваючим елементом не має горизонтальної ділянки, радіус кривини її увігнутої частини (на рис. 4.31 (а) цей меніск знаходиться зліва від плаваючого елемента) буде більшим за радіус кривини увігнутого меніску, що переходить у горизонтальну ділянку (на рис. 4.31 (а) він знаходиться справа від плаваючого елемента). Тому в зазорі між плаваючим елементом і стінкою ємності рідина, змочуючи бічну поверхню плаваючого елемента, підніметься по ній на меншу висоту, аніж вдалині від зазору, де увігнутий меніск переходить у горизонтальну ділянку (рис. 4.31, б).

На рівні AA' (і нижче нього) тиск води однаковий по різні боки від плаваючого елемента. Зі зростанням висоти над цим рівнем тиск води під правим меніском зменшуватиметься (бо меніск увігнутий), проте тиск повітря p_0 зліва від плаваючого елемента практично не змінюватиметься. Різниця тисків, що виникає при цьому, і обумовлює силу, яка діє на плаваючий елемент у напрямі *від стінки* ємності. Оскільки ємність з водою і плаваючий елемент мають циліндричну форму, то через симетрію останній розташовується в центрі ємності. Саме в цьому випадку меніск навколо плаваючого елемента буде мати однакову форму.

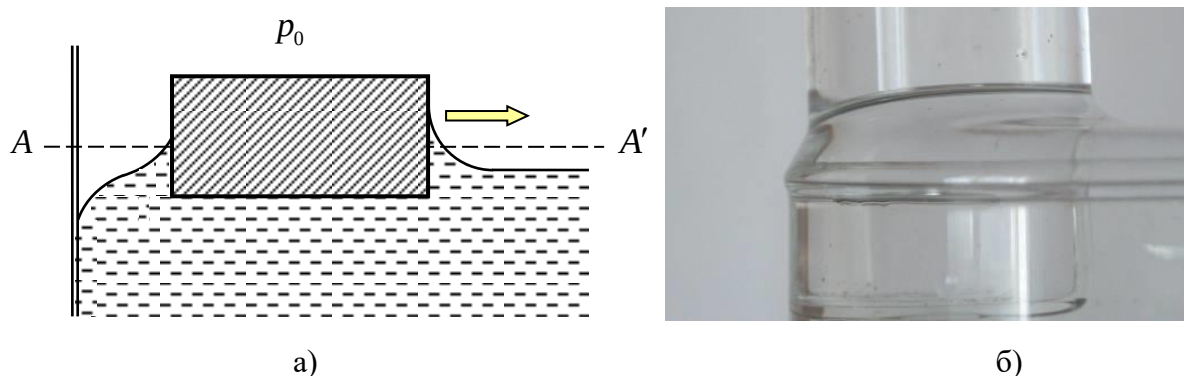


Рис. 4.31. Самоцентрування плаваючого елемента у запропонованій рідинній опорі:

а) фрагмент перерізу; б) фото діючої моделі

З а д а ч а 5. «Саморобний компас». Виготовте саморобний компас, що може стати в нагоді під час подорожі. Його конструкція доволі проста: намагнічена швацька голка, плаваючий елемент (наприклад, кришка від пляшки) та ємність з водою. Намагнітити голку легко, для цього її достатньо піднести до постійного магніту. Якщо ж його немає, можна намотати на голку кілька витків ($20 \div 30$) ізоляваного дроту та підключити на короткий час (≈ 10 с) до батарейки. Завдяки чому намагнічується голка таким чином? *Примітка.* Для створення компаса доцільно використати описану вище самоцентруючу рідинну опору.

Р о з в ' я з а н н я . Приклад реалізації саморобного компаса показано на рис. 4.32. З метою досягнення ефекту самоцентрування воду у склянку налито через край. Завдяки цьому система системи «кришка – голка» розташовується в центрі відкритої поверхні рідини. Якщо вивести таку систему зі стану рівноваги (наприклад, наблизити її до стінок ємності) і облишити, то вона самостійно повернеться в початкове положення (у центр ємності). Такий же результат можна отримати, якщо внутрішню поверхню склянки натерти речовиною, яку вода не змочує (наприклад, парафіном). У такому разі не потрібно наповнювати склянку водою повністю.

Апробація пристрою. На описаний пристрій ми у співавторстві з учнями експериментальної групи отримали патент на корисну модель «Рідинна самоцентруюча опора» (патент України № 82979 [325]). Наведемо формулу цього технічного рішення.

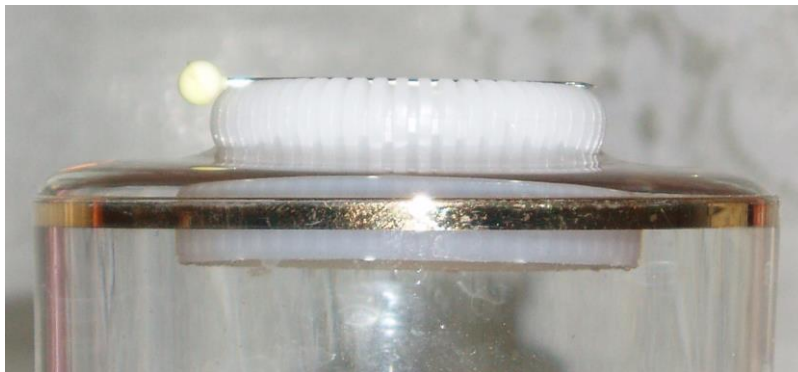


Рис. 4.32. Саморобний компас на основі самоцентруючої рідинної опори

Формула корисної моделі. Рідинна самоцентруюча опора, яка має корпус із підставкою та стійкою, та опорний механізм, який складається з циліндричної ємності з рідиною й розміщеного на її відкритій поверхні плавучого елемента, яка відрізняється тим, що рідина не змочує стінок ємності, а плавучий елемент, виконаний циліндричним, змочується рідиною та має змогу рухатися та самоцентруватися, при цьому діаметр плавучого елемента має такий же порядок, що і внутрішній діаметр ємності.

Порівнюючи запропоновану нами конструкцію рідинної опори з відомими пристроями аналогічного призначення, можна виявити її переваги. Зокрема, це технічне рішення дозволяє: уникати сухого тертя в опорі; запобігти зношенню контактних частин; забезпечити самоцентрування плавучого елемента.

Наприкінці зазначимо, що розглянутий пристрій пройшов експертну оцінку на всеукраїнських учнівських конкурсах, де отримав схвалення. Зокрема, розробка була представлена учнями на таких конкурсах:

- Всеукраїнський конкурс «Intel-Техно Україна» (Національний етап Міжнародного конкурсу науково-технічної творчості школярів Intel ISEF; 2013 р., м. Київ);
- Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідних робіт учнів – членів МАН України (державний етап МАН, 2013 р., м. Київ).

Отже, запропонована нами рідинна самоцентруюча опора для поворотних частин фізичних приладів може бути використана в навчальному обладнанні з

фізичного експерименту, зокрема, там, де необхідно усунути (або принаймні зменшити) сухе тертя. Створені учнями на її основі моделі демонстраційних приладів сприяють унаочненню навчального матеріалу з фізики; є дієвим засобом для посилення інтересу до її вивчення, а також мотивують інших школярів до творчої діяльності.

Висновки до розділу 4

1. Обґрунтовано, що фізичні основи енергозбереження є важливим напрямком інноваційної діяльності учнів, яка може бути організована у процесі навчання фізики. Підґрунтями такого висновку є: пріоритетні завдання сучасної освіти, пов'язані з формуванням в учнів комплексу знань, умінь, ставлень, ціннісних орієнтацій, спрямованих на раціональне використання природних ресурсів та енергії; врахування того, що фізика є теоретичною основою технічних методів в енергозбереженні, а також обов'язковим навчальним предметом у системі середньої освіти.

2. Визначено умови ефективної підготовки учнів до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження:

- використання матеріалу з енергозбереження в навчальному процесі з фізики має відбуватися з урахуванням принципів: реалізації міжпредметних зв'язків; науковості; неперервності освіти у сфері енергозбереження; політехнізму; поєднання глобального, регіонального й краєзнавчого підходів у розв'язанні проблеми енергозбереження;

- використання активних та інтерактивних методів навчання, а також організаційних форм, що уможливають прояв творчої ініціативи учнів як на уроках, так і в позаурочній роботі з фізики;

- посиленням практичної складової в навчальній діяльності учнів, що спрямована на розвиток у них здатності здійснювати енергозберігаючу діяльність (наприклад, у побуті);

- забезпечення виходу на продуктивний рівень навчальної діяльності шляхом збільшення ролі самостійної роботи учнів у навчанні фізики (насамперед, завдяки позаурочній формі організації навчання);

- здійснення цілеспрямованої діагностики рівня сформованості в учнів компетентності у сфері енергозбереження.

3. Запропоновано здійснювати підготовку учнів до інноваційної діяльності з фізичних основ енергозбереження у два етапи: етап оволодіння учнями окремими базовими знаннями та вміннями, що мають відношення до проблеми енергозбереження (перший етап); етап формування в учнів здатності застосовувати набуті знання, вміння, навички та інші якості для розв’язування конкретних фізико-технічних завдань у галузі енергозбереження у процесі творчої діяльності, що має ознаки інноваційної (другий етап). Показано, що дієвим дидактичним засобом для здійснення такої підготовки учнів є система навчально-пізнавальних завдань, структурованих за трьома типами: підготовчі завдання, спрямовані на ілюстрацію вже існуючих розв’язків фізико-технічних завдань у сфері енергозбереження; навчальні фізичні задачі, які передбачають проведення учнями розрахунків певних фізичних величин, що характеризують енергоефективність різних пристроїв; проблемні завдання, які спрямовують учнів до розв’язування певної фізико-технічної задачі з фізичних основ енергозбереження.

4. Виділено методичні прийоми, що дають змогу використовувати задачний метод контролю для здійснення діагностики рівня сформованості в учнів компетентності у сфері фізичних основ енергозбереження. Серед них:

- насичення умов традиційних фізичних задач інформацією, що пов’язана з проблемою енергозбереження (наприклад, використання задач, у яких слід знайти параметри, що характеризують ефективність використання або перетворення енергії: ККД, втрати теплової та електричної енергії тощо);

- використання фізичних задач, що сформульовані на матеріалі конкретної проблемної ситуації з енергозбереження;

– включення до умов задач додаткових (необов'язкових) творчих завдань, які спрямовують учнів до виявлення їх ставлення до розглядуваної в задачі проблемної ситуації; розроблення авторських ідей щодо розв'язання цієї проблеми; виділення можливих напрямків застосування отриманого в задачі результату у сфері енергозбереження.

5. Теоретично обґрунтовано та експериментально доведено ефективність використання створеної автором навчально-наукової лабораторії енергозбереження та енергоефективності (яка діє у ЗНУ) в організації навчального середовища для формування в майбутніх учителів фізики та учнів здатності до інноваційної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження. Виділено відмінні переваги цього навчального середовища, що полягають у поєднанні практичної діяльності учнів у сфері енергозбереження з їх теоретичною підготовкою; у можливості впровадження запропонованих рішень (зокрема, у навчальний процес або господарську діяльність університету); у спілкуванні студентів і учнів з досвідченими фахівцями (співробітниками лабораторії). Виокремлено важливі види навчально-пізнавальної діяльності, які можна реалізувати за допомогою цього навчального середовища. Серед них: науково-дослідна діяльність у сфері фізичних основ енергозбереження; участь у реалізації освітніх програм з енергозбереження; участь у фізико-технічних конкурсах, спеціалізованих виставках, форумах, ярмарках, присвячених енергозбереженню; ознайомлення майбутніх учителів фізики та учнів із сучасним обладнанням; розв'язання навчальних фізичних задач, тематика яких пов'язана з фізичними основами енергозбереження; розроблення методичного забезпечення, спрямованого на формування компетентності у сфері енергозбереження.

6. Розроблено навчальну програму з позашкільної освіти науково-технічного напрямку «Підготовка учнів до інноваційної діяльності (на матеріалі фізики)», що може бути використана вчителями фізики в позаурочній роботі з учнями. Програмою визначені організаційно-змістові засади формування в учнів комплексу знань і здатностей, необхідних для здійснення інноваційної

діяльності. Основними змістовими лініями, що відображені у програмі, є: методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань; основи теорії розв'язування винахідницьких задач; основи охорони інтелектуальної власності; виконання науково-дослідних робіт для участі у фізико-технічних конкурсах.

7. Обґрунтовано, що участь у всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсах створює сприятливі умови для організації інноваційного пошуку учнів, розвитку їх творчих здібностей, а також виявляє значний мотивуючий вплив на подальшу науково-дослідну діяльність під час навчання у ВНЗ. Доповнено спектр організаційних форм позаурочної роботи з фізики шляхом запровадження *Обласного конкурсу юних фізиків для учнів професійно-технічних навчальних закладів* (Запорізька область) та *Міського конкурсу творчих робіт з удосконалення фізичного демонстраційного експерименту* (м. Запоріжжя), основною метою яких є набуття учнями досвіду інноваційної діяльності, популяризація знань з фізики.

8. Виділено складові успішного представлення учнями інноваційних проектів на творчих фізико-технічних конкурсах: в основу роботи має бути покладено красиву й просту ідею; робота повинна бути певним кроком у розв'язанні актуальної проблеми (для міжнародного етапу конкурсу бажано, щоб проблема мала загальносвітове значення); у досягнутих результатах має бути значний особистий внесок учня; наявність в учнів таких особистісних якостей як презентаційні та комунікаційні навички, логічне мислення, володіння англійською мовою.

9. Показано, що для організації учнівської інноваційної діяльності в навчальному процесі з фізики вчитель може використовувати як задачі зі збірників творчих задач, так і формулювати авторські задачі шляхом доопрацювання умов традиційних навчальних фізичних задач або шляхом виокремлення задач, що є частиною теоретичного та експериментального дослідження розроблюваного інноваційного рішення (у процесі інноваційної діяльності учнів).

10. Проілюстровано, що результатами учнівської інноваційної діяльності, яка розгортається у процесі вивчення фізики, можуть бути нові демонстраційні пристрої. Їх створення та впровадження в навчальний процес сприяють активізації навчально-пізнавальній діяльності учнів. Останнє реалізується через постановку цікавих фізичних демонстрацій, розв'язування теоретичних та експериментальних задач; розроблення й дослідження навчальних моделей, що ґрунтуються на інноваційних рішеннях. Створені учнями демонстраційні прилади сприяють унаочненню навчального матеріалу з фізики; є дієвим засобом для посилення інтересу до її вивчення, а також мотивують інших школярів до творчої діяльності.

РОЗДІЛ 5

ОРГАНІЗАЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

5.1. Організація педагогічного експерименту та особливості проведення його констатувального етапу

Етапи проведення педагогічного експерименту. З метою перевірки ефективності розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання було проведено *педагогічний експеримент*. Він складався з наступних трьох етапів.

1. *Констатувальний етап* (2008–2010 рр.). Мета цього етапу полягала у вивченні стану аналізованої проблеми, підтвердженні актуальності теми дослідження, а також у виборі навчальних закладів, на базі яких проводився експеримент. На цьому етапі було також визначено критерії, показники та рівні готовності вчителя до організації інноваційної діяльності учнів.

2. *Пошуковий етап* (2009–2014 рр.). Його мета полягала в розробленні та апробації окремих елементів методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів; у виборі діагностичного інструментарію для з'ясування рівня сформованості у студентів відповідної готовності; у проведенні пілотажного експерименту щодо з'ясування дієвості авторської технології організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики (на прикладі навчально-пізнавальної діяльності у сфері фізичних основ енергозбереження).

3. *Формувальний етап* (2014–2017 рр.). Метою цього етапу була апробація та перевірка ефективності розробленої методичної системи в умовах навчального процесу у вищих навчальних закладах України. За результатами, отриманими на цьому етапі експерименту, було зроблено висновок про прийняття загальної гіпотези дослідження.

Особливості проведення констатувального експерименту. Під час констатувального етапу, що тривав три роки, нами були використані такі

методи проведення педагогічного експерименту: спостереження за навчальним процесом у вищих та загальноосвітніх навчальних закладах; бесіди з викладачами ВНЗ, вчителями загальноосвітніх шкіл, студентами – майбутніми вчителями фізики та учнями; анкетування вчителів фізики та студентів фізичних та фізико-математичних факультетів старших курсів (освітньо-кваліфікаційного рівня магістр та спеціаліст, а також третього, четвертого курсів бакалаврату). Констатувальний експеримент проводився на базі ЗНУ, Херсонського державного університету, Бердянського державного педагогічного університету, а також серед учнів загальноосвітніх навчальних закладів Запорізької області (м. Запоріжжя, Василівський та Пологівський райони). Загалом у цьому етапі взяли участь 331 особа, з них: 23 викладача ВНЗ, 126 учителів, 95 студентів та 87 школярів.

Висновки, що були зроблені під час констатувального експерименту, ґрунтувалися на аналізі процентного розподілу відповідей, поданих учасниками експерименту в анкетах, які мали на меті виявити готовність учителя до організації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики, а також вивчити думки та міркування педагогів щодо труднощів, що стримують організацію інноваційного пошуку учнів.

Розглянемо результати опитування вчителів-практиків (загальноосвітніх шкіл, професійно-технічних навчальних закладів, ВНЗ I–II рівнів акредитації), реалізованого за допомогою анкети, наведеної в додатку Д. Це опитування здійснювалося, здебільшого, під час щорічних обласних (Запорізька область) та міських (м. Запоріжжя) науково-методичних семінарів для вчителів фізики, що проводилися на базі фізичного факультету ЗНУ. Анкетування студентів проходило під час навчального процесу (зокрема, під час настановчих конференцій з педагогічної практики). Загалом у цьому опитуванні взяли участь 86 учителів та 42 студенти. Для отримання більш детальної інформації експериментальна вибірка була розподілена на три групи залежно від досвіду педагогічної діяльності вчителя (табл. 5.1): ЕГ1 – студенти (майбутні вчителі, деякі з них уже працювали на той час у загальноосвітніх навчальних закладах);

ЕГ2 – молоді вчителі (зі стажем роботи до десяти років); ЕГ3 – досвідчені вчителі (зі стажем роботи більше десяти років).

Таблиця 5.1

Розподіл відповідей на питання анкети щодо готовності вчителів до організації інноваційної діяльності учнів

Номер питання в анкеті	Кількість респондентів, що дали позитивну відповідь					
	ЕГ1		ЕГ2		ЕГ3	
	Число респондентів	%	Число респондентів	%	Число респондентів	%
1	38	90	16	94	58	84
2	36	86	16	94	53	77
3	32	76	12	71	48	70
4	21	50	13	76	23	33
5	12	29	5	29	21	30
6	3	7,1	2	12	5	7,2
7	32	76	10	59	52	75
8	9	21	9	53	41	59
9	5	12	11	65	37	54
10	3	7,1	5	29	31	45
11	4	9,5	2	12	15	22
12	2	4,8	4	24	11	16
13	5	12	4	24	23	33
14	3	7,1	4	24	18	26
15	2	4,8	1	6	10	14
Об'єм вибірки: 128 осіб. З них: ЕГ1 – 42 особи; ЕГ2 – 17 осіб; ЕГ3 – 69 осіб						

Зміст наведених в анкеті питань узгоджується з визначеними нами критеріями, показниками та рівнями готовності вчителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів (підрозділ 2.1). Питання 1–4 враховують психологічний компонент готовності (відображає мотиваційно-ціннісний та особистісний аспекти); питання 5–8 – теоретичний (когнітивний) компонент; питання 9–15 – практичний компонент (відображає діяльнісний та рефлексивний аспекти). За допомогою питань 16 та 17 з'ясовувалася особиста думка вчителя щодо чинників, які перешкоджають йому забезпечувати умови для прояву учнями творчої ініціативи у процесі навчання фізики, та щодо можливих напрямів підсилення професійної підготовки майбутнього вчителя фізики до здійснення інноваційної педагогічної діяльності.

За результатами анкетування було виявлено, що близько 87 % учасників експерименту вважають актуальною проблему організації інноваційної діяльності учнів та 82 % виявляють інтерес до здійснення інноваційного пошуку у власній педагогічній діяльності. Разом із цим, суттєво меншою кількість позитивних відповідей була на питання другого (5–8) та третього (9–15) блоків. Малий відсоток позитивних відповідей представників групи ЕГ1 (студенти) на ці питання можна пояснити відсутністю досвіду роботи у школі (або недостатнім рівнем цього досвіду). Проте й у групах ЕГ2 та ЕГ3 відповідні показники залишаються невисокими. Загалом майже в половині респондентів рівень готовності до організації інноваційного пошуку учнів у навчанні фізики (48 %) було оцінено як низький (ЕГ1 – 58 %; ЕГ2 – 46 %; ЕГ3 – 42 %). Серед основних причин цього вчителі вказували на такі:

- відсутність досвіду здійснення інноваційної діяльності (62 %);
- висока завантаженість (52 %);
- відсутність матеріального заохочення (37 %);
- відсутність необхідного навчально-методичного забезпечення (28 %);
- впевненість у тому, що високі результати в навчанні учнів можна досягти й традиційними підходами до здійснення педагогічної діяльності (19 %).

На питання анкети «Що, на Вашу думку, потрібно змінити у процесі професійної підготовки майбутнього вчителя фізики з метою підвищення рівня його готовності до інноваційної педагогічної діяльності (зокрема до організації учнівської інноваційної діяльності)?» учасники експерименту відповіли так: «У навчальних планах підготовки майбутніх учителів слід передбачити спеціальну дисципліну, мета якої – підготовка вчителя до інноваційної педагогічної діяльності» – 48 %; «Слід сприяти участі студентів у науково-дослідницькій та інноваційній діяльності кафедр, навчально-наукових лабораторій, наукових центрів» – 41 %; «Під час навчання в університеті слід організовувати творчі зустрічі (семінари, круглі столи, майстер-класи) студентів з учителями, які досягли певних успіхів у залученні учнів до пошукової діяльності» – 36 %; «До

змісту існуючих дисциплін професійного спрямування слід увести питання, пов'язані з інноватикою та інноваційної педагогічною діяльністю» – 27 %; «Студентів, за їх бажанням, слід залучати до науково-дослідницької та організаційно-педагогічної діяльності з учнями (наприклад, через підготовку учнів до фізико-технічних конкурсів, через виконання спільних інноваційних проектів у навчально-наукових лабораторіях університету)» – 23 %.

Під час спостережень за навчальним процесом у школі та бесід з учнями виявлено, що їх залучення до інноваційної діяльності сприяє формуванню досвіду практичного використання законів фізики, розширює кругозір та посилює інтерес до вивчення предмета. Загалом, констатувальний етап експерименту дав змогу з'ясувати умови та чинники щодо розроблення та апробації окремих елементів методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів. Встановлено, що рівень готовності вчителів (як майбутніх, так і тих, що вже мали досвід педагогічної роботи) до організації інноваційного пошуку учнів у процесі навчання фізики, попри велике зацікавлення цією проблемою, не в усьому відповідає вимогам сучасної освіти щодо забезпечення умов для прояву учнями творчої ініціативи та залучення їх до інноваційної діяльності в реальному навчальному процесі у школі. Це дало нам підстави для проведення наступних етапів педагогічного експерименту.

5.2. Особливості проведення пошукового етапу педагогічного експерименту

Основне завдання пошукового етапу експерименту полягало в розробленні, апробації та удосконаленні елементів методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів. На цьому етапі проведено апробацію авторської технології організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики та вибрано діагностичний

інструментарій для з'ясування рівня сформованості у студентів готовності до організації цієї діяльності.

5.2.1. Запровадження навчальної дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» у процес підготовки майбутніх учителів

Дисципліна «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» постає стрижневим елементом розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів. Під час проведення пошукового педагогічного експерименту було розроблено навчально-методичний комплекс цієї дисципліни, що містить робочу програму, методичне забезпечення лекційних та практичних занять, методичне забезпечення самостійної роботи студентів, методичне забезпечення зворотного зв'язку для здійснення діагностики та коригування результатів їх навчання. Спецкурс упроваджено у процес підготовки майбутніх учителів фізики в ЗНУ (на бакалаврському рівні вищої освіти) [6; 19]. Робочу програму дисципліни (додаток Е) обговорено та схвалено кафедрою фізики та методики її викладання, а також науково-методичною радою фізичного факультету ЗНУ. Розглянемо основні структурно-змістові особливості цієї програми.

Запропонована програма призначена для використання у процесі професійної підготовки студентів предметної спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика) й містить такі структурні елементи: вступ, мету та завдання навчальної дисципліни, опис, зміст, структурний блок дисципліни (останній представлений тематичним планом, тематикою лекційних та практичних занять, а також переліком питань для самостійного опрацювання), індивідуальні творчі завдання, питання до екзамену, список рекомендованої літератури.

У вступі програми пояснюється важливість упровадження дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» у процес професійної

підготовки майбутнього вчителя фізики. Метою викладання цієї дисципліни є формування у студентів – майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі. Ця мета досягається шляхом розв’язання таких основних завдань:

- дати уявлення про основи інноватики як галузі знань, про інноваційну діяльність взагалі та інноваційну діяльність учнів у навчальному процесі з фізики зокрема (насамперед, про її зміст і структуру);

- ознайомити студентів з основними поняттями та положеннями методів пошуку розв’язків творчих фізико-технічних завдань, із прийомами та принципами усунення технічних протиріч, а також з прикладним значенням деяких фізичних явищ та ефектів;

- сформувати уявлення про основи охорони інтелектуальної власності (зокрема, про теоретичні основи патентування передбачуваних винаходів) та правила оформлення учнівських інноваційних проектів;

- сформувати уявлення про місце інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики в загальноосвітній школі;

- ознайомити з методами та прийомами активізації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики;

- сформувати здатність щодо застосування загальних законів фізики для розв’язування простих технічних проблем, а також здатність щодо аналізу та оцінювання запропонованих технічних рішень на предмет можливості їх практичного використання (ефективності, конкурентоспроможності);

- навчити студентів оформлювати заявки на видачу патентів на корисні моделі та винаходи;

- виробити вміння використовувати різні джерела інформації для проведення патентного пошуку;

- сформувати досвід керівництва малими творчими групами учнів, у процесі їх підготовки до участі у всеукраїнських та міжнародних конкурсах фізико-технічного спрямування.

Вивчення цієї дисципліни ґрунтується на знаннях та вміннях студентів, набутих у процесі навчання дисциплін: курсу загальної фізики, «Педагогіка», «Психологія», «Теорія і методика навчання фізики», «Дидактичні засоби навчання фізики», «Наукові основи шкільного курсу фізики» тощо. Вивченню дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» сприятиме також досвід, отриманий студентами під час педагогічної практики. Основні результати, що мають бути досягнуті студентами під час вивчення дисципліни, подані в додатку Е. Ці результати застосовуються у процесі подальшого вивчення таких нормативних курсів як «Наукові основи компетентнісного підходу до навчання фізики», «Методологія науково-педагогічного дослідження» тощо.

На дисципліну відведено 3 кредити (90 годин), із них 40 годин аудиторної роботи (20 годин – лекційні заняття, 20 годин – практичні) та 50 годин самостійної роботи студентів. Змістовий блок дисципліни структуровано за двома розділами, що присвячені відповідно теоретичним та методичним засадам організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики. До кожного з розділів подано перелік тем з їх анотованим змістовим наповненням. Структурний блок програми містить тематичний план дисципліни, орієнтовну тематику лекційних та практичних занять, а також перелік питань, що винесені на самостійне опрацювання студентами.

Основним завданням блоку «Індивідуальні завдання» є розвиток у студентів практичної складової готовності до організації інноваційної діяльності учнів. Кожне індивідуальне завдання спрямоване на розроблення студентами авторських методів, форм та засобів навчання, що ґрунтуються на набутих під час вивчення навчальної дисципліни знань щодо організаційно-педагогічного забезпечення інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики. Виконання індивідуальних завдань є довгостроковим. На початку вивчення дисципліни студент за власним бажанням вибирає одне з поданих завдань, яке потім виконує впродовж семестру. Захист студентських робіт відбувається наприкінці вивчення дисципліни на спеціально відведеному

практичному занятті. Тематичні напрями, окреслені в завданнях, є орієнтовними. За бажанням студент може внести зміни у змісті завдань, узгодивши це з викладачем. Наведемо приклади таких завдань (розширений їх перелік подано в додатку Е).

Завдання 1. Розробити фрагмент навчального заняття (уроку або позаурочного заняття) з вивчення одного з методів пошуку розв'язків фізико-технічних завдань (метод синектики, метод морфологічного аналізу, метод контрольних запитань, метод функціонально-вартісного аналізу, теорія розв'язання винахідницьких задач Г. С. Альтшулера тощо). *Вказівки:* а) бажано передбачити активні форми роботи учнів у процесі ознайомлення з певним методом; б) вивчення методу має містити розгляд прикладів його реалізації.

Завдання 2. Провести удосконалення певного демонстраційного пристрою або запропонувати авторський варіант його конструкції. *Вказівки.* У звіті потрібно виділити недоліки пристрою (аналогу або прототипу) та подати технічний опис запропонованого технічного рішення. Бажано також виготовити його діючу модель.

Завдання 3. Розробити цикл навчальних фізико-технічних завдань, що можна використовувати для залучення учнів до інноваційної діяльності в позаурочній роботі з фізики. *Вказівки.* Формулювання завдання має містити проблемну ситуацію та задачу, яку слід розв'язати.

У розділі «Контроль знань» наведені питання до екзамену (додаток Е).

Отже, під час пошукового етапу педагогічного експерименту розроблено робочу програму дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики». Програма призначена для використання у процесі професійної підготовки студентів предметної спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика). Метою цієї дисципліни є формування у студентів – майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі.

5.2.2. Діагностичний інструментарій для з'ясування рівня сформованості у студентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів з фізики

Для проведення діагностики готовності майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів ми скористалися визначеними в підрозділі 2.1 критеріями, показниками та рівнями цієї готовності. До кожного з критеріїв запропоновано діагностичний індикатор та визначено спосіб фіксації результатів оцінювання. Обґрунтування вибору діагностичного інструментарію підкріплено деякими результатами досліджень, що відображені в монографії [105] та у працях А. В. Хуторського (зокрема, [408]). Розглянемо далі основні діагностичні індикатори, що були використані в дослідженні.

1. Задоволеність навчанням. У психологічних дослідженнях індикатором невеликої «психофізіологічної ціни» діяльності (термін запозичено з монографії [105, с. 44]) є задоволеність нею. За рівнем задоволеності можна судити про успішність професійної діяльності. Тому логічно припустити, що за рівнем *задоволеності навчанням* можна судити про бажання студента-випускника (майбутнього вчителя фізики) брати участь у розробці, реалізації та поширенні інновацій у професійній діяльності та про мотивацію досягнення результатів у процесі цієї діяльності. Усе це узгоджується з показниками психологічного критерію готовності вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів. Отже, задоволеність навчанням є діагностичним індикатором психологічного критерію розглядуваної готовності.

Виділяють кілька аспектів задоволеності діяльністю: задоволеність процесом, результатом, винагородою, умовами, колегами, керівництвом тощо. Відомі опитувальники, що дозволяють встановити рівень кожного з указаних аспектів. У нашому дослідженні з'ясування рівня задоволеності навчанням у студентів проводилося на етапі формування контрольної та експериментальної вибірок (підрозділ 5.3). Для вимірювання задоволеності навчанням було взято за основу опитувальник, поданий у монографії [105, с. 46]. Після внесення

деяких змін у формулюваннях питань (відповідно до особливостей нашого дослідження) він містив десять питань (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Змістові елементи опитувальника задоволеності навчанням

№ з/п	Змістовий аспект	Питання
1	Зміст навчання	Чи вважаєте Ви, що правильно обрали спеціальність?
2	Процес та умови навчання	Чи задоволені організацією та умовами навчання на факультеті?
3	Результат навчання	Чи задоволені Ви професійними знаннями, вміннями, досвідом, набутими у процесі навчання?
4	Організація науково-дослідницької діяльності у процесі навчання	Чи задоволені організацією студентської науково-дослідницької (інноваційної) діяльності у процесі навчання?
5	Досвід професійної діяльності	Чи ставитеся з інтересом до набуття досвіду професійної діяльності під час майбутньої педагогічної практики?
6	Відношення до оцінки викладачів	Чи вважаєте Ви, що викладачі справедливо оцінюють Ваші навчальні досягнення?
7	Самоаналіз власної навчальної діяльності	Чи вважаєте, що докладаете максимум зусиль для здобуття професійних компетентностей?
8	Стосунки з однокурсниками	Чи задоволені Ви стосунками з однокурсниками?
9	Стосунки з викладачами, адміністрацією	Чи задоволені Ви стосунками з викладачами, адміністрацією?
10	Студентське життя та відпочинок	Чи задоволені Ви організацією студентського дозвілля та умовами відпочинку?

2. Академічна успішність. На початку експериментального навчання як індикатор показників теоретичного критерію готовності використовувалась *академічна успішність* студентів (майбутніх учителів фізики). За рівнем цієї успішності (зокрема, за рівнем підготовленості студентів з дисциплін фізико-математичного та психолого-педагогічного напрямів) здійснювалась перевірка відсутності значущих відмінностей у початкових станах контрольної та експериментальної вибірок (підрозділ 5.3). Перевагою розглядуваного індикатора є чіткий кількісний характер та простий спосіб обробки результатів.

3. Продуктивність навчально-наукової діяльності студентів. За цим індикатором можна судити про рівень *практичної* готовності студентів до здійснення інноваційної педагогічної діяльності. Продуктивність навчально-наукової діяльності студентів враховує як її кількісні, так і якісні

характеристики. До *кількісних* ми відносимо результати науково-дослідницької (зокрема інноваційної) діяльності студентів, що засвідчені науковими публікаціями (статтями, патентами тощо), перемогами або участю у всеукраїнських та міжнародних студентських творчих конкурсах фізико-технічного спрямування; результати їх організаційної діяльності, що пов'язана з керівництвом учнями при підготовці їх до учнівських фізико-технічних конкурсів різних рівнів. Додатковими свідченнями успіху в науково-дослідницькій діяльності є заохочення (подяки, нагороди тощо). *Якісні* характеристики продуктивності виявлялися шляхом аналізу *творчих робіт* студентів (зокрема, курсових та кваліфікаційних робіт, тематичний напрям яких був пов'язаний з теорією та методикою навчання фізики, а також інноваційних проектів, виконаних студентом у межах наукової роботи кафедри або лабораторії). Аналіз деяких результатів науково-дослідницької та організаційної діяльності студентів експериментальної групи, що є характеристиками її продуктивності, проведено в пункті 5.2.3.

4. Комплексний показник готовності майбутнього вчителя до організації інноваційної діяльності учнів. Цей показник було використано на етапі перевірки ефективності створеної методичної системи підготовки вчителів. Визначені в підрозділі 2.1 критерії сформованості у студентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів (психологічний, теоретичний, практичний) є внутрішньо узгодженими. Це вказує на необхідність їх *комплексного* врахування у процесі діагностики рівнів сформованості в майбутніх учителів фізики відповідної готовності. Тобто у процесі визначення цієї готовності показники, що відповідають цим критеріям, слід розглядати не окремо, а цілісно – як один *комплексний показник готовності*. З метою збільшення надійності та валідності цього показника, спираючись на результати досліджень [105, с. 47], при визначенні рівня готовності слід знаходити не суму значень, отриманих за трьома індикаторами, а досягнення певного (критичного) значення в кожному з них. Тобто готовність майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів можна

віднести до певного рівня, якщо значення за кожним з трьох індикаторів перевищують визначені для кожного рівня готовності критичні значення. Саме такий підхід використано на формульовальному етапі педагогічного експерименту для оцінювання рівнів сформованості у студентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів (підрозділ 5.3).

5. Освітні результати, здобуті учнями у процесі навчання фізики.

Освітні результати, здобуті учнями під час їх інноваційної діяльності в навчальному процесі з фізики, на нашу думку, є найважливішим індикатором готовності вчителя до організації цієї діяльності. У процесі оцінювання учнівських освітніх результатів було враховано деякі підходи, запропоновані А. В. Хуторським [408, с. 156] для з'ясування рівня розвитку в учнів творчих здібностей. Їх суть полягає в наступному.

Основним параметром оцінки освітніх результатів є ступінь особистісного освітнього приросту учня впродовж певного проміжку часу. Контроль результативності освітньої діяльності учнів (тобто сам освітній приріст учня) здійснюється за аналізом та оцінкою їх освітньої продукції. Її складають, зокрема, підготовлені учнями науково-дослідницькі роботи, виготовлені діючі моделі та макети пристроїв, створені та впроваджені навчальні засоби (демонстраційні пристрої, програмні засоби тощо).

Якість таких освітніх продуктів оцінюється кількістю творчих елементів; ступенем оригінальності елементів; відносною новизною елемента для учня або його однокласників; практичним значенням тощо. Оцінка кожного елемента освітнього продукту може бути кількісною або якісною, бальною або вербальною (проводиться на основі рецензій, відзивів, характеристик тощо). Якісний та кількісний аналіз освітніх результатів, досягнутих учнями – членами експериментальної групи, дав нам підстави зробити висновок щодо ефективності авторської технології організації інноваційної діяльності учнів (пункт 5.2.3).

У нашому дослідженні якість освітньої продукції учнів – членів експериментальної групи визначали зовнішні експерти: члени журі та

представники експертних груп міжнародних і всеукраїнських фізико-технічних конкурсів; співробітники навчально-наукових лабораторій (зокрема, лабораторії енергоефективності та енергозбереження ЗНУ), у яких виконувалися інноваційні проекти; викладачі ВНЗ та вчителі фізики загальноосвітніх шкіл, де проходили апробація та впровадження інноваційних розробок; представники у справах інтелектуальної власності (патентні повірені) Державної служби інтелектуальної власності України та ВНЗ, що проводили експертизу заявок на видачу патентів; члени редакційних колегій наукових видань, у яких було опубліковано деякі результати інноваційної діяльності представників експериментальної групи тощо.

Отже, для оцінювання рівня сформованості у студентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів введено комплексний показник цієї готовності. Він охоплював показники, що відповідають усім трьом критеріям (складовим) готовності: психологічному, теоретичному, практичному, але передбачав з'ясування рівня готовності студента за кожним із них окремо. Загальній готовності студента до організації інноваційної діяльності учнів зіставлявся певний рівень її сформованості, якщо за всіма складовими готовності спостерігалось перевищення певного критичного рівня (відповідна методика оцінювання розглянута в підрозділі 5.3).

5.2.3. Апробація авторської технології організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики

Апробація авторської технології організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики була реалізована шляхом проведення пілотажного експерименту. Базою для нього були: ЗНУ, Комунальний заклад «Запорізький обласний центр науково-технічної творчості учнівської молоді “Грані”» Запорізької обласної ради та деякі загальноосвітні навчальні заклади м. Запоріжжя й Запорізької області. Мета пілотажного експерименту полягала в перевірці дієвості авторської технології, змістову складову якої становив

навчальний матеріал, пов'язаний, насамперед, з фізичними основами енергозбереження.

Експериментальна група для проведення пілотажного експерименту була сформована з учнів – вихованців винахідницького гуртка вищеназваного позашкільного навчального закладу. Цей гурток став своєрідним полігоном для апробації окремих елементів запропонованої технології. Практично всі гуртківці навчалися в загальноосвітніх навчальних закладах м. Запоріжжя та Запорізької області. Насамперед, це: Запорізький багатoproфільний ліцей № 99; Запорізька гімназія № 28; Василівська гімназія «Сузір'я»; Пологівська гімназія «Основа»; Економіко-правничий коледж ЗНУ та інші. Автор був керівником цього гуртка.

Водночас у роботі з учнями активну участь брали студенти фізичного факультету ЗНУ – проводили окремі заняття гуртка (за програмою, що була описана в пункті 4.4.1); працювали з учнями над створенням інноваційних продуктів, які учні потім представляли на всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсах; виконували разом із учнями інноваційні проекти на базі навчально-наукової лабораторії енергоефективності та енергозбереження ЗНУ. Цей педагогічний досвід студенти мали змогу набувати завдяки таким формам навчальної діяльності як педагогічна практика; виконання індивідуальних завдань з дисциплін, що передбачали акцентовану підготовку до інноваційної педагогічної діяльності; науково-дослідницька діяльність, що координується студентським науковим товариством університету.

З метою перевірки ефективності авторської технології організації інноваційної діяльності учнів проведено якісний та кількісний аналіз освітніх результатів, досягнутих учнями – членами експериментальної групи. Цими результатами є: виступи учнів на всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсах; творчі продукти (діючі моделі, макети, програмні засоби тощо), створені ними у процесі експериментального навчання; наукові публікації (зокрема патенти на корисні моделі та статті). Вірогідність

зроблених нами висновків підкріплюється тим, що ці освітні результати фіксувалися незалежними експертами. Саме такі результати розглянуто нижче.

Результати виступу учнів у міжнародних фізико-технічних конкурсах.
Міжнародний конкурс Intel ISEF. У табл. 5.3 наведені результати участі учнів експериментальної групи в національних етапах *Intel ISEF* за п'ять навчальних років (з 2008/09 н. р. по 2012/13 н. р.). Результати виступів наших учнів у міжнародних етапах *Intel ISEF* розглянемо більш докладно.

Таблиця 5.3

Виступ учнів експериментальної групи в національних етапах *Intel ISEF*

Навч. рік	Прізвище та ім'я учня	Назва розробки	Конкурс (категорія)	Результат виступу
2008/2009	Оленев Олександр	Пристрій для вимірювання швидкості й напрямку вітру	<i>Intel-Еко Україна</i> (Фізика та астрономія)	I місце
2009/2010	Копиловський Микола, Коротченко Валерія, Терновой Вадим, Стреляев Олексій	Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти для водометних суден	<i>Intel-Еко Україна</i> (Екологія та проблеми довкілля, енергозберігаючі технології)	III місце
2010/2011	Коротченко Валерія, Стреляев Олексій	Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти, що працює за екологічно чистим та економічно вигідним циклом	<i>Intel-Техно Україна</i> (Інженерія)	III місце
	Умеров Еннан	Хвильова енергетична установка	<i>Intel-Еко Україна</i> (Інженерні науки)	I місце
2012/2013	Фараджев Тимур	Рідинна самоцентруюча опора	<i>Intel-Техно Україна</i> (Фізика)	III місце
2013/2014	Фараджев Тимур	Пристрій для примусової циркуляції теплоносія замкнутим контуром	<i>Intel-Техно Україна</i> (Фізика)	II місце

Intel ISEF – 2009. Здобувши перемогу в національному етапі конкурсу *Intel-Еко Україна* (категорія «Фізика та астрономія»), член нашої експериментальної групи Олександр Оленев (на той час – одинадятикласник Запорізького багатoproфiльного ліцею № 99) отримав можливість представляти Україну в міжнародному фіналі конкурсу з науково-дослідницькою роботою «Пристрій для вимірювання швидкості й напрямку вітру» (Versatile Wind

Velocity and Direction Transducer). Мета цієї роботи полягала в розробленні конструкції анемометра (пристрою для вимірювання швидкості вітру), який був би пристосований до роботи у вітроенергетичних установках і позбавлений деяких недоліків вже існуючих пристроїв аналогічного призначення (передусім, відсутність можливості одночасного вимірювання швидкості та визначення напрямку вітру за допомогою одного пристрою, низька точність через значну кількість механічних з'єднань).

Міжнародний етап *Intel ISEF – 2009* відбувся у травні 2009 р. у м. Рено (штат Невада, США). У секції «Фізика та астрономія» учень посів *III місце* та здобув перемогу ще в кількох номінаціях (зокрема, *Першу премію* Американської метеорологічної асоціації, *Другу премію* Американської асоціації інтелектуальної власності).

Intel ISEF – 2011. Досить вагомим результатом участі в міжнародному етапі конкурсі *Intel ISEF* став виступ десятикласника Еннана Умерова (учня 10 класу Міжводненської загальноосвітньої школи Чорноморського району Автономної республіки Крим). Він представляв розробку «Хвильова енергетична установка з гвинтовим перетворювачем енергії» на 63-му Міжнародному конкурсі *Intel ISEF – 2011*, який проходив у м. Лос-Анджелес (штат Каліфорнія, США). Інноваційний проект учня посів призове IV місце у секції «Виробництво й передача енергії» (рис. 5.1). Технічний опис запропонованої хвильової енергетичної установки та можливі галузі її застосування було розглянуто в пункті 2.4 монографії.

Зазначимо, що підготовка Е. Умерова до участі в конкурсі *Intel ISEF* мала цікаву особливість. Вона повністю проходила *дистанційно*, позаяк на той час учень мешкав у с. Міжводне АР Крим, а його науковий керівник (автор монографії) – у м. Запоріжжя. Успішний виступ учня, між іншим, дає нам підстави говорити про перспективність нової форми організації навчання в методиці фізики – дистанційної форми керування науково-дослідною діяльністю учнів у системі позаурочної роботи з фізики.



Рис. 5.1. Міжнародний етап конкурсу *Intel ISEF* – 2011
(США, штат Каліфорнія, м. Лос-Анджелес, 2011 р.)

Спостереження за подальшим навчанням та розвитком учнів, які брали участь у міжнародних конкурсах, дозволяють стверджувати, що такі масові заходи виявляють значний мотивуючий вплив на їх подальшу науково-дослідну діяльність у ВНЗ (уже як студентів). Окрім того, деякі з учнів активно залучаються до науково-організаційної діяльності: беруть участь у роботі юніорського журі, допомагають у проведенні національних етапів конкурсів тощо. Наступний приклад є показовим. П'ять років поспіль координатором конкурсу «*Intel-Техно Україна*» (національного етапу міжнародного конкурсу *Intel ISEF*) був фіналіст *Intel ISEF* – 2006 М. А. Дмитренко. А координатором конкурсу «*Intel-Еко Україна*» є фіналіст *Intel ISEF* – 2009 О. М. Оленєв. Обидва координатори є колишніми учнями – представниками нашої експериментальної групи.

Міжнародний конкурс I-SWEEEP. У 2010 р. в конкурсі взяли участь учні з 69 країн світу та 43 штатів США. Загальна кількість зареєстрованих проектів – 1802, із них до Міжнародного етапу потрапило 478. Серед фіналістів було 68 проектів юніорської категорії та 410 – старшої (311 проектів із різних куточків США, 167 з інших країн світу). Загальна кількість учасників складала 651.

Україна у 2009/10 навчальному році вперше взяла участь у конкурсі *I-SWEEEP* (рис. 5.2). До складу української делегації увійшли переможці

національного етапу конкурсу «Intel Еко-Україна 2010» – учні експериментальної групи: Олексій Стреляєв (учень 10 класу Запорізького багатoproфільного ліцею № 99) та Вадим Терновой (студент першого курсу Економіко-правничого коледжу ЗНУ, спеціальність «Розробка програмного забезпечення»).



а)

б)

Рис. 5.2. Виступ української команди у I-SWEEP 2010

(США, штат Техас, м. Хьюстон, 2010 р.):

а) загальний вигляд стенду (постеру); б) процес стендового захисту

Інноваційний проект мав назву «Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти для водометних суден» (Heat engine with an external heat supply, which works on environmentally clean and economically beneficial cycle). Представники української делегації отримали сертифікати I-SWEEP 2010 за участь та суттєвий внесок у розвиток Міжнародної олімпіади проектів на тему «Покращення довкілля». Їх проект був присвячений проблемі підвищення екологічних показників і спрощення конструкції теплових двигунів. Метою роботи було розроблення пристрою для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну. Докладніше про конструкцію та принцип дії двигуна йшлося в пункті 4.5.2.

Міжнародний конкурс SJWP. Учням нашої експериментальної групи неодноразово вдавалося не лише перемагати в національних етапах цього

конкурсу, але й брати участь у його міжнародних етапах. Їх проекти стосувалися, зокрема, проблеми використання хвиль на поверхні водоймищ як поновлюваного джерела енергії, а також проблеми очищення промислових стічних вод [35].

Міжнародні виставки. У 2012 р. проходила міжнародна виставка-ярмарок *VIII Міжнародний Салон винаходів та нових технологій «Новий час»* (27–28 вересня 2012 р., м. Севастополь). У виставці взяли участь делегації з 33 країн світу [441]. Загалом було представлено 560 розробок (більшість із яких – закордонні). У межах виставки проходив *VII Міжнародний етап конкурсу молодіжних інновацій та розробок «Новий час»*. На цьому конкурсі членами експериментальної групи – Вадимом і Владиславом Терновими (студенти четвертого курсу Економіко-правничого коледжу ЗНУ, спеціальність «Розробка програмного забезпечення») – було представлено розробку «Хвильова енергетична установка для автономного електропостачання сигнальних буїв». Їх виступ був відзначений *золотою медаллю* (додаток Б) та офіційним призом Салону «Морські технології» (а також спеціальним призом – річною передплатою на журнал «Винахідник і раціоналізатор») (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Виступи учнів експериментальної групи в конкурсах-виставках

Навч. рік	Назва конкурсу-виставки	Прізвище й ім'я учасника	Результат виступу
2010/2011	Міжнародний конкурс-виставка науково-дослідницьких робіт учнів «Ученые будущего» (м. Москва, Росія; організатори: Московський державний університет та корпорація Intel)	Копиловський Микола, Коротченко Валерія	II місце
2011/2012	Всеукраїнська виставка-конкурс пошуково-дослідницьких та конструкторських робіт з енергозбереження учнів МАН України (м. Київ)	Копиловський Микола	I місце
	Всеукраїнська науково-технічна виставка молодіжних інновацій та творчих проєктів «Майбутнє України» (м. Київ)	Мусієнко Ярослав, Котов Денис	II місце
2012/2013	VIII Міжнародний Салон винаходів та нових технологій «Новий час» (м. Севастополь)	Терновой Вадим, Терновой Владислав	Золота медаль
	Міжнародна Варшавська виставка-ярмарок розробок винахідників та раціоналізаторів – 2012 (м. Варшава, Польща)		Золота медаль

Свій виступ з діючою моделлю хвильової енергетичної установки студенти продовжили на *Міжнародній Варшавській виставці-ярмарку розробок винахідників та раціоналізаторів – 2012* (жовтень 2012 р., м. Варшава, Польща). Їх розробка також була відзначена золотою медаллю (додаток В).

Результати виступу учнів у всеукраїнських фізико-технічних конкурсах. Всеукраїнські конкурси винахідницького спрямування. У цьому підпункті подамо результати участі учнів експериментальної групи у двох конкурсах: Всеукраїнському турнірі юних винахідників і раціоналізаторів (табл. 5.5) та Всеукраїнському конкурсі юних раціоналізаторів та винахідників «Природа – людина – виробництво – екологія» (табл. 5.6).

Таблиця 5.5

Виступ команди Запорізької області «Грані-2» на XIII Всеукраїнському турнірі юних винахідників і раціоналізаторів (2010 р.)

Прізвище та ім'я члена команди	Клас	Результат виступу команди	
		Командна першість	Особиста першість
Терновой Владислав (капітан команди)	11	III місце	1. Терновой Владислав – почесна грамота за творчий підхід до розв'язання винахідницьких задач;
Терновой Вадим	11		2. Терновой Вадим – почесна грамота за творчий підхід до розв'язання винахідницьких задач;
Стреляєв Олексій	11		3. Коротченко Валерія – почесна грамота за майстерне ведення дискусії
Коротченко Валерія	11		

Таблиця 5.6

Виступи учнів у Всеукраїнському конкурсі юних раціоналізаторів та винахідників «Природа – людина – виробництво – екологія»

Навч. рік	Прізвище та ім'я учня	Назва розробки	Секція	Результат виступу
1	2	3	4	5
2008/ 2009	Стреляєв Олексій	Пристрій для використання енергії хитання деревоподібної рослини	Фізика	Перемога в номінації «за неординарну творчу розробку»
	Лісікова Вікторія	Лабораторні роботи з фізики із творчими завданнями	Фізика	Перемога в номінації «за високу прикладну спрямованість розробки»

Продовження табл. 5.6

1	2	3	4	5
2009/ 2010	Терновой Владислав	Оптичний звукознімач для струнних музичних інструментів	Фізика	Абсолютна перемога в секції
	Кутик Віктор	Демонстраційний магазин опорів	Фізика	Перемога в номінації «за високу прикладну спрямованість розробки»
	Копиловський Микола, Терновой Вадим	Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти для водометних суден	Екологічно безпечні технології	Абсолютна перемога в секції
2010/ 2011	Котов Денис	Хвильова енергетична установка з гвинтовим перетворювачем енергії	Фізика	Абсолютна перемога в секції
	Тричев Андрій	Методика розрахунку зменшення втрат теплової енергії внаслідок використання теплового екрана та металопластикових вікон	Фізика	Перемога в номінації «за високу прикладну спрямованість розробки»

Наукові публікації учнів і студентів експериментальної групи. У пункті 4.4.1 була розглянута навчальна програма курсу «Підготовка учнів до інноваційної діяльності (на матеріалі фізики)» з позашкільної освіти науково-технічного напрямку. Апробація цієї програми здійснювалася у Комунальному закладі «Запорізький обласний Центр науково-технічної творчості “Грані”» Запорізької обласної ради. Ефективність програми щодо організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики засвідчується, насамперед, створеними учнями експериментальної групи творчими продуктами (способи досягнення корисного ефекту та пристрої), окремі з яких підтверджені охоронними документами (зокрема, патентами на корисну модель) та оприлюднені в періодичних виданнях (табл. 5.7).

**Перелік патентів та наукових статей, співавторами яких
є учні й студенти**

Навч. рік	Назва винаходу або статті	Співавтори (учні або студенти)	Дані про патент або статтю
2008/ 2009	Демонстраційний магазин опорів	Голубев Павло, Попов Андрій, Івашкевич Ярослав	Патент України № 44726
	Анемометр	Оленев Олександр	Патент України № 43782
	Пристрій для електрохімічного очищення промислових стічних вод від ціанідів та ароматичних вуглеводнів (фенолів)	Голубенко Анастасія	Хімічна промисловість України. – 2009. – № 3. – С. 55–59.
2009/ 2010	Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти	Копиловський Микола, Терновой Вадим, Терновой Владислав, Коротченко Валерія, Стреляєв Олексій	Патент України № 58209
	Хвильова енергетична установка	Терновой Вадим, Терновой Владислав, Ольховик Ілля, Умеров Еннан	Патент України № 59023
2012/ 2013	Хвильова енергетична установка	Котов Денис	Енергосбережение. – 2012. – № 9. – С. 13–15.
	Хвильова енергетична установка	Терновой Вадим, Терновой Владислав	Винахідник і раціоналізатор «Наука і техніка» – 2012. – № 3 (114). – С. 10–11.
2013/ 2014	Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну	Тричев Андрій, Котов Денис	Патент України № 78031
	Рідинна самоцентруюча опора	Фараджев Тимур	Патент України № 82979
	Пристрій для демонстрації перетворення енергії	Котов Денис, Тричев Андрій	Патент України № 85622
	Система опалення	Фараджев Тимур	Патент України № 91992

Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України. Досвід підготовки учнів до всеукраїнських і міжнародних творчих конкурсів дає нам підстави виділити Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України як такий, що створює особливо сприятливі умови для організації інноваційного

пошуку учнів. Результати участі учнів експериментальної групи в обласних і державних етапах цього конкурсу наведені відповідно в таблицях 5.8 та 5.9.

Таблиця 5.8

**Виступи учнів на обласних конференціях МАН
(Запорізьке відділення МАН)**

Навч. рік	Прізвище та ім'я учня, клас	Тема роботи	Секція	Місце
1	2	3	4	5
2008/ 2009	Колісниченко Артем, 9	Установка для демонстрації механічних коливань	Фізика	III
	Оленєв Олександр, 11	Пристрій для вимірювання швидкості й напрямку вітру	Електроніка та приладобудування	I
	Стреляєв Олексій, 9	Пристрій для використання енергії хитання деревоподібної рослини	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	III
	Дереведмідь Олег, 9	Використання явища теплового розширення тіл у техніці (на прикладі розробки теплового двигуна)	Машинобудування та робототехніка	III
2009/ 2010	Рагімова Дарина, 11	Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти для водометних суден	Експериментальна фізика	I
	Стреляєв Олексій, 10	Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти, що працює за екологічно чистим та економічно вигідним циклом	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	II
	Дереведмідь Олег, 10	Демонстраційний магазин опорів	Електроніка та приладобудування	III
	Котов Денис, 8	Хвильова енергетична установка з рушієм	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	III
2010/ 2011	Ольховик Ілля, 9	Хвильова енергетична установка	Експериментальна фізика	I
	Тричев Андрій, 9	Методика розрахунку економії теплової енергії внаслідок встановлення теплових екранів та металопластикових вікон на прикладі індивідуального господарства	Технологічні процеси та перспективні технології	I
	Котов Денис, 9	Хвильова енергетична установка з гвинтовим перетворювачем енергії	Машинобудування та робототехніка	II
	Стреляєв Олексій, 11	Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти, що працює за екологічно чистим та економічно вигідним циклом	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	III
	Коколенко Артур, 9	Демонстраційний магазин опорів та його застосування при навчанні фізики	Експериментальна фізика	III
2011/ 2012	Капленко Олексій, 11	Самоцентрувальна рідинна опора	Науково-технічна творчість та винахідництво	I

Продовження табл. 5.8

1	2	3	4	5
	Тричев Андрій, 10	Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну	Електроніка та приладобудування	I
	Котов Денис, 10	Хвильова енергетична установка для електропостачання світлосигнальних навігаційних пристроїв	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	I
	Турко Микита, 10	Розрахунок зменшення втрат теплової енергії внаслідок використання теплових екранів	Теоретична фізика	I
	Ольховик Ілля, 10	Хвильова енергетична установка з гвинтовим перетворювачем енергії	Експериментальна фізика	II
	Коколенко Артур, 10	Використання теплоізоляційних матеріалів як спосіб енергозбереження в індивідуальному господарстві	Технологічні процеси та перспективні технології	II
	Капленко Микола, 9	Явище поверхневого натягу та його застосування в техніці	Експериментальна фізика	III
2012/ 2013	Тричев Андрій, 11	Пристрій для перетворення теплової енергії в механічну та його використання у техніці та у навчальному процесі з фізики	Науково-технічна творчість та винахідництво	I
	Котов Денис, 11	Пристрій для перетворення енергії хвиль на поверхні водоймищ та його використання в техніці та в навчальному процесі з фізики	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	I
	Коколенко Артур, 11	Використання явища поверхневого натягу для створення рідинної самоцентруючої опори	Технологічні процеси та перспективні технології	II
2013/ 2014	Капленко Микола, 11	Установка «Китовий вус» для очищення стічних вод від нафтопродуктів	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	I
	Киричек Данило, 11	Демонстраційний пристрій для експериментальної підтримки вивчення коливань	Електроніка та приладобудування	I
	Фараджев Тимур, 11	Пристрій для примусової циркуляції теплоносія замкнутим контуром	Технологічні процеси та перспективні технології	I
	Шевченко Микола, 11	Теоретичне та експериментальне дослідження пристрою для перетворення теплової енергії в механічну	Теоретична фізика	III
2014/ 2015	Зубарєв Олександр, 8	Фізичні задачі з енергозбереження (на прикладі розділу «Механіка»)	Технологічні процеси та перспективні технології	II
	Зубарєв Євгеній, 8	Фізичні задачі з енергозбереження (на прикладі розділів «Молекулярна фізика та термодинаміка», «Оптика»)	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	III

1	2	3	4	5
	Здорик Микола, 8	Портативний вітровий двигун	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	III
	Лобач Данило, 8	Нестандартні способи вимірювання маси тіла	Електроніка та приладобудування	III
	Блохіна Дар'я, 9	Вітровий двигун з автоматичною стабілізацією частоти обертання	Технологічні процеси та перспективні технології	III
	Петрова Поліна, 9	Нестандартні способи вимірювання опору резистора	Науково-технічна творчість та винахідництво	III
	Карнаух Максим, 11	Дослідження ефекту самоцентрування рідинної опори	Експериментальна фізика	III
2015/ 2016	Зубарев Олександр, 9	Сигналізатор протікання води	Технологічні процеси та перспективні технології	III
	Зубарев Євгеній, 9	Пристрій для вимірювання магнітного поля вздовж головних осей симетрії постійних магнітів	Електроніка та приладобудування	III
	Здорик Микола, 9	Пристрій для автономного живлення малопотужних приладів	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	III
	Лобач Данило, 9	Нестандартні способи вимірювання маси й густини тіла	Науково-технічна творчість та винахідництво	III
	Семенов Ілля, 10	Дослідження магнітного поля вздовж головних осей симетрії постійних магнітів	Теоретична фізика	III
	Буджеліда Амін, 10	Пристрій для екранування електромагнітних хвиль	Інформаційно-телекомунікаційні системи та технології	III
2016/ 2017	Здорик Микола, 10	Удосконалений демонстраційний магазин ємностей та його застосування	Перспективні технології	II
	Лобач Данило, 10	Рідинний акселерометр зі змінною чутливістю	Електроніка та приладобудування	II
	Заставський Микита, 10	Пристрій для вимірювання індукції магнітного поля постійних магнітів	Машинобудування та робототехніка	II
	Зубарев Євгеній, 10	Використання явища теплового розширення тіл для створення двигунів	Науково-технічна творчість та винахідництво	III
	Зубарев Олександр, 10	Хвильова енергетична установка для підзарядки малопотужних пристроїв	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	III
	Алієв Роман, 10	Пристрій для регулювання температури та її стабілізації	Інформаційно-телекомунікаційні системи та технології	III
	Отрошко Денис, 11	Теоретичне дослідження пристрою для екранування електромагнітних хвиль мобільного телефонного зв'язку	Теоретична фізика	III

Таблиця 5.9

Виступи учнів на заключних (державних) етапах конференцій МАН

Навч. рік	Прізвище та ім'я учня, клас	Тема роботи	Секція	Місце
2008/2009	Оленів Олександр, 11	Пристрій для вимірювання швидкості й напрямку вітру	Електроніка та приладобудування	II
	Стреляєв Олексій, 9	Пристрій для використання енергії хитання деревоподібної рослини	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	III
2009/2010	Рагімова Дарина, 11	Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти для водометних суден	Машинобудування та робототехніка	I
2010/2011	Тричев Андрій, 9	Методика розрахунку економії теплової енергії внаслідок встановлення теплових екранів та металопластикових вікон на прикладі індивідуального господарства	Перспективні технології	III
	Котов Денис, 9	Хвильова енергетична установка з гвинтовим перетворювачем енергії	Машинобудування та робототехніка	III
2011/2012	Турко Микита, 10	Розрахунок зменшення втрат теплової енергії внаслідок використання теплових екранів	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	II
	Котов Денис, 10	Хвильова енергетична установка для електропостачання світлосигнальних навігаційних пристроїв	Електроніка та приладобудування	II
	Тричев Андрій, 10	Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну	Перспективні технології	III
2012/2013	Котов Денис, 11	Пристрій для перетворення енергії хвиль на поверхні водоймищ та його застосування у техніці та в навчальному процесі з фізики	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	II
	Тричев Андрій, 11	Пристрій для перетворення теплової енергії в механічну та його використання в системах опалення та демонстраційному експерименті з фізики	Науково-технічна творчість та винахідництво	III
2013/2014	Капленко Микола, 11	Установка «Китовий вус» для очищення стічних вод від нафтопродуктів	Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження	I
	Фараджев Тимур, 11	Пристрій для примусової циркуляції теплоносія замкнутим контуром	Перспективні технології	II
	Киричек Данило, 11	Демонстраційний пристрій для експериментальної підтримки вивчення коливань	Електроніка та приладобудування	III

До умов, що сприяють організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх підготовки до конкурсу МАН, слід віднести такі:

1. Наявність значної кількості секцій, за якими учні можуть представляти свої розробки. Наприклад, на відділенні технічних наук діють сім секцій: Технологічні процеси та перспективні технології; Електроніка та приладобудування; Матеріалознавство; Авіа- та ракетобудування, машинобудування і робототехніка; Інформаційно-телекомунікаційні системи та технології; Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження; Науково-технічна творчість і винахідництво. Відділення фізики й астрономії представлене чотирма секціями, із них найбільше значення для організації інноваційної діяльності учнів мають секції теоретичної та експериментальної фізики. Значна кількість секцій дає нагоду учителеві залучати до участі в конкурсі великий колектив учнів (наприклад, з одного гуртка або класу), які не конкурують між собою.

2. У конкурсі можуть брати участь учні 9–11 класів (восьмикласники також можуть брати участь за умови написання контрольної роботи з базової дисципліни за програмою дев'ятого класу). Це дає змогу вчителю створювати різновікові творчі групи учнів.

3. Підсумковий результат участі в конкурсі визначається за кількома показниками: знання навчального матеріалу з базової дисципліни (фізики або математики); якість підготовленої науково-дослідницької роботи; здатність презентувати свою розробку тощо. При оцінюванні виступу учня враховується думка кількох експертів (членів журі). Усе це підвищує об'єктивність результату.

4. Участь у конкурсі стимулюється на державному рівні, зокрема через додаткові бали, що отримують учні – переможці заключного (державного) етапу конкурсу при вступі до ВНЗ.

У керівництві науково-дослідною роботою учнів активну участь брали студенти – майбутні вчителі фізики. Цю роботу вони мали нагоду виконувати або під час проходження педагогічної практики, або як складову частину індивідуальної роботи з дисципліни «Теорія і методика навчання фізики». До такої діяльності студенти залучалися лише за власним бажанням. Зазвичай за

кожним із них закріплювався один-два учні. Роботи виконувалися у навчальних лабораторіях кафедри фізики та методики її викладання, а також на базі навчально-наукової лабораторії енергоефективності та енергозбереження ЗНУ.

Значна кількість учнів – призерів конкурсу, що підсилюється високим рівнем об'єктивності оцінювання їх виступів, є одним із показників ефективності авторської технології організації учнівської інноваційної діяльності зокрема та відповідної методичної системи підготовки вчителя фізики взагалі. З метою обґрунтування значущості наведених кількісних показників проведено їх статистичний аналіз. Спочатку розглянемо його особливості за результатами обласного етапу конкурсу.

За період з 2008/09 н. р. по 2016/17 н. р. кількість виступів учнів з експериментальної групи в обласному етапі склала вибірку об'ємом $n = 50$. Із цих виступів 47 були відзначені дипломами I–III ступенів (рис. 5.3, а). Згідно з правилами проведення конкурсу на обласному та державному його етапах переможцями можуть стати (тобто отримати дипломи I–III ступенів) до половини учасників у кожній секції. Припустивши, що всі конкурсанти мають однаковий рівень підготовленості до участі в конкурсі, можна вважати, що ймовірність p події «учень став переможцем певного етапу конкурсу» є однаковою для кожного з них:

$$p = 0,5.$$

Теоретичне середнє число переможців у вибірці об'ємом n (теоретична частота успіху) дорівнює:

$$m_{\text{теор}} = \bar{m} = n \cdot p.$$

У нашому випадку $n = 50$, тому $m_{\text{теор}} = 50 \cdot 0,5 = 25$. За результатами ж обласних етапів конкурсу число учнів експериментальної групи, що стали переможцями (емпірична частота успіху) дорівнює:

$$m_{\text{емп}} = 47.$$

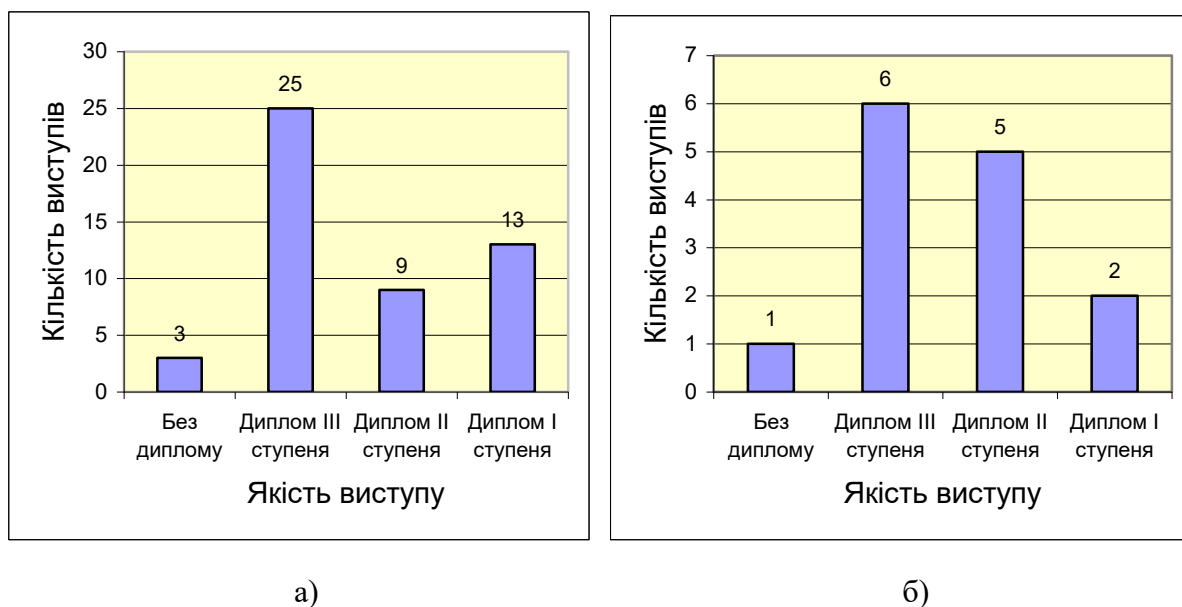


Рис. 5.3. Діаграми результатів виступу учнів в обласних (а) та державних (б) етапах Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України (2008–2016 рр.)

Виконання умови $m_{\text{емп}} > m_{\text{теор}}$ дає підстави для висунення нульової (H_0) та конкуруючої (H_1) гіпотез у такому формулюванні:

H_0 : Перевищення кількості переможців у вибірці над їх теоретичним середнім числом є випадковим (статистично незначущим): $m_{\text{емп}} = m_{\text{теор}}$.

H_1 : Перевищення кількості переможців у вибірці над їх теоретичним середнім числом не є випадковим (є статистично значущим): $m_{\text{емп}} > m_{\text{теор}}$.

Для перевірки нульової гіпотези було використано *біноміальний критерій* (методика його використання докладно описана О. В. Сидоренко [349, с. 177]). Він дозволяє з'ясувати, чи можна вважати статистично значущим перевищення емпіричної частоти даного ефекту над її теоретичним значенням. Критичне значення біноміального критерію для вибірки об'ємом $n = 50$ та ймовірності $p = 0,5$ дорівнює $m_{\text{кр}} = 32$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$ [349, с. 339].

Згідно з принципом перевірки статистичних гіпотез (що проводиться за допомогою біноміального критерію), нульова гіпотеза відхиляється при рівні значущості α , якщо емпіричне значення критерію $m_{\text{емп}}$ перевищує його критичне значення – $m_{\text{кр}}$. Для досліджуваної вибірки $m_{\text{емп}} > m_{\text{кр}}$ при $\alpha = 0,05$.

Тому нульову гіпотезу відхилено при рівні значущості $\alpha = 0,05$ і прийнято конкуруючу.

Статистичний аналіз результатів виступу учнів експериментальної групи на державних етапах Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України було проведено за аналогічною методикою. Загальна кількість учасників державних етапів конкурсу від експериментальної групи (об'єм вибірки) складала $n = 14$. Із них стали переможцями (рис. 5.3, б) $m_{\text{емп}} = 13$. Формулювання гіпотез для цього випадку повністю збігається з наведеними вище. Критичне значення біноміального критерію (при $n = 14$, $p = 0,5$ та рівні значущості $\alpha = 0,05$) дорівнює $m_{\text{кр}} = 11$ [349, с. 338].

Отже, і в цьому випадку $m_{\text{емп}} > m_{\text{кр}}$, що дозволило відхилити при рівні значущості $\alpha = 0,05$ нульову гіпотезу про випадковість досягнення учнями високих результатів на державних етапах конкурсу.

Проведений статистичний аналіз дозволяє зробити висновок про те, що високі результати виступу учнів з експериментальної групи на обласному та державному етапах Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України не є випадковими, адже вони мали більш високий рівень підготовленості до конкурсу, порівняно з іншими учнями.

Отже, освітні результати, здобуті учнями експериментальної групи під час пілотажного експерименту, вказують на дієвість авторської технології організації інноваційного пошуку учнів у навчальному процесі з фізики, а також дають підстави для висунення гіпотези про ефективність розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів до організації інноваційної діяльності учнів. Перевірку цієї гіпотези здійснено під час формувального етапу педагогічного експерименту.

5.3. Організація та аналіз результатів формувального етапу педагогічного експерименту

Заключний, формувальний, етап педагогічного експерименту проводився впродовж 2014–2017 років. На цьому етапі здійснювалася апробація методичної системи підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів, що проходила в умовах педагогічного процесу у ВНЗ України. Під час апробації з'ясовувалася ефективність розробленої методичної системи та перевірялася загальна гіпотеза дослідження. Базою для проведення формуючого педагогічного експерименту були: ЗНУ, Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, Бердянський державний педагогічний університет, Криворізький державний педагогічний університет, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, Херсонський державний університет. Організація формувального експерименту та статистичний аналіз його результатів проведено відповідно до методик, описаних М. І. Грабарем, К. О. Краснянською [136], Д. О. Новіковим [270], О. В. Сидоренко [349], С. О. Сисоєвою, Т. Є. Кристопчук [352].

У структурі формувального педагогічного експерименту виділено такі основні етапи:

1. Формування експериментальної та контрольної вибірок; перевірка відсутності статистично значущої відмінності в їх початкових станах.
2. Проведення експериментального навчання, під час якого експериментальна вибірка зазнавала цілеспрямованого впливу методів, засобів, форм навчання відповідно до розробленої методичної системи підготовки вчителів. Студенти, які представляли контрольну вибірку, навчалися за традиційною методикою.
3. Встановлення статистично значущих відмінностей у рівнях сформованості у студентів експериментальної та контрольної вибірок готовності до організації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики.

Формування експериментальної та контрольної вибірок. Для проведення формувального експерименту були визначені 6 експериментальних та 6 контрольних академічних студентських груп. Із цих груп були сформовані дві вибірки: експериментальна та контрольна. Для виконання умови їх репрезентативності було використано метод типового відбору студентів [352, с. 241] (тобто відбір студентів здійснювався не з усієї генеральної сукупності, а з її типових частин – академічних груп). Вибір цього методу відбору обумовлюється тим, що досліджувана ознака (зокрема, успішність студента, його готовність до організації інноваційної діяльності учнів) могла істотно відрізнятися в різних академічних групах. Відбір студентів з кожної групи здійснювався простим випадковим способом.

У результаті відбору до складу контрольної вибірки увійшли 114 студентів ($n_1 = 114$) з чотирьох ВНЗ: із ЗНУ – 26 студентів, з Бердянського державного педагогічного університету – 25 студентів, з Криворізького державного педагогічного університету – 27 студентів, з Херсонського державного університету – 36 студентів. Експериментальна вибірка була сформована зі студентів фізичного факультету ЗНУ. Її обсяг склав 96 студентів ($n_2 = 96$).

Перед початком експериментального навчання було доведено, що експериментальна та контрольна вибірки не мали статистично значущих відмінностей у рівнях предметної підготовленості студентів та в їх мотиваційному ставленні до навчання, що є підґрунтям для формування у студентів готовності до інноваційної педагогічної діяльності.

Мотиваційне ставлення студента до навчання з'ясовувалось ще на етапі формування вибірок. Діагностичним індикатором цього ставлення було вибрано задоволеність навчанням, яка перевірялась за допомогою опитувальника, поданого в підрозділі 5.2. Анкета містила 10 запитань, кожне з яких передбачало лише два варіанти відповіді: «так» або «ні». Позитивній відповіді приписувалося значення «+1», негативній – «-1». Оскільки мета цього анкетування полягала лише у відборі студентів, які задоволені своїм навчанням, вимірювання проводилися за дихотомічною шкалою з градаціями:

«задоволений» або «незадоволений». Якщо сумарна кількість балів виявлялася невід’ємною, то вважалося, що студент задоволений навчанням, якщо – від’ємною, то – незадоволений (така відповідність між кількістю балів і ознакою «задоволений» або «незадоволений» було визначено під час попереднього експерименту). Студенти, які виявились з різних причин незадоволеними навчанням, до вказаних вибірок не включались.

Оскільки операція обчислення середнього арифметичного не є коректною для значень порядкової шкали (для цієї шкали операція суми не визначена), показник предметної підготовленості кожного студента визначено шляхом агрегування бальних оцінок з використанням матриць згортки [270, с. 25]. Відповідно до цього методу спочатку була визначена структура агрегованого показника предметної підготовленості студента (рис. 5.4). Він будувався за показниками фізико-математичної та психолого-педагогічної підготовки. Показник же фізико-математичної підготовки визначався шляхом агрегування показників успішності вивчення фізичних і математичних дисциплін. Останні показники, а також показник психолого-педагогічної підготовки знаходилися методом агрегування бальних оцінок з відповідних дисциплін за допомогою матриць згортки (рис. 5.5).

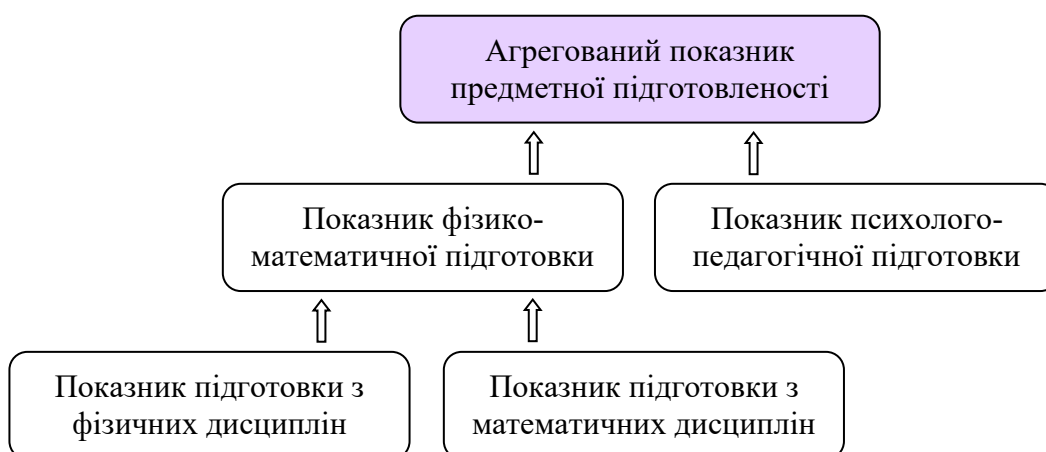


Рис. 5.4. Структура агрегованого показника предметної підготовленості студентів на початку експерименту

Оскільки основна фаза експериментального навчання починалася з вивчення дисципліни «Теорія і методика навчання фізики» з акцентованою підготовкою студентів до інноваційної педагогічної діяльності, оцінювання індивідуальних показників предметної підготовленості студентів проводилося за обраними дисциплінами, що вивчалися в першому – четвертому семестрах (бакалаврський освітній ступінь). У випадку агрегування балів за двома дисциплінами, відповідна матриця згортки є двовимірною:

$$A = \|a_{ij}\|,$$

де a_{ij} – оцінка агрегованого показника, що визначається за балами i та j двох дисциплін (бали визначались за порядковою шкалою з градаціями: «3» – задовільно, «4» – добре, «5» – відмінно). Тому для зручності серед дисциплін фізико-математичного напрямку були вибрані дві математичні («Математичний аналіз», «Лінійна алгебра та аналітична геометрія») та дві фізичні («Механіка», «Молекулярна фізика») дисципліни. Психолого-педагогічний напрям був представлений дисциплінами «Педагогіка» та «Психологія».

Механіка	5	4	4	5
	4	3	4	4
	3	3	3	4
	3	4	5	
Молекулярна фізика				

Математичний аналіз	5	4	5	5
	4	4	4	4
	3	3	3	4
	3	4	5	
Лінійна алгебра та аналітична геометрія				

Педагогіка	5	4	4	5
	4	3	4	4
	3	3	3	4
	3	4	5	
Психологія				

а)

Фізичні дисципліни	5	4	4	5
	4	3	4	4
	3	3	3	4
	3	4	5	
Математичні дисципліни				

б)

Показник фізико-математичної підготовки	5	4	5	5
	4	4	4	4
	3	3	3	4
	3	4	5	
Показник психолого-педагогічної підготовки				

в)

Рис. 5.5. Матриці згортки для агрегування:

а) бальних оцінок з фізико-математичних і психолого-педагогічних дисциплін;

- б) показників підготовки з фізичних і математичних дисциплін;
в) показників фізико-математичної та психолого-педагогічної підготовки

Під час складання матриць згортки враховувалася кількість годин на вивчення дисципліни за навчальним планом. Тому, наприклад, при оцінюванні показника математичної підготовленості студентів дисципліна «Математичний аналіз» мала більшу «вагу», ніж «Лінійна алгебра та аналітична геометрія», адже обсяги навчальних годин, відведених на вивчення цих дисциплін, суттєво відрізнялись на користь першої з них.

За описаною методикою знайдені індивідуальні показники предметної підготовленості студентів експериментальної та контрольної вибірок на початку експерименту. Ці показники згруповано за трьома рівнями: «3» – низький, «4» – достатній, «5» – високий (табл. 5.10). Розподіл відносної кількості студентів за рівнями їх предметної підготовленості подано на діаграмі (рис. 5.6).

Таблиця 5.10

**Розподіл показників предметної підготовленості студентів
на початку експериментального навчання**

Рівні предметної підготовленості	Контрольна вибірка ($n_1 = 114$)		Експериментальна вибірка ($n_2 = 96$)	
	n_{1i}	$(n_{1i}/n_1), \%$	n_{2i}	$(n_{2i}/n_2), \%$
Низький (рівень 1)	34	29,8	24	25,0
Достатній (рівень 2)	63	55,3	61	63,5
Високий (рівень 3)	17	14,9	11	11,5

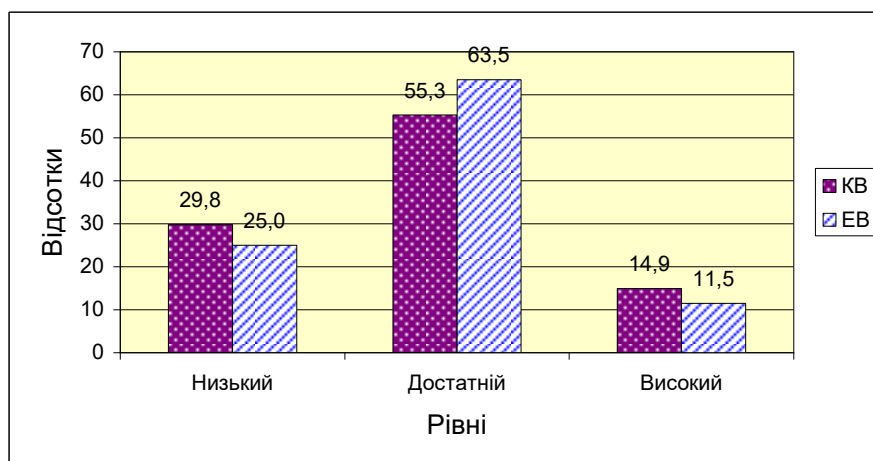


Рис. 5.6. Діаграма розподілу студентів контрольної (КВ) та експериментальної (ЕВ) вибірок за рівнями предметної підготовленості до початку експерименту

Для перевірки відсутності статистичної значущості відмінностей у рівнях предметної підготовленості студентів експериментальної та контрольної вибірок (на початку експериментального навчання) використано критерій однорідності χ^2 («хі квадрат»). Такий вибір критерію обумовлений тим, що розподіл індивідуальних показників предметної підготовленості представлений за допомогою порядкової шкали з малою кількістю градацій.

Характеристикою вибірок у нашому випадку є кількість (абсолютна або відносна) студентів, які мають певний рівень підготовленості. Введемо позначення: p_{1i} ($i=1, 2, 3$) – імовірність того, що випадково вибраний студент *контрольної* вибірки має i -й рівень предметної підготовленості; p_{2i} ($i=1, 2, 3$) – імовірність того, що студент *експериментальної* вибірки має i -й рівень предметної підготовленості. З урахуванням цих позначень, формулювання нульової (H_0) та альтернативної (H_1) гіпотез були подані в наступному варіанті:

$$H_0: p_{1i} = p_{2i} \text{ для всіх рівнів підготовленості } (p_{11} = p_{21}, p_{12} = p_{22}, p_{13} = p_{23}).$$

Це означатиме, що студенти контрольної та експериментальної вибірок не мають статистично значущих відмінностей у рівнях предметної підготовленості на початку експерименту.

$$H_1: p_{1i} \neq p_{2i} \text{ хоча б для одного з рівнів.}$$

Для перевірки нульової гіпотези використано дані табл. 5.10. Емпіричне значення критерію у випадку двох вибірок знаходиться за формулою [270, с. 52]:

$$\chi_{\text{емп}}^2 = n_1 \cdot n_2 \sum_{i=1}^L \frac{\left(\frac{n_{1i}}{n_1} - \frac{n_{2i}}{n_2} \right)^2}{\frac{n_{1i} + n_{2i}}{n_1 + n_2}}, \quad (5.1)$$

де n_1 , n_2 – обсяги контрольної та експериментальної вибірок відповідно;

n_{1i} , n_{2i} – кількість студентів контрольної та експериментальної вибірок, які мають i -й рівень предметної підготовленості (у нашому випадку число рівнів $L=3$, $i=1, 2, 3$);

n_{1i}/n_1 , n_{2i}/n_2 – відносна кількість студентів контрольної та експериментальної вибірок, які мають i -й рівень предметної підготовленості.

$$\chi^2_{\text{емп}} = 114 \cdot 96 \left[\frac{(0,298 - 0,250)^2}{34 + 24} + \frac{(0,553 - 0,635)^2}{63 + 61} + \frac{(0,149 - 0,115)^2}{17 + 11} \right] = 1,48.$$

Критичне значення критерію при рівні значущості $\alpha = 0,05$ знаходимо за розподілом χ^2 з $\nu = L - 1 = 3 - 1 = 2$ ступенями вільності (таблиця Г [136, с. 130]):

$$\chi^2_{\text{кр}} = 5,99.$$

Оскільки $\chi^2_{\text{емп}} < \chi^2_{\text{кр}}$ ($1,48 < 5,99$), то згідно з правилом прийняття рішень для критерію χ^2 , немає підстав для відхилення нульової гіпотези. Отже, до початку експерименту студенти контрольної та експериментальної вибірок не мали статистично значущих відмінностей у рівнях предметної підготовленості. Це засвідчило правомірність залучення цих вибірок до подальшого педагогічного дослідження щодо з'ясування ефективності розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів.

Особливості проведення експериментального навчання. Це навчання поширювалося лише на студентів експериментальних груп і передбачало використання в педагогічному процесі методів, засобів, організаційних форм та їх змістового наповнення відповідного до розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів (студенти контрольних груп проходили традиційну професійну підготовку). Експериментальне навчання було реалізовано в таких формах.

Під час навчальних занять:

1. Упровадження в навчальний процес авторської дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики».

2. Проведення акцентованої підготовки до інноваційної педагогічної діяльності у процесі вивчення студентами таких традиційних дисциплін

професійного спрямування як «Теорія і методика навчання фізики», «Дидактичні засоби навчання фізики», «Комп'ютеризація шкільного фізичного експерименту», «Педагогічне програмне забезпечення», «Сучасні освітні технології», «Організація навчально-дослідної діяльності старшокласників», «Обслуговування та виготовлення обладнання фізичного кабінету» та інші. Ця підготовка передбачала:

- включення до змісту навчальних дисциплін питань, пов'язаних з інноваційною діяльністю та її місцем у майбутній професійній діяльності вчителя, а також з особливостями залучення учнів до цієї діяльності в навчальному процесі з фізики;

- використання методів навчання, що спрямовують студентів до інноваційного пошуку та сприяють формуванню в них здатностей до організації учнівської інноваційної діяльності. Це, зокрема, такі: метод проблемних ситуацій для здійснення теоретичної підготовки студентів; лабораторні роботи з творчими завданнями, що уможливають залучення студентів до пошукової діяльності (з елементами інноваційної); методи та прийоми активізації інноваційної діяльності учнів;

- використання засобів навчання, що сприяють продуктивній діяльності студентів під час їх професійної підготовки (програмні продукти, навчально-пізнавальні задачі, демонстраційні прилади), а також висвітлення питань, пов'язаних зі створенням та впровадженням цих засобів у педагогічний процес.

Під час самостійної роботи студентів:

1. Використання домашніх та індивідуальних завдань з наведених вище дисциплін. Ці завдання полягали у вивченні студентами додаткового матеріалу, пов'язаного з інноваційною діяльністю; створенні та апробації ними інноваційних продуктів, зокрема, навчальних засобів (програмних продуктів, навчально-пізнавальних задач, демонстраційних пристроїв), що можна використовувати для активізації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики. Приклади відповідних завдань наведені в додатку Е.

2. Організація науково-дослідної (та інноваційної) діяльності студентів, що здійснювалася в позааудиторний час. Конкретними формами реалізації цієї діяльності були такі: виконання кваліфікаційних робіт; підготовка до всеукраїнських конкурсів студентських наукових робіт; робота над інноваційними проектами в навчально-наукових лабораторіях, на кафедрах, у творчих групах наукового товариства студентів і аспірантів, у гуртках.

Під час практичної підготовки:

1. Уведення до переліку завдань з педагогічної практики таких, що сприяють залученню учнів до інноваційного пошуку. Наведемо їх приклади.

Завдання 1. Провести апробацію авторської навчальної розробки (навчально-пізнавальної задачі, програмного продукту, лабораторної роботи тощо), що спрямована на організацію інноваційної діяльності учнів.

Завдання 2. Підготувати та провести позакласний захід (вікторину, фізичний бій, круглий стіл тощо), який передбачає пошук та обговорення учнями розв'язків певної фізико-технічної проблеми.

Завдання 3. Провести екскурсію до наукової лабораторії, центру з метою ознайомлення учнів з актуальними напрямками інноваційної діяльності.

2. Залучення студентів до роботи з учнями, пов'язаної з їх підготовкою до всеукраїнських та міжнародних конкурсів фізико-технічного спрямування (зокрема, до Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України, а також до Міжнародного конкурсу Intel ISEF).

3. Заохочення студентів до керівництва малими творчими групами учнів, які брали участь у науково-дослідній (та інноваційній) роботі лабораторій та кафедр. Насамперед ідеться про досвід залучення учнів до діяльності на базі створеної автором навчально-наукової лабораторії енергоефективності та енергозбереження ЗНУ. Слід зазначити, що хоча останні два види діяльності не були обов'язковими, проте значна кількість студентів експериментальної вибірки з ентузіазмом брала в них участь (про результативність цієї діяльності йшлося в пункті 5.2.3).

Статистичний аналіз результатів експериментального навчання. Мета цього етапу полягала у встановленні статистично значущих відмінностей у рівнях сформованості у студентів експериментальної та контрольної вибірок готовності до організації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики. Для оцінювання рівня сформованості цієї готовності введено комплексний показник. Він охоплював показники, що відповідають усім трьом критеріям готовності: психологічному, теоретичному, практичному, але передбачав з'ясування рівня готовності студента за кожним із них окремо. Остання необхідність пов'язана з тим, що, по-перше, вимірювання психологічної, теоретичної та практичної готовності проводилися за різними шкалами, а, по-друге, обчислення сумарного балу за трьома напрямками можливе лише за умови їх взаємодоповнюваності (тобто якщо низький рівень однієї, може бути компенсований високим рівнем іншої), підстави для якої були відсутні.

Для зручності у психологічній, теоретичній та практичній готовності було виділено три рівні сформованості: низький, достатній, високий. Вимірювання сформованості у студентів контрольної та експериментальної вибірок окремих компонент готовності до організації інноваційної діяльності учнів проводилося за допомогою діагностичної роботи. Вона складалася з трьох блоків завдань: психологічного, теоретичного та практичного (додаток Ж). Кожний із цих блоків був спрямований на виявлення рівня сформованості відповідного компоненту готовності.

Психологічний блок містив опитувальник із 20 запитань. Вони мали на меті з'ясувати рівень сформованості у студентів мотиваційно-ціннісного й особистісного аспектів готовності: бажання брати участь у розробленні та використанні педагогічних інновацій у професійній діяльності; здатність до творчого мислення; наявність мотивації досягнення результатів у майбутній професійній діяльності. До кожного запитання треба було вибрати один із трьох варіантів відповіді, що були позначені буквами А, Б та В. При обробці результатів кожному варіанту А зіставлявся один бал, варіанту Б – півбала, варіанту В – нуль балів. Рівень сформованості психологічної готовності

визначався за відсотковою кількістю балів (від їх максимально можливої кількості, що дорівнювала 20): від нуля до 50 % – «низький»; від 50 % включно до 75 % – «достатній»; більше 75 % включно – «високий».

Теоретичний блок містив 40 тестових питань. Їх зміст був пов'язаний з теоретичними засадами організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики (основи інноватики та інноваційної діяльності, методи й прийоми здійснення інноваційного пошуку, основи охорони інтелектуальної власності, використання фізичних явищ та ефектів у розв'язуванні фізико-технічних задач, методи активізації інноваційної діяльності учнів). У формулюваннях деяких завдань цього блоку були використані матеріали [114; 148; 279; 302; 312]. Рівень сформованості теоретичної компоненти готовності визначався за відсотковою кількістю правильних відповідей (від їх максимально можливої кількості, що дорівнювала 40) у такий спосіб: від нуля до 50 % – «низький»; від 50 % включно до 75 % – «достатній»; вище 75 % включно – «високий».

Практичний блок діагностичної роботи був представлений творчим завданням, що мало на меті виявити здатність студентів до практичних дій щодо організації інноваційної діяльності учнів. Змістовий напрямок цієї діяльності був пов'язаний з удосконаленням певного демонстраційного приладу. Шляхом моделювання процесу організації інноваційної діяльності учнів студенти мали відповісти на поставлені запитання (їх було 10), що відображали реальні аспекти організації учнівської інноваційної діяльності на різних її етапах. Вичерпна відповідь на кожне завдання оцінювалася в один бал, неповна – у півбала, у разі неправильної відповіді або за її відсутності виставлявся нуль балів. Рівень сформованості практичної компоненти готовності оцінювався за відсотковою сумою балів за виконані завдання (від їх максимально можливої кількості, що дорівнювала 10): від нуля до 50 % – «низький»; від 50 % включно до 75 % – «достатній»; вище 75 % включно – «високий». Окрім творчого завдання, практичний блок містив два додаткових питання (додаток Ж) для того, аби з'ясувати, чи має студент власні наукові

публікації (статті, патенти), та чи є в нього досвід підготовки учнів до участі в міжнародних або всеукраїнських фізико-технічних конкурсах. За наявності таких показників рівень сформованості у студента практичної компоненти готовності вважався високим.

Порівняння контрольної та експериментальної вибірок за рівнями сформованості у студентів психологічної компоненти готовності до організації інноваційної діяльності учнів. Результати оцінювання рівнів сформованості психологічної компоненти готовності у студентів контрольної та експериментальної вибірок подано в табличній формі (табл. 5.11) та у формі діаграми (рис. 5.7). З'ясування значущості у відмінностях розподілу студентів вибірок за вказаними рівнями було проведено на основі критерію однорідності χ^2 («хі квадрат»).

Таблиця 5.11

Розподіл студентів за рівнями сформованості психологічної компоненти готовності до організації інноваційної діяльності учнів

Рівні сформованості психологічної компоненти готовності	Контрольна вибірка ($n_1 = 114$)		Експериментальна вибірка ($n_2 = 96$)	
	n_{1i}	$(n_{1i}/n_1), \%$	n_{2i}	$(n_{2i}/n_2), \%$
Низький (рівень 1)	27	23,7	7	7,3
Достатній (рівень 2)	49	43,0	46	47,9
Високий (рівень 3)	38	33,3	43	44,8

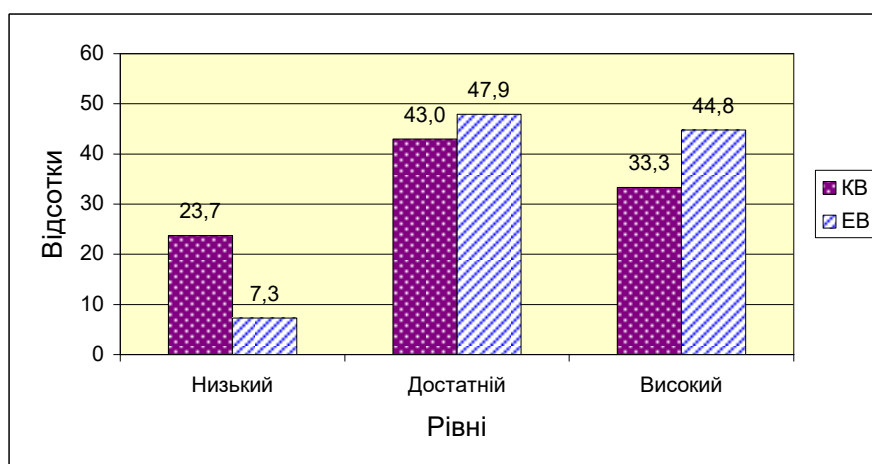


Рис. 5.7 Діаграма розподілу студентів контрольної (KB) та експериментальної (EB) вибірок за рівнями сформованості психологічної компоненти готовності

Для формулювання нульової (H_0) та альтернативної (H_1) гіпотез були введені позначення: p_{1i} , p_{2i} ($i=1, 2, 3$) – імовірність того, що випадково вибраний студент відповідно контрольної та експериментальної вибірки має i -й рівень сформованості психологічної компоненти готовності. Гіпотези:

H_0 : $p_{1i} = p_{2i}$ для всіх рівнів ($p_{11} = p_{21}$, $p_{12} = p_{22}$, $p_{13} = p_{23}$). Це означатиме, що студенти контрольної та експериментальної вибірок не мають статистично значущих відмінностей у рівнях сформованості психологічної компоненти готовності.

H_1 : $p_{1i} \neq p_{2i}$ хоча б для одного з рівнів.

Емпіричне значення критерію знайдено за формулою (5.1) з використанням даних табл. 5.11.

$$\chi^2_{\text{емп}} = 114 \cdot 96 \left[\frac{(0,237 - 0,073)^2}{27 + 7} + \frac{(0,430 - 0,479)^2}{49 + 46} + \frac{(0,333 - 0,448)^2}{38 + 43} \right] = 10,7.$$

Критичне значення критерію при рівні значущості $\alpha = 0,05$ знайдено за розподілом χ^2 з $\nu = 2$ ступенями вільності (табл. Г [136, с. 130]): $\chi^2_{\text{кр}} = 5,99$.

Оскільки $\chi^2_{\text{емп}} > \chi^2_{\text{кр}}$ ($10,7 > 5,99$), то згідно з правилом прийняття рішень для критерію χ^2 , нульову гіпотезу відхилено. Тобто відмінності в рівнях сформованості психологічної компоненти готовності у студентів контрольної та експериментальної вибірок є значущими.

Порівняння контрольної та експериментальної вибірок за рівнями сформованості у студентів теоретичної компоненти готовності до організації інноваційної діяльності учнів. Результати вимірювання сформованості у студентів теоретичної складової готовності являли собою бальні оцінки від нуля до сорока (за кількістю правильних відповідей на тестові питання теоретичного блоку діагностичної роботи). Наведемо їх у формі варіаційних рядів для експериментальної та контрольної вибірок (у цьому

пункті для зручності статистичного аналізу вибірку меншого обсягу (експериментальну) вважатимемо першою).

Варіанти експериментальної вибірки ($n_1 = 96$):

6	8	8	10	11	12	12	14	14	15	15	15	16	16	17	17	17	18
18	19	19	20	20	20	20	21	21	21	21	22	22	22	23	23	23	23
23	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	30
30	30	30	31	31	31	31	32	32	33	33	33	34	34	34	35	35	35
36	37	37	38	39	40.												

Варіанти контрольної вибірки ($n_2 = 114$):

4	5	5	7	8	8	10	10	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13
13	13	14	14	14	14	15	15	15	15	15	16	16	16	16	16	16	17
17	17	17	17	17	17	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	21	21	21	21	21	21	22	22	22	22	23	23
23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25	26	26
26	27	27	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	30	31	31	31
33	33	34	35	35	37.												

Для з'ясування значущості у відмінностях характеристик вибірок було використано критерій Вілкоксона – Манна – Уїтні. Такий вибір критерію виправдовується великими обсягами вибірок ($n_1, n_2 > 50$) та значною кількістю різних значень (≥ 10) у кожній із них. Використання цього критерію здійснювалося відповідно до методик, описаних В. Ю. Гмурманом [128, с. 343], М. І. Грабарем та К. О. Краснянською [136, с. 83], а також з урахуванням рекомендацій, розглянутих О. І. Орловим [274].

З метою формалізації аналізу введемо випадкові величини: X – число балів, що отримали студенти експериментальної вибірки; Y – число балів, що отримали студенти контрольної вибірки. Ці випадкові величини представлені своїми вибірками $(x_1, x_2, \dots, x_{n_1})$ та $(y_1, y_2, \dots, y_{n_2})$. Якщо вибірки однорідні, то можна вважати, що вони витягнуті з однієї генеральної сукупності і, отже, їх

функції розподілу дорівнюють одна одній за будь-якого значення аргументу (позначимо його через x): $F_1(x) = F_2(x)$.

Первинне («візуальне») порівняння поданих вибірок виявило тенденцію: $X > Y$ (тобто студенти експериментальної вибірки мали дещо кращі результати). Це дало нам підстави застосувати односторонній критерій Вілкоксона – Манна – Уїтні з таким формулюванням нульової (H_0) та альтернативної (H_1) гіпотез:

H_0 : $F_1(x) = F_2(x)$, тобто вибірки однорідні. Це означатиме, що студенти експериментальної та контрольної вибірок не мають статистично значущих відмінностей у рівнях сформованості теоретичної компоненти готовності до організації інноваційної діяльності учнів;

H_1 : $F_1(x) < F_2(x)$, тобто $X > Y$ (нерівність $F_1(x) < F_2(x)$ еквівалентна нерівності $P(X < x) < P(Y < x)$, що пов'язує відповідні ймовірності). Тобто бали студентів експериментальної вибірки є статистично більшими порівняно з балами студентів контрольної вибірки. Отже, перші мають більш високий рівень сформованості теоретичної компоненти готовності до організації інноваційної діяльності учнів.

Для знаходження емпіричного значення критерію $W_{\text{емп}}$ варіанти обох вибірок було розташовано в порядку зростання, тобто у вигляді одного (об'єданого) варіаційного ряду (додаток 3). Кожному значенню цього ряду присвоєно ранг R , що дорівнює порядковому номеру місця, на якому це значення розташоване. Згідно з правилами використання критерію Вілкоксона – Манна – Уїтні, якщо кілька варіант лише однієї вибірки були однаковими, то в об'єданому варіаційному ряду їм присвоювалися ранги, що дорівнювали їх звичайним порядковим номерам (тобто, нібито ці варіанти були різними). Якщо ж збігалися варіанти різних вибірок, то їм присвоювалися ранги, що дорівнювали середньому арифметичному номерів місць, на яких знаходились ці варіанти в об'єданому варіаційному ряду.

Емпіричне значення критерію $W_{\text{емп}}$ – сума рангів вибірки меншого обсягу (у нашому випадку – експериментальної вибірки):

$$W_{\text{емп}} = \sum_{i=1}^{n_1} R(x_i),$$

де $R(x_i)$ – ранг, приписаний i -й варіанті даної вибірки ($n_1 = 96$). У табл. 3.1 додатку 3 ці ранги виділено напівжирним шрифтом.

$$W_{\text{емп}} = 12092.$$

Нижню критичну точку $W_{\text{нижн. кр}}$ критерію знайдено за формулою:

$$W_{\text{нижн. кр}}(\alpha, n_1, n_2) = \frac{(n_1 + n_2 + 1)n_1 - 1}{2} - z_{\text{кр}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}, \quad (5.2)$$

де α – рівень значущості, $\alpha = 0,05$;

$z_{\text{кр}}$ – аргумент функції Лапласа, що визначається з рівності $\Phi(z_{\text{кр}}) = (1 - 2\alpha)/2$; при $\alpha = 0,05$, $\Phi(z_{\text{кр}}) = 0,45$; за таблицею значень функції Лапласа [128, с. 462] знаходимо $z_{\text{кр}} = 1,65$.

$$W_{\text{нижн. кр}}(0,05; 96; 114) = \frac{(96 + 114 + 1)96 - 1}{2} - 1,65 \sqrt{\frac{96 \cdot 114 (96 + 114 + 1)}{12}} = 9404.$$

Верхню критичну точку $W_{\text{верхн. кр}}$ критерію знайдено за формулою:

$$W_{\text{верхн. кр}} = (n_1 + n_2 + 1)n_1 - W_{\text{нижн. кр}}.$$

$$W_{\text{верхн. кр}} = (96 + 114 + 1)96 - 9404 = 10852.$$

Зазначимо, що за наявності у вибірках варіант, що збігаються, М. І. Грабарем та К. О. Краснянською [136, с. 88] рекомендовано проводити корекцію у формулах для критичного значення критерію (зокрема, у формулі (5.2)) шляхом введення доданку $\sum K$ у підкореневому виразі:

$$\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12} - \sum K. \quad (5.3)$$

Доданок $\sum K$ у формулі (5.3) – сума значень $K = (k^3 - k)/12$, де k – число членів об'єднаного ряду, що мають однакове конкретне значення (враховуються лише ті однакові варіанти, які належать обом вибіркам).

Розрахунок $\sum K$ проведено за даними табл. 3.2 додатку 3: $\sum K = 1222,5$. З урахуванням корекції $\sum K$ отримано уточнене значення верхньої критичної точки критерію: $W_{\text{верхн. кр}} = 10850$.

Згідно з правилом прийняття рішень для використовуваної альтернативної гіпотези, на підставі нерівності $W_{\text{емп}} > W_{\text{верхн. кр}}$ ($12092 > 10850$), нульову гіпотезу було відхилено. Отже, студенти експериментальної вибірки мали більш високий рівень сформованості теоретичної компоненти готовності порівняно зі студентами контрольної вибірки.

Оцінювання готовності студентів до організації інноваційної діяльності учнів передбачало комплексне врахування сформованості в них окремих компонент цієї готовності (психологічної, теоретичної та практичної). Тому для подальшого зіставлення результати вимірювання сформованості теоретичної готовності також подані за порядковою шкалою з трьома градаціями – рівнями (табл. 5.12 та рис. 5.8).

Таблиця 5.12

Розподіл студентів за рівнями сформованості теоретичної компоненти готовності до організації інноваційної діяльності учнів

Рівні сформованості теоретичної компоненти готовності	Контрольна вибірка ($n_1 = 114$)		Експериментальна вибірка ($n_2 = 96$)	
	n_{1i}	$(n_{1i}/n_1), \%$	n_{2i}	$(n_{2i}/n_2), \%$
Низький (рівень 1)	53	46,5	21	21,9
Достатній (рівень 2)	48	42,1	49	51,0
Високий (рівень 3)	13	11,4	26	27,1

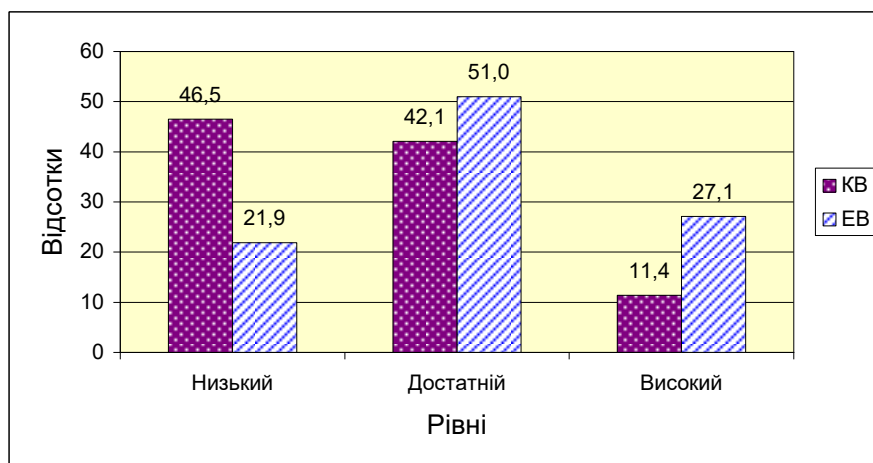


Рис. 5.8 Діаграма розподілу студентів контрольної (KB) та експериментальної (EB) вибірок за рівнями сформованості теоретичної компоненти готовності до організації інноваційної діяльності учнів

Порівняння контрольної та експериментальної вибірок за рівнями сформованості у студентів практичної компоненти готовності до організації інноваційної діяльності учнів. Результати вимірювання рівнів сформованості цієї компоненти готовності подано у табл. 5.13 та на рис. 5.9 Для з'ясування значущості відмінностей у розподілі студентів вибірок за вказаними рівнями було використано критерій однорідності χ^2 .

Таблиця 5.13

Розподіл студентів за рівнями сформованості практичної компоненти готовності до організації інноваційної діяльності учнів

Рівні сформованості практичної компоненти готовності	Контрольна вибірка ($n_1 = 114$)		Експериментальна вибірка ($n_2 = 96$)	
	n_{1i}	$(n_{1i}/n_1), \%$	n_{2i}	$(n_{2i}/n_2), \%$
Низький (рівень 1)	61	53,5	22	22,9
Достатній (рівень 2)	43	37,7	56	58,3
Високий (рівень 3)	10	8,80	18	18,8

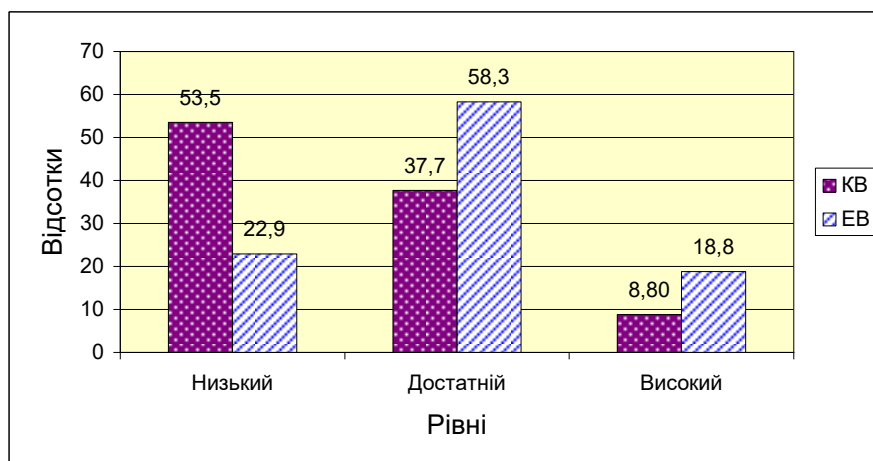


Рис. 5.9 Діаграма розподілу студентів контрольної (KB) та експериментальної (EB) вибірок за рівнями сформованості практичної компоненти готовності до організації інноваційної діяльності учнів

Для формулювання нульової (H_0) та альтернативної (H_1) гіпотез введено позначення: p_{1i} , p_{2i} ($i=1, 2, 3$) – імовірність того, що випадково вибраний студент відповідно контрольної та експериментальної вибірки має i -й рівень сформованості практичної компоненти готовності. Гіпотези:

H_0 : $p_{1i} = p_{2i}$ для всіх рівнів ($p_{11} = p_{21}$, $p_{12} = p_{22}$, $p_{13} = p_{23}$). Це означатиме, що студенти контрольної та експериментальної вибірок не мають статистично значущих відмінностей у рівнях сформованості практичної компоненти готовності;

H_1 : $p_{1i} \neq p_{2i}$ хоча б для одного з рівнів.

Емпіричне значення критерію знайдено за формулою (5.1) з використанням даних табл. 5.13

$$\chi^2_{\text{емп}} = 114 \cdot 96 \left[\frac{(0,535 - 0,229)^2}{61 + 22} + \frac{(0,377 - 0,583)^2}{43 + 56} + \frac{(0,088 - 0,188)^2}{10 + 18} \right] = 22,9.$$

Критичне значення критерію при рівні значущості $\alpha = 0,05$ знайдено за розподілом χ^2 з $\nu = 2$ ступенями вільності (табл. Г [136, с. 130]): $\chi^2_{\text{кр}} = 5,99$.

Оскільки $\chi_{\text{емп}}^2 > \chi_{\text{кр}}^2$ ($22,9 > 5,99$), нульову гіпотезу відхилено. Тобто відмінності в рівнях сформованості практичної компоненти готовності у студентів контрольної та експериментальної вибірок значущі.

Порівняння контрольної та експериментальної вибірок за рівнями сформованості у студентів загальної готовності до організації інноваційної діяльності учнів. Визначення рівнів сформованості у студентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів ґрунтувалося на комплексному врахуванні їх індивідуальних показників за окремими компонентами готовності (психологічної, теоретичної та практичної). Загальній готовності студента до організації інноваційної діяльності учнів зіставлявся певний рівень її сформованості, якщо за кожною з компонент готовності спостерігалось перевищення певного критичного рівня. Зокрема, високий рівень визнавався тоді, коли високий рівень мав місце за трьома компонентами готовності. Нижній межі для достатнього рівня загальної готовності відповідали достатні рівні за всіма компонентами цієї готовності. Якщо ж рівень хоча б однієї зі складових був низьким, то й рівень загальної готовності також визнавався низьким. Результати вимірювання розглядуваної готовності у студентів контрольної та експериментальної вибірок подані в табл. 5.14 та на рис. 5.10.

Таблиця 5.14

Розподіл студентів за рівнями сформованості готовності до організації інноваційної діяльності учнів

Рівні сформованості готовності	Контрольна вибірка ($n_1 = 114$)		Експериментальна вибірка ($n_2 = 96$)	
	n_{1i}	$(n_{1i}/n_1), \%$	n_{2i}	$(n_{2i}/n_2), \%$
Низький (рівень 1)	71	62,3	26	27,1
Достатній (рівень 2)	37	32,4	55	57,3
Високий (рівень 3)	6	5,3	15	15,6

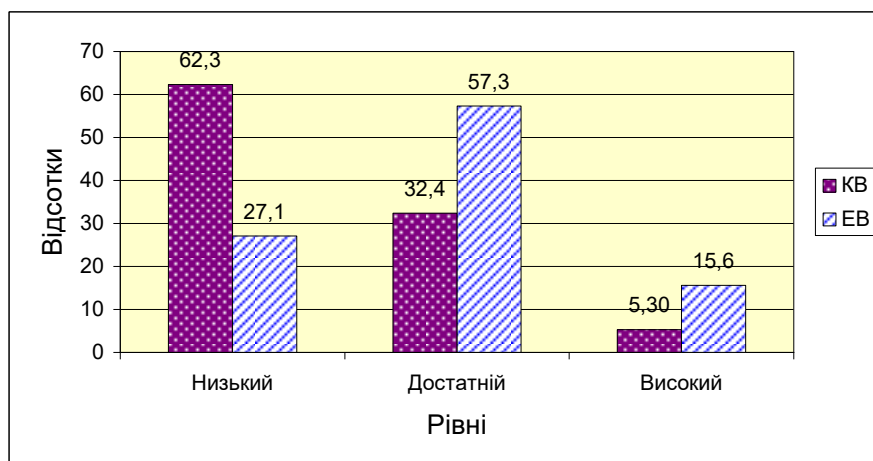


Рис. 5.10. Діаграма розподілу студентів контрольної (KB) та експериментальної (EB) вибірок за рівнями сформованості готовності до організації інноваційної діяльності учнів

Для формулювання статистичних гіпотез введено позначення: p_{1i} , p_{2i} ($i=1, 2, 3$) – імовірність того, що випадково вибраний студент відповідно контрольної та експериментальної вибірки має i -й рівень сформованості готовності до організації інноваційної діяльності учнів. Гіпотези:

H_0 : $p_{1i} = p_{2i}$ для всіх рівнів ($p_{11} = p_{21}$, $p_{12} = p_{22}$, $p_{13} = p_{23}$). Це означатиме, що студенти контрольної та експериментальної вибірок не мають статистично значущих відмінностей у рівнях сформованості розглядуваної готовності;

H_1 : $p_{1i} \neq p_{2i}$ хоча б для одного з рівнів.

Емпіричне значення критерію знайдено за формулою (5.1) з використанням даних табл. 5.14

$$\chi^2_{\text{емп}} = 114 \cdot 96 \left[\frac{(0,623 - 0,271)^2}{71 + 26} + \frac{(0,324 - 0,573)^2}{37 + 55} + \frac{(0,053 - 0,156)^2}{6 + 15} \right] = 26,9.$$

Критичне значення критерію при рівні значущості $\alpha = 0,05$ знайдено за розподілом χ^2 з $\nu = 2$ ступенями вільності (табл. Г [136, с. 130]): $\chi^2_{\text{кр}} = 5,99$.

Оскільки $\chi^2_{\text{емп}} > \chi^2_{\text{кр}}$ ($26,9 > 5,99$), нульову гіпотезу відхилено. Тобто відмінності в рівнях сформованості у студентів контрольної та експериментальної вибірок готовності до організації інноваційної діяльності учнів значущі. Отже, результати експериментального навчання засвідчили

ефективність розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі.

Висновки до розділу 5

1. Перевірка ефективності методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання здійснювалася шляхом проведення педагогічного експерименту, що складався з трьох етапів: констатувального; пошукового; формувального. Під час констатувального етапу встановлено, що рівень готовності вчителів (як майбутніх, так і тих, що вже мали досвід педагогічної роботи) до організації інноваційного пошуку учнів у процесі навчання фізики, попри суттєве зацікавлення цією проблемою, не в повній мірі відповідає вимогам сучасної освіти щодо забезпечення умов для прояву учнями творчої ініціативи й залучення їх до інноваційної діяльності в навчальному процесі у школі.

2. Під час пошукового етапу експерименту:

- розроблено та апробовано робочу програму дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики». Програма призначена для використання у процесі професійної підготовки студентів предметної спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика). Метою цієї дисципліни є формування у студентів – майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі;

- визначено діагностичний інструментарій для оцінювання рівня сформованості у студентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів. Уведено комплексний показник цієї готовності. Він охоплював показники, що відповідають усім трьом критеріям (складовим) готовності: психологічному, теоретичному, практичному, але передбачав з'ясування рівня готовності студента за кожним із них окремо. Загальній готовності студента до організації інноваційної діяльності учнів зіставлявся певний рівень її

сформованості, якщо за всіма складовими готовності спостерігалось перевищення певного критичного рівня;

– апробовано елементи методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів. Під час пілотажного експерименту доведено ефективність авторської технології організації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики шляхом якісного та кількісного (із застосуванням біноміального статистичного критерію) аналізу освітніх результатів, досягнутих учнями у процесі експериментального навчання. Вірогідність висновку підкріплюється тим, що враховувалися лише ті освітні результати, що були засвідчені незалежними експертами. Це, зокрема, результати виступу учнів на всеукраїнських і міжнародних фізико-технічних конкурсах, створені учнями творчі продукти (діючі моделі, макети, програмні засоби тощо), наукові публікації учнів (патенти на корисні моделі та статті).

3. На формувальному етапі проведено апробацію створеної методичної системи в умовах масового експериментального навчання, що поширювалося лише на студентів експериментальних груп (студенти контрольних груп проходили традиційну професійну підготовку) й передбачало використання у педагогічному процесі методів, засобів, організаційних форм та їх змістового наповнення відповідного до розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів.

Після завершення експериментального навчання проведено вимірювання рівнів сформованості у студентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів, що ґрунтувалося на комплексному врахуванні індивідуальних показників студентів за окремими компонентами готовності (психологічної, теоретичної та практичної). На основі статистичного аналізу цих результатів (із застосуванням критеріїв χ^2 та Вілкоксона – Мана – Уїтні) зроблено висновки про значущі відмінності в рівнях сформованості у представників контрольної та експериментальної вибірок окремих компонент готовності до організації інноваційної діяльності учнів, а також у рівнях сформованості цієї готовності загалом. Нульову гіпотезу про відсутність у студентів контрольної та

експериментальної вибірок статистично значущих відмінностей у рівнях сформованості зазначеної готовності було відхилено при рівні значущості $\alpha = 0,05$ на підставі виконання умови $\chi^2_{\text{емп}} > \chi^2_{\text{кр}}$ ($26,9 > 5,99$). Це вказує на ефективність розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі.

4. Результати педагогічного експерименту засвідчують ефективність розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики. Вона дозволяє формувати в них здатність до прояву інноваційної ініціативи в навчанні та подальшій професійній діяльності; сприяє цілеспрямованому формуванню елементів їх авторської системи діяльності; прискорює психологічну адаптацію до ролі вчителя фізики, що позитивно впливає на розвиток особистості фахівця та забезпечує його готовність до організації інноваційної діяльності учнів. Запропонована авторська технологія організації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики забезпечує підвищення рівня пізнавальної активності учнів у навчальному процесі, сприяє розвитку їх творчих здібностей, а також створює умови для їх подальшої самоосвіти та самостійного наукового пізнання. Усе це підтверджує справедливність загальної гіпотези дослідження.

ВИСНОВКИ

У монографії наведено теоретико-методичне обґрунтування та авторське розв'язання наукової проблеми підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання. Узагальнення результатів проведеного дослідження є підставою для таких висновків.

1. З'ясовано рівень розробленості проблеми підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі. Це дозволило констатувати відсутність системних досліджень цієї проблеми, а також виявити невизначеність у змісті й структурі самого поняття «інноваційна діяльність учнів». У дослідженні визначено зміст інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики як різновиду їх навчально-пізнавальної діяльності, що організована вчителем і відбувається у спеціально створеному навчальному середовищі та пов'язана з розробленням, теоретичним та експериментальним дослідженням і запровадженням у практику (наприклад, у навчально-виховний процес у школі, у діяльність наукової лабораторії, підприємства) певної новини (продукту або способу), що спричиняє корисний ефект від його використання. У структурі поняття «інноваційна діяльність учнів» виокремлено особистісний та процесуальний її аспекти. У першому з них виділено мотивацію, здібності та креативність. У другому – мету, завдання, способи (методи, засоби, форми організації) та результат інноваційної діяльності учнів. Визначено психолого-педагогічні засади організації учнівської інноваційної діяльності в навчальному процесі з фізики, що виходять із її приналежності до категорії творчої діяльності та поєднання в ній навчальної та науково-дослідної функцій, а також враховують її характерні змістові компоненти (етапи).

2. Обґрунтовано теоретичні засади підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання, які структуровано за трьома концептуальними блоками. *Теоретико-методологічний* блок враховує емпіричні факти щодо актуальності підготовки;

узагальнює результати досліджень різних її аспектів; визначає методологічні засади формування в майбутнього вчителя фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів; підкріплюється відомими підходами до розвитку творчої діяльності учнів у процесі вивчення фізики. *Змістовно-процесуальний* блок уточнює професійну модель учителя фізики з метою відображення у ній здатності до організації інноваційної діяльності учнів; висуває вимоги щодо цілей, змісту, методів, засобів і організаційних форм навчання, передбачених методичною системою; вказує на важливі особливості освітнього середовища, що сприяє підготовці вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів; містить підходи до розроблення авторської технології організації цієї діяльності. *Діагностичний* блок містить інструментарій для з'ясування рівня сформованості у студентів готовності до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики, а також методику визначення результативності учнівської інноваційної діяльності.

3. Визначено зміст і структуру поняття «готовність учителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів» як такої інтегративної якості особистості вчителя, що виявляється в його спрямованості на інноваційний характер професійної діяльності, у здатності використовувати та розробляти технології, методи й засоби навчання, спрямовані на активізацію інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики, а також створювати сприятливі умови для організації цієї діяльності. У структурі цієї готовності виділено три взаємопов'язані компоненти: *психологічний* (відображає мотиваційно-ціннісний та особистісний аспекти), *теоретичний* (когнітивний) *та практичний* (містить діяльнісний та рефлексивний аспекти). Визначено критерії, показники та рівні готовності, що дають змогу проводити діагностику її сформованості в майбутніх учителів фізики.

4. Теоретично обґрунтовано й розроблено методичну систему підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання, в основу якої покладені загальнодидактичні підходи (системний, діяльнісний, особистісно орієнтований, компетентнісний), що

доповнені задачним підходом та принципами підсилення ролі самостійної навчальної діяльності студентів, забезпечення її виходу на продуктивний рівень, наближення форм організації діяльності студентів у процесі їх професійної підготовки до форм їх майбутньої педагогічної діяльності. Підґрунтям методичної системи постала структурно-функціональна модель підготовки майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів, що відображає принципові елементи цієї підготовки, встановлює зв'язки між ними та складається з цільового, змістового, теоретико-методологічного, організаційно-методичного, діагностичного та результативного блоків. Зворотний зв'язок між блоками моделі дозволяє забезпечити коригування змісту, методів, засобів і форм організації навчання залежно від результату, що обумовлюється розробленою методичною системою підготовки майбутніх учителів фізики.

5. Визначено й апробовано методичні засади щодо практичної реалізації створеної методичної системи. Розроблено навчально-методичний комплекс дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики», який містить робочу програму, методичне забезпечення лекційних та практичних занять, методичне забезпечення самостійної роботи студентів, методичне забезпечення зворотного зв'язку для здійснення діагностики та коригування результатів їх навчання. Запропоновано використовувати метод проблемних ситуацій для здійснення теоретичної підготовки студентів до інноваційної діяльності, який передбачає подання матеріалу у вигляді навчальних блоків, що присвячені певному змістовому елементу й структуровані за проблемною ситуацією, фізичними задачами, їх розв'язаннями та аналізом результатів. Для залучення студентів до інноваційного пошуку під час виконання лабораторних робіт, у їх структуру й зміст внесено удосконалення (розглянуті на прикладі робіт з дисципліни «Теорія і методика навчання фізики»), відмінною ознакою яких є наявність системи додаткових творчих завдань, структурованих за експериментальними, винахідницькими та конструкторськими задачами. Для набуття студентами здатності до активізації інноваційної діяльності учнів

запропоновано методи й прийоми, пов'язані з такими важливими її етапами, як виявлення проблеми та вибір теми для інноваційного пошуку, проведення теоретичного та експериментального дослідження інноваційної розробки, створення діючої моделі запропонованого технічного рішення. Визначено місце інформаційних технологій у процесі формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів, у якому виділено три блоки: інформаційна підготовка; використання інформаційних технологій у навчально-пізнавальній та науково-дослідній діяльності; розроблення, апробація та впровадження нових інформаційно-комунікаційних продуктів в освітній процес. Визначено зміст організаційно-змістового, процесуального та мотиваційного компонентів самостійної навчальної діяльності студентів у контексті їх підготовки до організації інноваційної діяльності учнів.

6. Розроблено та апробовано технологію організації інноваційної діяльності учнів у процесі навчання фізики, що становить собою узгоджене поєднання форм, методів і засобів навчання, яка уможливорює прояв інноваційної ініціативи учнів як на уроках, так і в позаурочній роботі з фізики, та використовує фізичні основи енергозбереження як важливий напрям пошукової діяльності учнів. Технологією виділено умови та етапи підготовки учнів до інноваційної діяльності в цьому тематичному полі; передбачено дидактичні засоби (зокрема, систему навчально-пізнавальних завдань) для здійснення такої підготовки; визначені особливості створення навчального середовища для формування в майбутніх учителів фізики та учнів здатності до інноваційної діяльності (на прикладі організації цієї діяльності на базі створеної автором навчально-наукової лабораторії енергоефективності та енергозбереження); визначено методичні особливості організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики (під час гурткових занять, у процесі підготовки до всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсів); виділено методичні аспекти впровадження результатів учнівської інноваційної діяльності в навчальний процес з фізики.

7. Під час проведення педагогічного експерименту перевірено ефективність запропонованої методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі. Вимірювання та порівняння рівнів сформованості у представників контрольної та експериментальної вибірок готовності до організації інноваційної діяльності учнів проводилося як за окремими компонентами готовності (психологічної, теоретичної та практичної), так і загалом. Статистичний аналіз цих результатів, що здійснювався з застосуванням критерію Пірсона (χ^2) (для кожної компоненти й готовності загалом) і критерію Вілкоксона – Мана – Уїтні (для теоретичної компоненти готовності), виявив на завершальному етапі експерименту значущі відмінності в рівнях сформованості у студентів контрольної та експериментальної вибірок як окремих компонент готовності до організації інноваційної діяльності учнів, так і готовності загалом. Це вказує на ефективність розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання. Вона дозволяє формувати в майбутніх учителів здатність до інноваційного пошуку в навчанні та подальшій професійній діяльності; сприяє формуванню елементів їх авторської системи діяльності; прискорює психологічну адаптацію до ролі вчителя фізики, що позитивно впливає на розвиток особистості фахівця та забезпечує його готовність до організації інноваційної діяльності учнів.

Доведено ефективність авторської технології організації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики шляхом якісного та кількісного (із застосуванням біноміального статистичного критерію) аналізу освітніх результатів, досягнутих учнями під час експериментального навчання. Технологія створює умови для залучення учнів до продуктивної діяльності в навчанні, забезпечує підвищення рівня їх пізнавальної активності та сприяє розвитку творчих здібностей.

Проведене дослідження не вичерпує всіх аспектів проблеми професійної підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності

учнів у навчальному процесі. На наш погляд, перспективними напрямками розвитку основних ідей дослідження можуть бути такі:

- дослідження особливостей дистанційної форми управління інноваційною діяльністю учнів у системі позаурочної роботи з фізики;
- розроблення інтегративних технологій організації інноваційної діяльності учнів із врахуванням міжпредметних зв'язків фізики та інформатики, фізики й хімії, фізики та біології, фізики й екології тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреев А. М. Використання методу проблемних ситуацій з енергозбереження у навчальному процесі з фізики. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки*. Чернігів : ЧНПУ, 2013. Вип. 109. С. 3–7.
2. Андреев А. М. Використання підготовчих вправ для розвитку в учнів окремих експериментальних умінь з фізики. *Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки*. Чернігів : ЧДПУ, 2008. Вип. 57, № 57. С. 3–6.
3. Андреев А. М. Готовність учителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі: зміст та структура поняття. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах* : зб. наук. пр. / гол. ред. Т. І. Сущенко. Запоріжжя : КПУ, 2016. Вип. 50 (103). С. 297–305.
4. Андреев А. М. Досвід залучення студентів Запорізького національного університету та учнів Запорізької області до енергозберігаючої діяльності. *Сталий розвиток суспільства: Запорізький регіональний досвід* : монографія / уклад.: М. А. Лепський, І. В. Дударева; за заг. ред. М. А. Лепського. Запоріжжя : КСК-Альянс, 2014. С. 157–170.
5. Андреев А. М. Завдання на конструювання та моделювання як засіб для творчого засвоєння учнями політехнічного матеріалу з фізики. *Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки* / гол. ред. М. О. Носко. Чернігів : ЧДПУ, 2010. Вип. 77. С. 3–7.
6. Андреев А. М. Запровадження навчальної дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» у процес підготовки майбутніх учителів фізики. *Наукові записки Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кропивницький : РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка, 2017. Вип. 12. Част. 1. С. 49–55.

7. Андреев А. М. Інноваційна діяльність у навчанні як важливий напрямок у сучасній фізичній освіті. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кропивницький : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016. Вип. 10. Част. 1. С. 106–111.
8. Андреев А. М. Інноваційна діяльність учнів у навчальному процесі з фізики: зміст і структура поняття. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах* : зб. наук. пр. / гол. ред. Т. І. Сущенко. Запоріжжя : КПУ, 2016. Вип. 51 (104). С. 336–344.
9. Андреев А. М. Метод проблемних ситуацій з енергозбереження у навчальному процесі з фізики. *Засоби і технології сучасного навчального середовища* : матеріали конф., м. Кіровоград, 17–18 травня 2013 р. / відп. ред. С. П. Величко. Кіровоград : ПП «Ексклюзив-Систем», 2013. С. 77–79.
10. Андреев А. М. Методичні особливості використання лабораторних робіт з творчими завданнями у процесі вивчення фізики. *Вісник Запорізького національного університету. Педагогічні науки* / гол. ред. Г. В. Локарева. Запоріжжя : ЗНУ, 2013. С. 196–202.
11. Андреев А. М. Методичні особливості використання навчальних блоків з енергозбереження у процесі вивчення фізики. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2013. Вип. 4. Част. 2. С. 91–96.
12. Андреев А. М. Методологічні особливості формування в учнів компетентності у галузі енергозбереження. *Актуальні проблеми природничо-математичної освіти в середній і вищій школі* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Херсон, 13–14 вересня 2012 р. / уклад. В. Д. Шарко. Херсон : Грінь Д. С., 2012. С. 99–100.

13. Андреев А. М. Методичні прийоми розвитку в учнів технічних здібностей та вибору тем для винахідницьких задач. *Засоби і технології сучасного навчального середовища* : матеріали конф., м. Кіровоград / відп. ред. С. П. Величко. Кіровоград : Ексклюзив-Систем, 2010. С. 16–20.

14. Андреев А. М. Методичні прийоми розвитку в учнів здібності до виявлення фізико-технічних проблем та вибору тем для винахідницьких задач. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: Педагогічні науки*. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2010. Вип. 90. С. 3–7.

15. Андреев А. М. Міжнародні конкурси як важлива форма організації інноваційної діяльності учнів у системі позакласної роботи з фізики. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах* : зб. наук. пр. / гол. ред. Т. І. Сущенко. Запоріжжя : КПУ, 2015. Вип. 45 (98). С. 303–312.

16. Андреев А. М. Місце інформаційних технологій у процесі формування в майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: педагогічні науки* : зб. наук. пр. Бердянськ : БДПУ, 2017. Вип. 3. С. 70–77.

17. Андреев А. М. Модель хвильової енергетичної установки та її використання у навчальному процесі з фізики. *Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: педагогічні науки*. Луганськ : Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, 2012. № 22 (257). С. 89–96.

18. Андреев А. М. Навчальна модель пристрою для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну. *Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців-педагогів у природничій та технологічній галузях* : матеріали IV Всеукр. наук.-практ. конф., м. Бердянськ, 11–13 вересня 2013 р. Бердянськ : БДПУ, 2013. С. 18–20.

19. Андреев А. М. Навчальна програма дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» для підготовки майбутніх учителів

фізики. *Проблеми та інновації в природничо-математичній, технологічній і професійній освіті* : зб. матеріалів V-ї Міжнар. наук.-практ. онлайн-інтернет конф., м. Кропивницький, 10-13 жовтня 2017 р. / за заг. ред. М. І. Садового. Кропивницький : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2017. С. 6.

20. Андреев А. М. Напрямки використання інформаційних технологій у процесі формування у майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів. *Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців-педагогів у природничій, технологічній і комп'ютерній галузях* : матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, м. Бердянськ, 13–15 вересня 2017 р. Бердянськ : БДПУ, 2017. С. 15–17.

21. Андреев А. М. Організаційно-педагогічні умови розвитку у майбутніх учителів фізики здатності до організації інноваційної діяльності учнів. *Збірник наукових праць «Педагогічні науки»*. Херсон : ХДУ, 2017. Вип. LXXVII (77). Том 1. С. 123–127.

22. Андреев А. М. Підготовка учнів до зовнішнього оцінювання знань та вмінь, пов'язаних з фізичним експериментом. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: педагогічні науки*. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2009. Вип. 82. Част. 2. С. 293–297.

23. Андреев А. М. Пріоритетні напрямки розвитку освіти у сфері енергозбереження при навчанні фізики. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015. Вип. 8. Част. 2. С. 83–88.

24. Андреев А. М. Результати участі учнів експериментальної групи в міжнародних конкурсах *Intel ISEF* та *I-SWEEEEP* у 2008/2009 та 2009/10 навчальних роках. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2010. Вип. 16. С. 135–138.

25. Андреев А. М. Результативність творчої групи навчально-наукової лабораторії енергоефективності та енергозбереження Запорізького національного університету. *Вісник Запорізького національного університету. Педагогічні науки* / гол. ред. Г. В. Локарева. Запоріжжя : ЗНУ, 2013. С. 73–80.

26. Андреев А. М. Розвиток в учнів моторних умінь і навичок як складова успішності експериментальної роботи з фізики. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: педагогічні науки*. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2008. Вип. 77. Част. 1. С. 18–21.

27. Андреев А. М. Розв'язування фізичних задач з основ енергозбереження як метод поглибленого вивчення термодинаміки у фізико-математичних класах. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки* / гол. ред. М. О. Носко. Чернігів : ЧНПУ, 2012. Вип. 99. С. 3–7.

28. Андреев А. М. Роль освіти і виховання у вирішенні проблеми енергозбереження. *Вісник Запорізького національного університету. Педагогічні науки* / гол. ред. Г. В. Локарева. Запоріжжя : ЗНУ, 2015. № 2. С. 175–182.

29. Андреев А. М. Структурно-функціональна модель підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2017. Вип. 23. С. 117–121.

30. Андреев А. М. Теоретична підготовка учнів з основ енергозбереження у процесі розв'язування задач з термодинаміки. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2012. Вип. 18. С. 146–149.

31. Андреев А. М. Удосконалення методики розробки робіт фізичного практикуму для класів з поглибленим вивченням фізики. *Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки*. Чернігів : ЧДПУ, 2009. Вип. 65, № 65. С. 3–7.

32. Андреев А. М. Формування в учнів компетентності у галузі енергозбереження (на прикладі вивчення основ термодинаміки). *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи* / за ред. В. Д. Сиротюка. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2012. Вип. 33. С. 3–7.

33. Андреев А. М. Формування професійних компетентностей майбутніх учителів фізики у сфері енергозбереження. *Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю* : зб. матеріалів міжнар. наук. конф. / редкол.: П. С. Атаманчук (голов. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : Аксіома, 2013. С. 63–65.

34. Андреев А. М. Формування професійної культури у сфері енергозбереження майбутніх учителів фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2013. Вип. 19. С. 71–73.

35. Андреев А. М., Голубенко А. В. Пристрій для електрохімічного очищення промислових стічних вод від ціанідів та ароматичних вуглеводнів (фенолів). *Хімічна промисловість України*. 2009. № 3 (92). С. 55–59.

36. Андреев А. М., Іваницький О. І., Ткаченко С. П. Методичні основи підготовки майбутнього вчителя фізики до розробки і впровадження інноваційних технологій навчання. *Збірник наукових праць Запорізького обласного інституту післядипломної педагогічної освіти*. Запоріжжя: ЗОІППО, 2011. Вип. 3. URL: http://www.zoippo.zp.ua/pages/el_gurnal/pages/vip3.html.

37. Андреев А. М., Котов Д. О. Хвильова енергетична установка. *Энергосбережение*. 2012. № 9 (155). С. 13–15.

38. Андреев А. М., Кулинич А. Г. Використання апаратно-програмного комплексу Arduino в інноваційній діяльності майбутніх учителів фізики та учнів. *Інформаційні технології в освіті* : зб. наук. праць. 2017. № 31. С. 20–31.

39. Андреев А. М., Кулинич А. Г. Використання комп'ютерної програми Soundcard Score у процесі підготовки майбутніх учителів фізики до інноваційної діяльності. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кропивницький : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2017. Вип. 11. Част. 3. С. 32–36.

40. Андреев А. М., Кулинич А. Г. Використання навчальної комп'ютерної програми Soundcard Score для постановки та розв'язування фізичних задач. *Проблеми та інновації в природничо-математичній, технологічній і професійній освіті* : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. онлайн-інтернет конф., м. Кропивницький, 10–21 квітня 2017 р. / за заг. ред. М. І. Садового та ін. Кропивницький, 2017. С. 45–46.

41. Андреев А. М., Мікаелян Г. Р. Організаційно-змістовий компонент самостійної роботи майбутніх учителів фізики у контексті їх підготовки до інноваційної педагогічної діяльності. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки* / гол. ред. М. О. Носко. Чернігів : ЧНПУ, 2017. Вип. 146. С. 3–8.

42. Андреев А. М., Осипов О. Ю. Фізика. Лабораторні роботи з творчими завданнями : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. Запоріжжя : ЗНУ, 2013. 228 с.

43. Андреев А. М., Терновой В. В., Терновой Вл. В. Хвильова енергетична установка. *Винахідник і раціоналізатор «Наука і техніка»*. 2012. № 3 (114). С. 10–11.

44. Андреев А. М., Ткаченко С. П. Інноваційні підходи до вивчення перетворення теплової енергії у механічну в шкільному курсі фізики. *Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технічних спеціальностей* : зб. матеріалів XI

міжнар. наук. конф. / гол. ред. П. С. Атаманчук. Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня Рута», 2016. С. 80–81.

45. Андреев А. М., Ткаченко С. П. Методичні особливості використання парореактивного рушія у демонстраційному експерименті з фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія: педагогічна* / гол. наук. ред. П. С. Атаманчук. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2016. Вип. 22. С. 121–124.

46. Андреев А. М., Ткаченко С. П. Особливості залучення студентів ВНЗ І-ІІ рівнів акредитації до наукової роботи з фізики. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки* / гол. ред. М. О. Носко. Чернігів : ЧНПУ, 2016. Вип. 138. С. 10–13.

47. Андреев А. М., Ткаченко С. П. Підготовка фахівців інноваційного типу як важливий напрям сучасної педагогічної освіти в Україні. *Наукові записки. Серія: педагогічні науки* : зб. наук. статей / упор. Л. Л. Макаренко. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2016. Випуск СХХХІІ (132). С. 5–13.

48. Андреев А. Н., Гуляева Т. В. Использование поверхностного натяжения жидкости в конструкции самоцентрирующейся опоры для демонстрационного физического эксперимента. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. Москва, 2014. № 12 (71). Часть II. С. 35–42.

49. Андреев А. Н., Гуляева Т. В. Учебная модель аппарата для определения скорости и направления ветра и ее использование в процессе изучения физики. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. Москва, 2016. № 01 (84). Часть IV. С. 7–12.

50. Андреев В. И. Педагогика творческого саморазвития. Инновационный курс. Казань, 1998. 317 с.

51. Андреев В. И. Педагогическая эвристика для творческого саморазвития многомерного мышления и мудрости : монография. Казань : Центр инновационных технологий, 2015. 288 с.

52. Анемометр: пат. 43782 Україна: МПК G01W1 1/00, G01P 5/00, G01P 5/02. № u200904339; заявл. 30.04.2009; опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16.

53. Анисимов Н. М. Теоретические и экспериментальные основы технологии обучения студентов изобретательской и инновационной деятельности : дисс. ... д-ра пед. наук: 13.00.08. Москва, 1998. 413 с.

54. Анциферов Л. И., Пищиков И. М. Практикум по методике и технике школьного физического эксперимента : учеб. пособие для студентов пед. ин – тов по физ.-мат. спец. Москва : Просвещение, 1984. 255 с.

55. Артамонова Е. И. Устойчивое развитие – стратегическая задача высшего профессионального образования в условиях мировой интеграции. *Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: педагогічні науки*. Луганськ : Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, 2012. № 22 (257). С. 166–175.

56. Артамонова Е. И. Формирование инновационной компетентности педагога в процессе обучения в вузе. *Педагогическое образование и наука*. 2013. № 5. С. 17–26.

57. Атаманченко А. К., Давиденко А. А. Экспериментальные задачи по физике и методы их решения : учеб. пособ. Таганрог : Издательство Кучма Ю. Д., 2003. 52 с.

58. Атаманчук П. С. Інноваційні технології управління навчанням фізики : монографія. Кам'янець-Подільський : К-ПДПУ, 1999. 174 с.

59. Атаманчук П. С. Теорія і методика управління пізнавальною діяльністю старшокласників у навчанні фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2000. 40 с.

60. Атаманчук П. С., Ляшенко О. І., Мендерецький В. В. Об'єктивне оцінювання експериментальних досягнень – забезпечення професіоналізму майбутнього вчителя. *Фізика та астрономія в школі*. 2006. № 6 (57). С. 11–17.

61. Атаманчук П. С., Ляшенко О. І., Мендерецький В. В., Кух А. М. Методичні основи організації і проведення навчального фізичного

експерименту : навч. посіб. Кам'янець-Подільський : ПП Буйницький О. А., 2006. 216 с.

62. Атаманчук П. С., Мендерецький В. В., Кух А. М. Елементи цілеорієнтацій експериментальної діяльності студентів з фізики. *Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики* : зб. наук. праць. Кривий Ріг : Вид. відділ НМетАУ, 2004. Вип. 4. С. 8–15.

63. Атаманчук П. С., Ніколаєв О. М. Професійна компетентність майбутнього вчителя як основа педагогічного світогляду. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки* / гол. ред. М. О. Носко. Чернігів : ЧНПУ, 2012. Вип. 99. С. 155–158.

64. Атаманчук П. С., Панчук О. П. Дидактичні основи формування фізико-технологічних компетентностей учнів : монографія. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2011. 252 с.

65. Атаманчук П. С., Семерня О. М. Методичні основи управління навчанням фізики : монографія. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський державний університет, 2005. 196 с.

66. Атаманчук П. С., Сосницька Н. Л. Основи впровадження інноваційних технологій навчання фізики : навч. посіб. Кам'янець-Подільський : Абетка-НОВА, 2007. 200 с.

67. Балакирев А. Ф. Затруднения учителей в инновационной деятельности : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. пед. наук: 13.00.01. Шуя, 2000. 20 с.

68. Бар'яхтар В. Г., Божинова Ф. Я., Кірюхін М. М., Кірюхіна О. О. Фізика. 11 клас. Академічний рівень. Профільний рівень : підручник для загальноосвітніх навч. закл. Харків : Ранок, 2011. 320 с.

69. Безденежных Е. А., Брикман И. С. Физика в живой природе и медицине. Київ : Рад. шк., 1976. 200 с.

70. Белявская И. Б. Формирование готовности учителя к инновационной деятельности в системе методической работы школы : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. пед. наук: 13.00.01. Йошкар-Ола, 2010. 24 с.

71. Беянин В. А. Методическая система формирования исследовательской компетенции будущего учителя при изучении физики : дисс. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. Москва, 2012. 483 с.

72. Бех І. Д. Особистісно зорієнтоване виховання : наук.-метод. посіб. Київ, 1998. 204 с.

73. Белошицкий О. О. Развитие технической творчости учнів у позашкільних закладах освіти України (20–30 рр. ХХ ст.) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.02. Київ, 2007. 19 с.

74. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти : монографія. Київ : Атіка, 2008. 684 с.

75. Биков В. Ю. Теоретико-методологічні засади моделювання навчального середовища педагогічних систем відкритої освіти. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: педагогічні науки*. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2008. Вип. 77. Част. 1. С. 3–12.

76. Білоус С. Ю. Розвиток дослідницьких здібностей старшокласників у процесі діяльності Малої академії наук (на матеріалі фізики) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.02. Київ, 2005. 20 с.

77. Билимович Б. Ф. Тепловые явления в технике : пособие для учащихся. Москва : Просвещение, 1981. 96 с.

78. Благодаренко Л. Ю. Інноваційні підходи до концепції розвитку політехнічного навчання в основній школі. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: П.С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2010. Вип. 16. С. 265–268.

79. Благодаренко Л. Ю. Професійна орієнтація як важлива складова навчально-виховного процесу з фізики в основній школі. *Наукові записки*

Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: педагогічні науки. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2008. Вип. 77. Част. 1. С. 22–27.

80. Благодаренко Л. Ю. Теоретико-методичні засади реалізації фізичного компоненту державного стандарту базової середньої освіти : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2011. 45 с.

81. Благодаренко Л. Ю. Факультативні курси – важливий компонент фізичної освіти в основній школі. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 5. Фізика і математика у вищій і середній школі.* Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2010. Вип. 23. С. 25–31.

82. Благодаренко Л. Ю., Василенко С. Л., Новикова С. О. Факультативні курси як чинник підвищення рівня загальноосвітньої підготовки учнів з фізики. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи* / за ред. В. Д. Сиротюка. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2012. Вип. 33. С. 3–7.

83. Богданов І. Т. Теоретичні і методичні засади формування фізико-технічних знань у процесі фахової підготовки майбутніх учителів фізики : дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2010. 453 с.

84. Богданов К. Ю. Физик в гостях у биолога. Москва : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 144 с.

85. Богоявленская Д. Б. Пути к творчеству. Москва : Знание, 1981. 96 с.

86. Бойко М. П., Венгер Є. Ф., Мельничук О. В. Фізико-технічна творчість учнів : навч. посіб. Київ : Вища шк., 2007. 262 с.

87. Большая универсальная энциклопедия: в 20 т. Москва : АСТ Астрель, 2010. Т. 7. 797 с.

88. Большой психологический словарь / сост. и общ. ред. Б. Мещериков, В. Зинченко. Санкт-Петербург : Прайм – Еврознак, 2003. 672 с.

89. Бугаёв А. И. Методика преподавания физики в средней школе: теорет. основы : учеб. пособ. для студентов пед. ин-тов по физ.-мат. спец. Москва : Просвещение, 1981. 288 с.

90. Будний Б. Є. Теоретичні основи формування в учнів системи фундаментальних фізичних понять : дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 1997. 431 с.
91. Бургун І. В. Реалізація компетентнісного підходу в освіті: термінологічний аспект. *Фізика та астрономія в школі*. 2010. № 10 (85). С. 33–38.
92. Бургун І. В. Розвиток загальнонавчальних умінь учнів основної школи в контексті компетентнісного підходу до навчання фізики : навч.-метод. посіб. для вчителів фізики. Херсон : Грінь Д. С., 2014. 422 с.
93. Бургун І. В. Розвиток навчально-пізнавальних компетенцій учнів основної школи в навчанні фізики : монографія. Херсон : Грінь Д. С., 2014. 528 с.
94. Буряк П. Ю., Гупало О. Г. Європейська інтеграція і глобальні проблеми сучасності : навч. посіб. Київ : Хай-Тек Прес, 2008. 352 с.
95. Бутиков Е. И., Быков А. А., Кондратьев А. С. Физика в примерах и задачах : учеб. пособ. Москва : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 464 с.
96. Бушок Г. Ф., Колупаєв Б. С. Науково-методичні основи викладання загальної фізики. Рівне : Діва, 1999. 410 с.
97. Вайндорф-Сысоева М. Е. Организация виртуальной образовательной среды в подготовке педагогических кадров к инновационной деятельности : автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра пед. наук: 13.00.08. Москва, 2009. 50 с.
98. Величко С. А., Третьяков О. С. Альтернативна енергетика України. Матеріали для уроків, факультативів, МАН. Харків : Основа, 2010. 128 с.
99. Величко С. П. Розвиток системи навчального фізичного експерименту в сучасній середній школі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 1998. 34 с.
100. Величко С. П. Формування компетентності сучасного вчителя до інноваційної діяльності. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: проблеми*

методики фізико-математичної і технологічної освіти. Кропивницький : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016. Вип. 10. Част. 1. С. 15–20.

101. Величко С. П., Денисов Д. О. Програмна підтримка дослідів з оптики в одинадцятому класі. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: педагогічні науки*. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. 2008. Вип. 77. Част. 1. С. 160–164.

102. Величко С. П., Соменко Д. В., Соменко О. О. Поєднання сучасних поглядів на поліпшення проблеми підготовки високопрофесійного вчителя фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2016. Вип. 22. С. 20–23.

103. Вербицкий А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход : метод. пособие. Москва: Высшая школа, 1991. 207 с.

104. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста. Москва : Наука, 1988. 520 с.

105. Взаємозв'язок когнітивних та особистісних чинників у розвитку обдарованості : монографія / Р. О. Семенова, Д. К. Корольов, М. О. Мельник та ін.; за ред. Р. О. Семенової. Київ : Педагогічна думка, 2008. 144 с.

106. Височин І. В. Інноваційна інфраструктура вищих навчальних закладів. *Проблеми та перспективи розвитку інноваційної діяльності в Україні: VIII Міжнар. бізнес-форум*, м. Київ, 19 березня 2015 р.; відп. ред. А. А. Мазаракі. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2015. С. 44–46.

107. Віднічук М. А. Технології технічної творчості. Київ : Ред. загальнопед. газ., 2004. Част. 1. 112 с.

108. Віднічук М. А. Технології технічної творчості. Київ : Ред. загальнопед. газ., 2004. Част. 2. 120 с.

109. Віднічук М. А. Формування вмінь розв'язувати винахідницькі задачі в курсі фізики загальноосвітньої школи : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.02. Київ, 2003. 19 с.

110. Внеурочная работа по физике / О. Ф. Кабардин, Э. М. Браверман, Г. Р. Глущенко и др.; под ред. О. Ф. Кабардина. Москва : Просвещение, 1983. 223 с.

111. Вовкотруб В. П. Посилення практичної спрямованості робіт фізичного практикуму. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кропивницький : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016. Вип. 10. Част. 1. С. 119–123.

112. Вовкотруб В. П. Реалізація рівневого підходу до виконання експериментальних завдань з молекулярної фізики. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: педагогічні науки*. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2009. Вип. 82. Част. 2. С. 300–303.

113. Вовкотруб В. П. Теоретичні та методичні основи реалізації вимог ергономіки навчального фізичного експерименту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2007. 42 с.

114. Волкова Н. П. Педагогіка : навч. посіб. Київ : Академвидав, 2009. 616 с.

115. Воропаева Е. Э. Структура и критерии готовности педагога к инновационной деятельности. *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 4. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13880> (дата обращения: 25.10.2017).

116. Всероссийские олимпиады по физике / под ред. С. М. Козела, В. П. Слободянина. Москва : Вербум-М, 2005. 534 с.

117. Выготский Л. С. Педагогическая психология / под ред. В. В. Давыдова. Москва : АСТ Астрель, 2008. 671 с.

118. Выготский Л. С. Психология развития человека. Москва : Изд-во Смысл; Изд-во Эксмо, 2004. 1136 с.

119. Габай Т. В. Педагогическая психология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. Москва : Академия, 2003. 240 с.

120. Гавриш І. В. Теоретико-методологічні основи формування готовності майбутніх учителів до інноваційної професійної діяльності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.04. Луганськ, 2006. 44 с.

121. Галатюк Ю. М. Організація дослідницької роботи учнів під час вивчення фізики в старших класах середньої школи : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.02. Київ, 1997. 24 с.

122. Галатюк М. Ю., Галатюк Ю. М. Проблема формування навчально-пізнавальної компетентності школярів у контексті реформування та вдосконалення природничої освіти. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: педагогічні науки*. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2010. Вип. 90. С. 56–59.

123. Галатюк М. Ю., Галатюк Ю. М., Тищук В. І. Лабораторні роботи з фізики в контексті формування пізнавальної компетентності учнів. *Фізика та астрономія в школі*. 2011. № 3 (90). С. 15–18.

124. Гальперин П. Я. Введение в психологию : учеб. пособие для вузов. Москва : КДУ, 2006. 336 с.

125. Гансовский С. Ф. Хозяин бухты. *Стальная змея* : сб. науч.-фантаст. рассказов. Москва : Знание, 1991. С. 25–46.

126. Геєць В. М., Семиноженко В. П. Інноваційні перспективи України. Харків : Константа, 2006. 272 с.

127. Гильмеярова С. Г., Матвеева Л. М. Пути модернизации занятий по физике в вузах. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки* / гол. ред. М. О. Носко. Чернігів : ЧНПУ, 2012. Вип. 99. С. 172–173.

128. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для вузов. Москва : Высш. шк., 2002. 479 с.
129. Гнездилова О. Н. Инновационная педагогическая деятельность как фактор предупреждения эмоционального выгорания учителя : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. псих. наук: 19.00.07. Москва, 2005. 21 с.
130. Гончаренко С. У. Методика навчання фізики в середній школі : посібник для вчителя. Київ : Рад. школа, 1984. 208 с.
131. Гончаренко С. У. Методологические и теоретические основы формирования у учащихся средней школы естественнонаучной картины мира : дис. ... д-ра пед. наук в форме научного доклада: 13.00.02. Київ, 1989. 56 с.
132. Гончаренко С. У. Формування наукового світогляду учнів під час вивчення фізики : посібник для вчителя. Київ : Рад. школа, 1990. 208 с.
133. Гончаренко С. У., Коршак Є. В. Фізика. Олімпіадні задачі. 9–11 класи. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 1999. 200 с.
134. Гончаренко С. У., Коршак Є. В. Фізика. Олімпіадні задачі. 7–8 класи. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 1998. 72 с.
135. Гордієнко Т. П. Самостійна навчальна діяльність студентів університетів з курсу загальної фізики : монографія. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2007. 209 с.
136. Грабарь М. И., Краснянская К. А. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы. Москва : Педагогика, 1977. 136 с.
137. Гура О. І. Педагогіка вищої школи: вступ до спеціальності : навч. посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2005. 224 с.
138. Гура О. І. Психолого-педагогічна компетентність викладача вищого навчального закладу: теоретико-методологічний аспект : монографія. Запоріжжя : ГУ «ЗІДМУ», 2006. 332 с.
139. Гурина Р. В. Подготовка учащихся физико-математических классов к профессиональной деятельности в области физики : дисс. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. Ульяновск, 2007. 471 с.

140. Давиденко А. А. Методика розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики (теоретичні основи): монографія. Ніжин: Аспект-Поліграф, 2004. 264 с.

141. Давиденко А. А. Нетрадиційні теплові двигуни. *Фізика та астрономія в сучасній школі*. 2012. № 2 (97). С. 7–13.

142. Давиденко А. А. Пошук аналогів винаходів у природі як засіб розвитку творчих здібностей учнів. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: педагогічні науки*. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2008. Вип. 77. Част. 1. С. 66–70.

143. Давиденко А. А. Теоретичні та методичні засади розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2007. 33 с.

144. Давыдов В. В. Проблемы развивающего обучения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. Москва: Академия, 2004. 288 с.

145. Даниленко Л. І. Теоретико-методичні засади управління інноваційною діяльністю в загальноосвітніх навчальних закладах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.01. Київ, 2005. 42 с.

146. Демонстраційний магазин опорів: пат. 44726 Україна: МПК (2009) G09B 23/00. № 200904892; заявл. 18.05.2009; опубл. 12.10.2009, Бюл. № 19.

147. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти. *Фізика та астрономія в сучасній школі*. 2012. № 4 (99). С. 2–8.

148. Дерзкие формулы творчества / сост. А. Б. Селюцкий. Петрозаводск: Карелия, 1987. 269 с.

149. Дзяд О. В., Рудік О. М. Спільні політики Європейського Союзу та їх значення для України: навч. посібник / за заг. ред. М. Бойцуна та ін. Київ: Міленіум, 2009. 668 с.

150. Дидактика средней школы: Некоторые проблемы современной дидактики: учеб. пособие / под ред. М. Н. Скаткина. Москва: Просвещение, 1982. 319 с.

151. Дичківська І. М. Інноваційні педагогічні технології : навч. посібник. Київ : Академвидав, 2004. 352 с.
152. Дмитриева В. Ф., Самойленко П. И. Повышение эффективности обучения физике на основе проектной и исследовательской деятельности. *Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки*. Чернігів : ЧДПУ, 2008. Вип. 57. № 57. С. 51–53.
153. Докучаєва В. В. Теоретико-методологічні засади проектування інноваційних педагогічних систем : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.01. Луганськ, 2007. 44 с.
154. Дружинин В. Н. Психология общих способностей. Санкт-Петербург : Питер, 2002. 368 с.
155. Дьюи Д. Психология и педагогика общих способностей / пер. с англ. Н. М. Никольской. Москва : Совершенство, 1997. 198 с.
156. Дяченко М. Д. Наукова інтерпретація ідеї розвитку творчого потенціалу майбутніх фахівців: історичний аспект. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах* : зб. наук. пр. / гол. ред. Т. І. Сущенко. Запоріжжя : КПУ, 2015. Вип. 45 (98). С. 9–18.
157. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями : навч. посіб. / В. В. Прокопенко та ін. Київ : Освіта України, 2008. 438 с.
158. Енергозбереження та пом'якшення змін клімату : посіб. для учнів загальноосвітніх навч. закладів / А. В. Праховник та ін. Київ, 2008. 120 с.
159. Енциклопедичний довідник «Лауреати Нобелівської премії. 1901 – 2001» : видання ювілейне / упоряд.: С. О. Довгий, В. М. Литвин, В. Б. Солоіденко. Київ : Український видавничий центр, 2001. 768 с.
160. Енциклопедія освіти / Академія педагогічних наук України; гол. ред. В. Г. Кремень. Київ : Юрінком Інтер, 2008. 1040 с.
161. Енциклопедія педагогічних технологій та інновацій / автор-укладач Н. П. Наволокова. Харків : Основа, 2012. 176 с.

162. Енциклопедія сучасної України. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень Національної академії наук України, 2011. Т. 11. 712 с.
163. Еріванцев І. М., Коваль В. В. Електричні вимірювання : навч. посіб. Дніпропетровськ : Видавництво ВЦАС та А, 1998. 368 с.
164. Європейська стратегія тривалої, конкурентоспроможної та безпечної енергетики. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_713 (дата звернення: 25.12.2017).
165. Ефремов И. А. Тень минувшего : собрание сочинений в 5 т. Москва : Мол. гвардия, 1986. Т. 1. С. 217–261.
166. Жалдак М. И. Система подготовки учителя к использованию информационной технологии в учебном процессе : дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. Москва, 1989. 48 с.
167. Заболотний В. Ф. Дидактичні засади застосування мультимедіа у формуванні методичної компетентності майбутніх учителів фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2010. 38 с.
168. Заболотний В. Ф. Формування методичної компетентності учителя фізики засобами мультимедіа : монографія. Вінниця : Едельвейс і К, 2009. 454 с.
169. Завалевський Ю. І. Теоретико-методичні засади формування вчителя як конкурентоспроможного фахівця в процесі інноваційної діяльності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.04. Харків, 2015. 40 с.
170. Задачи по физике : учеб. пособие / И. И. Воробьев и др.; под ред. О. Я. Савченко. Москва : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1998. 416 с.
171. Зайченко І. В. Педагогіка : навч. посіб. для студентів вищих педагогічних навчальних закладів. Київ : Освіта України, 2006. 528 с.
172. Зайченко І. В. Педагогіка : підручник. Київ : Ліра-К, 2016. 608 с.
173. Закота Л. А., Ляшенко О. І. Проблемне навчання фізики : посібник для вчителів. Київ : Рад. шк., 1985. 96 с.

174. Застосування телекомунікаційних засобів у навчальному процесі (психолого-педагогічні аспекти) : навч.-метод. посібник / М. Л. Смульсон, Н. М. Бугайова, В. В. Депутат та ін.; за ред. М. Л. Смульсон. Київ : Педагогічна думка, 2008. 256 с.

175. Захлебный А. Н. Школа и проблемы охраны природы. Москва : Педагогика, 1981. 184 с.

176. Збірник задач «Левеня» (2002 – 2011) / упорядник В. І. Алексейчук. Львів : Каменяр, 2012. 242 с.

177. Збірник різнорівневих завдань для державної підсумкової атестації з фізики / Гельфгат І. М. та ін. Харків : Гімназія, 2003. 80 с.

178. Зверев И. Д. Экологическое образование в школе. Москва : Московский центр межнационального и сравнительного образования, 1994. 32 с.

179. Зверева Н. М. Активизация мышления учащихся на уроках физики: Из опыта работы : пособие для учителей. Москва : Просвещение, 1980. 112 с.

180. Здібності, творчість, обдарованість: теорія, методика, результати досліджень / за ред.: В. О. Моляко, О. Л. Музики. Житомир : Рута, 2006. 320 с.

181. Знаменский П. А. Лабораторные занятия по физике в средней школе. Ленинград : Учпедгиз, 1955. Ч. 1. 324 с.

182. Іваницький О. І. Професійна підготовка майбутнього вчителя фізики в умовах інформаційно-освітнього середовища : монографія. Запоріжжя: ЗНУ, 2014. 230 с.

183. Іваницький О. І. Сучасні технології навчання фізики в середній школі : монографія. Запоріжжя : Прем'єр, 2001. 266 с.

184. 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: 13.00.02. Київ, 2005. 43 с.

185. Іваницький О. І., Ткаченко С. П. Технології навчання фізики (теоретико-методичні засади) : навч. посібник. Запоріжжя: ЗНУ, 2010. 254 с.

186. Иванова Т. М. Педагогическая практика как составляющая подготовки будущего учителя к инновационной деятельности : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. пед. наук: 13.00.08. Чита, 2006. 23 с.

187. Іллюшко В. В. Навчальний фізичний експеримент у формуванні творчої активності учнів на уроках фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.02. Київ, 1997. 22 с.

188. Інтерактивні методи на уроках фізики / упоряд.: Л. Хольвінська, С. Філоненко. Київ : Шкільний світ, 2008. 128 с.

189. Кабардин О. Ф., Орлов В. А. Международные физические олимпиады школьников / под ред. В. Г. Разумовского. Москва : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. 160 с.

190. Казневский В. П. Аэродинамика в природе и технике : кн. для внеклассного чтения учащихся 8–10 кл. Москва : Просвещение, 1985. 127 с.

191. Калачев Н. В. Методическая система экспериментальной подготовки по физике студентов вузов в цикле естественнонаучных дисциплин : дисс. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. Москва, 2013. 355 с.

192. 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: 13.00.02. Київ, 2003. 39 с.

193. Касперський А. В., Кучменко О. М., Богданов І. Т. Методичні засади формування базових знань юриспруденції аспірантів технологічної освітньої галузі. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2016. Вип. 22. С. 83–86.

194. Клименко В. В. Как воспитать вундеркинда. Харьков : Фолио; Санкт-Петербург : Кристалл, 1996. 463 с.

195. Клокар Н. І. Психолого-педагогічна підготовка вчителя до інноваційної діяльності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.04. Київ, 1997. 19 с.

196. Ковалева Т. М. Инновационная школа: аксиомы и гипотезы. Москва : Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж : Издательство НПО «МОДЭК», 2003. 256 с.

197. Ковалко М. П., Денисюк С. П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / відп. ред. А. К. Шидловський. Київ : Українські енциклопедичні знання, 1998. 506 с.

198. Козлова О. Г. Підготовка вчителя до інноваційної діяльності в системі післядипломної освіти : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.01. Київ, 1999. 20 с.

199. Коломин В. И. Фундаментальная подготовка по физике как основа формирования профессиональной компетентности будущих учителей физики : дисс. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. Астрахань, 2010. 323 с.

200. Коменский Я. А. Избранные педагогические сочинения: в 2-х т. Москва : Педагогика, 1982. Т. 1. 656 с.

201. Кондрашов В. А., Чекалов Д. А., Копорулина В. Н. Новейший философский словарь / под общ. ред. А. П. Ярещенко. Ростов на Дону : Феникс, 2008. 668 с.

202. Концепція нової української школи. URL: <http://mon.gov.ua/Новини%202016/12/05/konczepczyia.pdf> (дата звернення: 02.12.2017).

203. Концепція реформування державної політики в інноваційній сфері : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 10.09.2012 р. № 691-р. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/691-2012-p/paran9#n9> (дата звернення: 25.12.2017).

204. Концепція розвитку національної інноваційної системи : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17.06.2009 р. № 680-р. URL:

<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/680-2009-p/print1453044284157004> (дата звернення: 25.12.2017).

205. Корніч А. М. Організація роботи учнів з фізики в позаурочний час : посіб для вчителів. Київ : Рад. шк., 1984. 88 с.

206. Коробова І. В. Компетентнісно орієнтована методична підготовка майбутніх учителів фізики на засадах індивідуального підходу : монографія. Херсон : ФОП Грінь Д. С., 2016. 366 с.

207. Коршак Є. В., Миргородський Б. Ю. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту (практикум) : посібник для пед. інститутів. Київ : Вища школа, 1981. 280 с.

208. Котельніков Г. О. Лабораторні роботи з фізики дослідницького характеру у класах з поглибленим вивченням фізики : дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. Запоріжжя, 1997. 213 с.

209. Кравченко В. М. Модернізація професійної підготовки викладачів вищої школи в умовах магістратури : теорія і практика: монографія. Запоріжжя : КПУ, 2016. 435 с.

210. Кравчук П. Ф. Формирование творческого потенциала личности в системе высшего образования : автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра филос. наук: 22.00.26. Москва, 1992. 32 с.

211. Кремінський Б. Г. Використання задач у роботі з обдарованою молоддю з фізики. *Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки* / гол. ред. М. О. Носко. Чернігів : ЧДПУ. 2010. Вип. 77. С. 97–100.

212. Кремінський Б. Г. Дистанційне навчання як педагогічна технологія: переваги та недоліки. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки* / гол. ред. М. О. Носко. Чернігів : ЧНПУ, 2017. Вип. 146. С. 148–151.

213. Кремінський Б. Г. Міжнародна фізична олімпіада як форма роботи з обдарованою молоддю. *Фізика та астрономія в школі*. 2009. № 6. С. 7–10.

214. Кремінський Б. Г. Підготовка до участі у міжнародних олімпіадах як форма роботи з інтелектуально обдарованою молоддю. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи* / за ред. В. Д. Сиротюка. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2012. Вип. 33. С. 93–101.

215. Кремінський Б. Г. Підсумки та аналіз результатів виступу команди України на 38-й Міжнародній фізичній олімпіаді. *Фізика та астрономія в школі*. 2008. № 2. С. 54–56.

216. Кремінський Б. Г. Теоретичні і методичні засади роботи з інтелектуально обдарованою молоддю з фізики: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : 13.00.02. Київ, 2012. 40 с.

217. Кремінський Б. Г. Теорія і практика роботи з інтелектуально обдарованою учнівською і студентською молоддю з фізики : монографія. Київ : Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, 2011. 421 с.

218. Кремінський Б. Г., Пінкевич І. П. Задачі міжнародних фізичних олімпіад. 1987 – 1999 рр. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2000. 152 с.

219. Крысанова О. А. Инновационная методическая деятельность учителя физики : монография. Москва : Прометей, 2012. 175 с.

220. Крысанова О. А. Подготовка будущего учителя физики к инновационной методической деятельности в условиях реформирования образования : автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра пед. наук: 13.00.02. Москва, 2013. 44 с.

221. Кузнецова О. В. Формування інноваційного стилю професійної діяльності у студентів педагогічного коледжу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.04. Харків, 2009. 20 с.

222. Кузьмичев В. Е. Законы и формулы физики / отв. ред. В. К. Тартаковский. Киев : Наукова думка, 1989. 864 с.

223. Курманов М. К. Подготовка будущих учителей физики в университете к формированию познавательной активности учащихся : автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра пед. наук: 13.00.01. Бишкек, 2000. 44 с.

224. Кухарчук Р. П. Розвиток творчих здібностей учнів при вивченні елементів електроніки на уроках фізики і у позаурочній роботі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.02. Київ, 2005. 20 с.

225. Кушнір С. М. Енергозбереження по-запорізьки. *Енергосбережение*. 2012. № 3 (149). С. 20–21.

226. Лазебна О. М. Формування активної екологічної позиції підлітків : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.07. Київ, 2004. 20 с.

227. Ланге В. Н. Экспериментальные физические задачи на смекалку : учебное руководство. Москва : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. 128 с.

228. Ланина И. Я., Тряпицына А. П. Раздвигая границы привычного: Путешествие по урокам физики. Ленинград : Лениздат, 1990. 110 с.

229. Лапінський В. В., Шут М. І. Комп'ютерно-орієнтоване навчальне середовище та вимоги до його реалізації. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: педагогічні науки*. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2008. Вип. 77. Част. 1. С. 79–85.

230. Лебедев С. А. Философия науки: Терминологический словарь. Москва : Академический Проект, 2011. 269 с.

231. Лебідь С. Г. Формування екологічної культури учнів 7–11 класів у процесі вивчення курсу екології : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.07. Київ, 2001. 20 с.

232. Лень А. Є, Шут М. І. Інноваційна культура – орієнтир у навчанні майбутніх учителів фізики в контексті завдань історико-наукових досліджень. *Наукові записки* : зб. наук. праць НПУ імені М. П. Драгоманова. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2003. Вип. 53. С. 184–188.

233. Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность: изд. 2-е, стер. Москва : Смысл; Издательский центр «Академия», 2005. 352 с.

234. Людина і соціум у глобалізованому світі : монографія / О. К. Чаплигін та ін.; за ред. О. К. Чаплигіна. Харків : ХНАДУ, 2012. 339 с.

235. Ляшенко О. І. Взаємозв'язок теоретичного та емпіричного в навчанні фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02, 13.00.04. Київ, 1996. 50 с.

236. Ляшенко О. І. Пріоритети розвитку української школи в умовах реформування освіти. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: П.С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2016. Вип. 22. С. 39–42.

237. Ляшенко О. І. Формування фізичного знання в учнів середньої школи: Логіко-дидактичні основи : монографія. Київ : Генеза, 1996. 128 с.

238. Ляшенко О. І., Бургун І. В. Розвиток навчально-пізнавальної компетентності учнів основної школи у навчанні фізики. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки* / гол. ред. М. О. Носко. Чернігів : ЧНПУ, 2013. Вип. 109. С. 68–73.

239. Мазаракі А. А., Шклярук К. С. Дослідницький університет як учасник системи розвитку вищої освіти в Україні. *Проблеми та перспективи розвитку інноваційної діяльності в Україні: VIII Міжнар. бізнес-форум*, м. Київ, 19 березня 2015 р. / відп. ред. А. А. Мазаракі. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2015. С. 157–158.

240. Майер В. В. Реакция вытекающей и втекающей струй. *Квант*. 1978. № 9. С. 20–21.

241. Майер В. В., Вараксина Е. И. Гейзер и парореактивный движитель. *Потенциал*. 2012. № 5. С. 63–72.

242. Майер В. В., Сауров Ю. А. Духовное завещание – программа профессора В. Г. Разумовского. *Учебная физика*. 2017. № 1. С. 3–23.

243. Малафеев Р. И. Проблемное обучение физике в средней школе: Из опыта работы : пособие для учителей. Москва : Просвещение, 1980. 127 с.

244. Маркович Л. М. Екологічні знання як чинник гуманітаризації шкільного курсу фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.02. Київ, 2007. 19 с.

245. Мартинюк М. Т. Науково-методичні засади навчання фізики в основній школі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 1999. 33 с.

246. Матюшкин А. М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении. Москва : Педагогика, 1972. 168 с.

247. Махмутов М. И. Проблемное обучение. Основные вопросы теории. Москва : Педагогика, 1975. 368 с.

248. Махмутов М. И. Организация проблемного обучения в школе : книга для учителей. Москва : Просвещение, 1977. 240 с.

249. Меерович М. И., Шрагина Л. И. Теории решения изобретательских задач. Минск : Харвест, 2003. 428 с.

250. Межпредметные связи курса физики в средней школе / Ю. И. Дик, И. К. Турышев, Ю. И. Лукьянов и др.; под ред. Ю. И. Дика. Москва : Просвещение, 1987. 191 с.

251. Мендерецький В. В. Методична система експериментальної підготовки майбутніх учителів фізики: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2007. 36 с.

252. Мендерецький В. В. Навчальний експеримент в системі підготовки вчителя фізики : монографія. Кам'янець-Подільський : К-ПДУ, редакц.-видавн. відділ, 2006. 256 с.

253. Методи розв'язування фізичних задач / Галатюк Ю. М. та ін. Харків : Основа, 2010. 224 с.

254. Методика навчання фізики у старшій школі : навч. посіб. / В. Ф. Савченко та ін.; за ред. В. Ф. Савченка. Київ : ВЦ «Академія», 2011. 296 с.

255. Методика факультативних занять по физике : пособие для учителей / О. Ф. Кабардин и др.; под ред. О. Ф. Кабардина. Москва : Просвещение, 1980. 191 с.

256. Методичні вказівки до підготовки робіт на Національний конкурс науково-технічних проектів учнів «Intel-Техно Україна» / уклад.: М. А. Дмитренко, Н. Т. Мосякіна. Київ : Спільна лабораторія оперативної поліграфії ННК «ІПСА» та ФТІ НТУУ «КПІ», 2012. 60 с.

257. Методологія наукової діяльності : навч. посіб. / Д. В. Чернілевський та ін.; за ред. Д. В. Чернілевського. Вінниця : Вид-во АМСКП, 2010. 484 с.

258. Мислинська Н. Л. Реалізація принципу екологізації у навчанні фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / ред. кол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка. 2012. Вип. 18. С. 125–127.

259. Мінаєв Ю. П., Тихонська Н. І. Мова фізичних задач : навч. посіб. для студентів фізичного факультету. Запоріжжя : ЗНУ, 2011. 95 с.

260. Мітрясова О. П. Природничо-наукові основи формування змісту природничих дисциплін. *Проблеми освіти* : наук. зб. / Інститут інноваційних технологій і змісту освіти МОН України. Київ, 2010. Вип. 65. С. 132–134.

261. Мосякіна Н. Т. Будемо сподіватися. *Науковий світ*. 2007. № 12. С. 25.

262. Мультимедійні системи як засоби інтерактивного навчання : посібник / М. І. Жалдак, М. І. Шут, Ю. О. Жук та ін.; за ред. Ю. О. Жука. Київ : Педагогічна думка, 2012. 112 с.

263. Навчальні програми для 10–11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. Пояснювальна записка. URL: <http://mon.gov.ua/content/Освіта/fizika.poyasnitelnaya-zapiska.pdf> (дата звернення: 10.12.2017).

264. Національна рамка кваліфікацій : Постанова Кабінету Міністрів України від 23.11.2011 р. №1341. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-п> (дата звернення: 25.12.2017).

265. Національна стратегія розвитку освіти в Україні на період до 2021 року : Указ Президента України від 25.06.2013 р. № 344/2013 URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/344/2013> (дата звернення: 25.12.2017).

266. Неводниченко Н. В. Педагогическая практика как средство подготовки будущего учителя к инновационной педагогической деятельности : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. пед. наук: 13.00.08. Нижний Новгород, 2005. 24 с.

267. Ніколаєв О. М. Теоретико-методичні засади формування методичної компетентності майбутніх учителів фізики у процесі навчання фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2017. 40 с.

268. Ніколаєнко С. М. Теоретико-методологічні основи управління інноваційним розвитком системи освіти України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.06. Київ, 2009. 44 с.

269. Низамов И. М. Задачи по физике с техническим содержанием : пособие для учащихся / под ред. А. В. Пёрышкина. Москва : Просвещение, 1980. 96 с.

270. Новиков Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). Москва : МЗ-Пресс, 2004. 67 с.

271. Новикова Г. П. Инновационная деятельность – важнейшее условие профессионально-личностного развития педагога. *Педагогическое образование и наука*. 2015. № 3. С. 11–14.

272. Новоселов С. А., Львова Л. И. Структурно-функциональная модель подготовки учащихся к инновационной деятельности в области техники и технологий. *Педагогическое образование в России*. 2016. № 3. С. 26–31.

273. Нормативно-правова база енергоспоживання та енергозбереження : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Енергозберігаючі університети», (Запоріжжя, 1–2 червня 2012 р.) / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, ЗНУ. Запоріжжя : ЗНУ, 2012. 356 с.

274. Орлов А. И. Двухвыборочный критерий Вилкоксона – анализ двух мифов. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. Краснодар : КубГАУ, 2014. № 104(10). URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/06.pdf> (дата обращения: 25.12.2017).

275. Осипов О. Ю., Андрєєв А. М. Теорія ймовірностей та математична статистика : навч. посібник. Запоріжжя : ЗНУ, 2011. 198 с.
276. Осипов О. Ю., Андрєєв А. М. Термодинаміка і статистична фізика в прикладах і задачах : навч. посібник. Запоріжжя : ЗНУ, 2010. 220 с.
277. Основы методики преподавания физики в средней школе / В. Г. Разумовский, А. И. Бугаёв, Ю. И. Дик и др.; под ред. А. В. Пёрышкина и др. Москва : Просвещение, 1984. 398 с.
278. Охорона інтелектуальної власності в Україні / С. О. Довгий, В. О. Жаров, В. О. Зайчук та ін. Київ : Форум, 2002. 319 с.
279. Охорона промислової власності в Україні : монографія / О. Д. Святоцький, В. Л. Петров, Г. О. Андрощук та ін.; за ред. О. Д. Святоцького, В. Л. Петрова. Київ : Видавничий Дім «Ін Юре», 1999. 400 с.
280. Павленко А. І. Методика навчання учнів середньої школи розв'язуванню і складанню фізичних задач : навч.-метод. посібник. Запоріжжя : Прем'єр, 2000. 102 с.
281. Павленко А. І. Методика навчання учнів середньої школи розв'язуванню і складанню фізичних задач (теоретичні основи) : монографія. Київ: Міжнародна фінансова агенція, 1997. 177 с.
282. Павленко Г. Е. Бегущие по волнам. *Техника молодежи*. 1962. № 11. С. 30–32.
283. Пальчевський С. С. Педагогіка : навч. посіб. Київ : Каравела, 2007. 576 с.
284. Педагогіка вищої школи і вищої освіти : курс лекцій для магістрів / І. П. Аносов та ін. Мелітополь : ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2009. 316 с.
285. Педагогіка вищої школи : навч. посіб. / З. Н. Курлянд, Р. І. Хмелюк, А. В. Семенова та ін.; за заг. ред. З. Н. Курлянд. Київ : Знання, 2007. 495 с.
286. Педагогіка вищої школи : словник-довідник / упор. О. О. Фунтікова. Запоріжжя : КПУ, 2014. 432 с.

287. Педагогічна майстерність : підручник / І. А. Зязюн, Л. В. Крамущенко, І. Ф. Кривонос та ін.; за ред. І. А. Зязюна. Київ : Вища шк., 1997. 349 с.

288. Педан А. Д., Чухрай Н. І. Інститут винахідництва – джерело фінансування наукової та інноваційної діяльності дослідницького університету. *Проблеми та перспективи розвитку інноваційної діяльності в Україні: VIII Міжнар. бізнес-форум*, м. Київ, 19 березня 2015 р. / відп. ред. А. А. Мазаракі. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2015. С. 186–188.

289. Петрович Н. Т., Цуриков В. М. Путь к изобретению. Москва : Мол. гвардия, 1986. 222 с.

290. Петрушенко В. Л. Філософія : навч. посібник (в 2-х част.). Львів : Новий світ – 2000, 2011. 647 с.

291. Пидкасистый П. И. Самостоятельная деятельность учащихся. Москва : Педагогика, 1986. 207 с.

292. Платонов К. К. Структура и развитие личности. Москва : Наука, 1986. 256 с.

293. Подмазин С. И. Личностно-ориентированное образование : социально-философское исследование. Запорожье : Просвита, 2000. 250 с.

294. Подымова Л. С. Психолого-педагогическая инноватика: личностный аспект : монографія. Москва : Прометей: МПГУ, 2012. 205 с.

295. Подымова Л. С. Теоретические основы подготовки учителя к инновационной деятельности : автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра пед. наук: 13.00.01. Москва, 1996. 32 с.

296. Поліхун Н. І. Розвиток творчої діяльності старшокласників у процесі навчання фізики з використанням проектної технології : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.02. Київ, 2007. 21 с.

297. Положення про порядок здійснення інноваційної освітньої діяльності : Наказ МОН України від 07.11.2000 р. № 522. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0946-00> (дата звернення: 25.12.2017).

298. Пономарев П. Я. Исследование проблем психологии творчества. Москва : Наука, 1983. 336 с.

299. Попова О. В. Провідні теоретичні концепції освітньої інноватики на Заході в 60–80-ті роки ХХ століття. *Ціннісні парадигми освіти*. Харків : Основа, 2004. 128 с.

300. Поташник М. М. Педагогическое творчество: проблемы развития и опыт : пособие для учителя. Київ : Рад. шк., 1988. 187 с.

301. Поташник М. М., Левит М. В. Как помочь учителю в освоении ФГОС : метод. пособие. Москва : Педагогическое общество России, 2014. 320 с.

302. Правила игры без правил / сост. А. Б. Селюцкий. Петрозаводск : Карелия, 1989. 280 с.

303. Праховник А. В., Іншеков Є. М. Ефективне енерговикористання в Україні: основні проблеми та шляхи їх вирішення. *Управління енерговикористанням* : зб. доп. / під заг. ред. А. В. Праховника. Київ : Альянс за збереження енергії, 2001. С. 19–34.

304. Пристрій для демонстрації перетворення енергії: пат. 85622 Україна: МПК (2006.01) G09B 23/08, G09B 23/18. № u2013 06834; заявл. 31.05.2013; опубл. 25.11.2013, Бюл. № 22.

305. Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну: пат. 78031 Україна: МПК G09B 23/16 (2006.01), G09B 5/00, G09B 9/00. № u2012 08597; заявл. 11.07.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5.

306. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (дата звернення: 25.12.2017).

307. Про енергозбереження : Закон України від 01.07.1994 р. № 74/94-ВР. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр> (дата звернення: 25.12.2017).

308. Про загальну середню освіту : Закон України від 13.05.1999 р. № 651-XIV. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/651-14> (дата звернення: 25.12.2017).

309. Про інноваційну діяльність : Закон України від 04.07.2002 р. № 40-IV. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/40-15> (дата звернення: 25.12.2017).

310. Про наукову і науково-технічну діяльність : Закон України від 26.11.2015 р. № 848-VIII. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/848-19/page> (дата звернення: 25.12.2017).

311. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2145-19/page> (дата звернення: 25.12.2017).

312. Про охорону прав на винаходи і корисні моделі : Закон України від 15.12.1993 р. № 3687-XII. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/3687-12> (дата звернення: 25.12.2017).

313. Програми спецкурсів і факультативів з фізики та астрономії / відп. за випуск І. М. Пархоменко, О. В. Хоменко, І. А. Юрчук. Тернопіль : Мандрівець, 2003. 70 с.

314. Проект Стандарту вищої освіти України зі спеціальності 014 «Середня освіта (Фізика)». URL: <http://mon.gov.ua/activity/education/reforma-osviti/naukovo-metodichna-rada-ministerstva/proekti-standartiv-vishhoyi-osviti.html> (дата звернення: 25.11.2017).

315. Проекти та наукові конференції як форма активізації пізнавальної діяльності учнів : навч.-метод. посіб. / гол. ред. І. Ю. Ненашев. Харків : Основа, 2008. 160 с.

316. Психологічна енциклопедія / автор-упорядник О. М. Степанов. Київ : Академвидав, 2006. 424 с.

317. Психолого-педагогічні аспекти реалізації сучасних методів навчання у вищій школі : навч. посіб. / М. В. Артюшина, О. М. Котикова, Г. М. Романова та ін.; за ред.: М. В. Артюшиної та ін. Київ : КНЕУ, 2007. 528 с.

318. Разумовский В. Г. Проблема развития творческих способностей учащихся в процессе обучения физике : автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра пед. наук: 13.00.02. Москва : НИИ общей педагогики АПН СССР, 1972. 62 с.

319. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике : пособие для учителей. Москва : Просвещение, 1975. 272 с.

320. Разумовский В. Г. Творческие задачи по физике в средней школе. Москва : Просвещение, 1966. 154 с.

321. Раитина Н. И. Подготовка учителя к инновационной деятельности в условиях повышения квалификации как фактор профессионального развития : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. пед. наук: 13.00.08. Чита, 2011. 24 с.

322. Рапацевич Е. С. Золотая книга педагога / под общ. ред. А. П. Астахова. Минск : Современная школа, 2010. 720 с.

323. Резников З. М. Прикладная физика : учеб. пособие для учащихся. Москва : Просвещение, 1989. 239 с.

324. Рибалко А. В. Система дослідницьких задач як засіб розвитку продуктивного мислення старшокласників у навчанні фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.02. Київ, 2007. 21 с.

325. Рідинна самоцентруюча опора: пат. 82979 Україна: МПК (2013.01) G12B 9/00. № u2013 01592; заявл. 11.02.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16.

326. Розв'язування навчальних задач з фізики: питання теорії і методики / С. У. Гончаренко, Є. В. Коршак, А. І. Павленко та ін.; за заг. ред. Є. В. Коршака. Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2004. 185 с.

327. Романов В. П. Концепции современного естествознания : учеб. пособие для вузов. Москва : Вузовский учебник, 2008. 282 с.

328. Роменець В. А. Психологія творчості. Київ : Либідь, 2001. 288 с.

329. Роуэлл Г., Герберт С. Физика / пер. с англ.; под ред. В. Г. Разумовского. Москва : Просвещение, 1994. 576 с.

330. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. Санкт-Петербург : Питер, 2002. 720 с.

331. Рузавин Г. И., Ляшенко В. П., Митрошенков О. А. Философия. Москва : Изд-во «Перспектива»; Изд-во РГСУ, 2007. 632 с.

332. Румбешта Е. А. Моделирование системы физического эксперимента как средства подготовки учащихся по физике в основной школе : автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра пед. наук: 13.00.02. Москва, 2005. 43 с.

333. Рустамова С. У. Инновационная деятельность педагогов в условиях современной школы. *Инновационные проекты и программы в образовании*. 2013. № 6. С. 45–50.

334. Рыженков А. П. Человек. Окружающая среда : прил. к учеб. физики для 9 кл. Москва : Просвещение, 2001. 94 с.

335. Рыжиков С. Б. Развитие исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике : дисс. ... доктора пед. наук: 13.00.02. Москва, 2014. 470 с.

336. Савина Н. Н. Критерии сформированности готовности будущих учителей к инновационной деятельности и их показатели / Н. Н. Савина и др. *Наукovedение*. 2014. № 4 (23). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/53PVN414.pdf> (дата обращения: 25.12.2017).

337. Садовий М. І. Інформаційна культура як основа формування фахових компетентностей вчителя фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2013. Вип. 19. С. 182–185.

338. Садовий М. І. Проблеми інформаційних технологій у навчанні. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія №5. Педагогічні науки: реалії та перспективи* : зб. наук. пр. / за ред. В. Д. Сиротюка. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2012. Вип. 33. С. 141–147.

339. 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: 13.00.02. Київ, 2001. 41 с.

340. Сальник І. В., Мірошніченко О. І. Організація експериментально-дослідницької діяльності учнів з фізики через шкільне наукове товариство. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: проблеми методики фізико-*

математичної і технологічної освіти. Кропивницький : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016. Вип. 10. Част. 1. С. 166–172.

341. Сахаров Д. И. Сборник задач по физике для вузов. Москва : ОНИКС 21 век; Мир и образование, 2003. 400 с.

342. Сборник задач по общему курсу физики: в 5 кн. Термодинамика и молекулярная физика / В. Л. Гинзбург, Л. М. Левин, Д. В. Сивухин, И. А. Яковлев; под ред. Д. В. Сивухина. Москва : ФИЗМАТЛИТ; ЛАНЬ, 2006. 176 с.

343. Селюцкий А. Б., Слугин Г. И. Вдохновение по заказу. Уроки изобретательства. Петрозаводск : Карелия, 1977. 190 с.

344. Сергієнко В. П. Інтеграція фундаментальності та професійної спрямованості курсу загальної фізики у підготовці сучасного вчителя : монографія. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2004. 382 с.

345. Сергієнко В. П. Теоретичні і методичні засади навчання загальної фізики в системі фахової підготовки вчителя : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2005. 44 с.

346. Сергеев А. В. Наблюдения учащихся при изучении физики на второй ступени обучения : пособие для учителя. Київ : Рад. шк., 1988. 176 с.

347. Сергеев А. В. Наблюдения учащихся при изучении физики на первой ступени обучения : пособие для учителя. Київ : Рад. шк., 1987. 152 с.

348. Сергеев А. В., Самойленко П. И. Дидактические игры в обучении физике. Москва : МГТА, 1996. 102 с.

349. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. Санкт-Петербург : Речь, 2006. 350 с.

350. Сисоєва С. О. Основи педагогічної творчості : підручник. Київ : Міленіум, 2006. 344 с.

351. Сисоєва С. О. Підготовка вчителя до формування творчої особистості : монографія. Київ : Поліграфкнига, 1996. 405 с.

352. Сисоєва С. О., Кристопчук Т. Є. Методологія науково-педагогічних досліджень : підручник. Рівне : Волинські обереги, 2013. 360 с.

353. Система опалення: пат. 91992 Україна: МПК F24D 3/00 (2014.01), F24D 3/02 (2006/01), F24D 10/00 (2006.01). № u2014 01603; заявл. 18.02.2014; опубл. 25.07.2014, Бюл. № 14.

354. Система позакласної роботи з фізики у середній школі : метод. посіб. для вчителів / В. І. Кондратенко та ін.; за ред. З. В. Сичевської. Київ : Рад. шк., 1971. 240 с.

355. Скрипник О. О. Енергозбереження на уроках фізики. Матеріали до уроків, розробки уроків фізики з досвіду роботи вчителя. Харків : Основа, 2012. 126 с.

356. Слостенин В. А., Исаев И. Ф., Шиянов Е. Н. Педагогика : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Слостенина. Москва : Академия, 2007. 576 с.

357. Слостенин В. А., Подымова Л. С. Педагогика: инновационная деятельность. Москва : ИЧП «Издательство Магистр», 1997. 224 с.

358. Слостенин В. А., Чижакова Г. И. Введение в педагогическую аксиологию : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. Москва : Академия, 2003. 192 с.

359. Слободяник О. В. Методика організації самостійної роботи студентів педагогічних університетів у процесі навчання фізики : дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. Кіровоград, 2012. 258 с.

360. Словарь-справочник по педагогике / авт.-сост. В. А. Мижеригов; под общ. ред. П. И. Пидкасистого. Москва : ТЦ Сфера, 2004. 448 с.

361. Словарь философских терминов / научная редакция В. Г. Кузнецова. Москва : ИНФРА-М, 2007. 731 с.

362. Современный словарь по педагогике / сост. Е. С. Рапацевич. Минск : Современное слово, 2001. 928 с.

363. Создание системы естественнонаучной и технологической подготовки молодежи к инновационной деятельности : монография / Уральский государственный педагогический университет; отв. ред.: А. П. Усольцев, Т. Н. Шамало. Екатеринбург, 2013. 250 с.

364. Солдатенко М. М. Теоретико-методологічні основи розвитку самостійної пізнавальної діяльності майбутнього вчителя : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.04. Київ, 2007. 40 с.

365. Солдатенко М. М. Теорія і практика самостійної пізнавальної діяльності : монографія. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2006. 198 с.

366. Соменко Д. В., Соменко О. О. Використання можливостей апаратно-обчислювальної платформи Arduino в лабораторному практикумі з фізики. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кропивницький : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016. Вип. 9. Част. 1. С. 173–184.

367. 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: 13.00.02. Київ, 2008. 40 с.

368. Соціальна філософія : короткий енциклопедичний словник / загальна редакція і укладання: В. П. Андрущенко, М. І. Горlach. Київ – Харків : ВМП «Рубікон», 1997. 400 с.

369. Стадніченко С. М., Садовий М. І., Трифонова О. М. Вплив міжпредметних та внутрішніх зв'язків на формування системних знань з молекулярної фізики в умовах профільного навчання. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2010. Вип. 16. С. 57–60.

370. Стратегія енергозбереження в Україні : Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Загальні засади енергозбереження / за ред. В. А. Жовтянського, М. М. Кулика, Б. С. Стогнія. Київ : Академперіодика, 2006. Т. 1. 510 с.

371. Стратегія енергозбереження в Україні : Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Механізми реалізації політики енергозбереження / за

ред. В. А. Жовтянського, М. М. Кулика, Б. С. Стогнія. Київ : Академперіодика, 2006. Т. 2. 600 с.

372. Стратегія сталого розвитку «Україна – 2020»: Указ Президента України від 12.01.2015 р. № 5/2015. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/5/2015> (дата звернення: 25.12.2017).

373. Суравегина И. Т., Сенкевич В. М. Экологическое образование в школе. Москва : Сов. педагогика, 1990. 128 с.

374. Сусь Б. А. Дидактичні та методичні основи активізації самостійної навчальної діяльності студентів (курсантів) при різних формах занять з фізики : навч.-метод. посібник. Київ : КВІУЗ, 1996. 196 с.

375. Сусь Б. А. Дидактичні та методичні основи організації і активізації самостійної навчальної діяльності курсантів при вивченні курсу загальної фізики у вищих технічних військових закладах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 1998. 36 с.

376. Сусь Б. А., Сусь Б. Б. Самостійна навчальна діяльність студентів як важливий механізм формування компетентності майбутніх фахівців в умовах комп'ютеризації навчального процесу. *Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технічних спеціальностей* : зб. матеріалів XI міжнар. наук. конф. / редкол.: П. С. Атаманчук (голов. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня Рута», 2016. С. 231–233.

377. Сусь Б. А., Шут М. І. Проблеми дидактики фізики у вищій школі: Лекції. Лекційні демонстрації. Лабораторний практикум : навч. посібник. Київ : ВЦ «Просвіта», 2003. 155 с.

378. Сухомлинский В. А. Избранные педагогические сочинения: в 3-х т. / сост. О. С. Богданова, В. З. Смаль. Москва : Педагогика, 1979. Т. 1. 560 с.

379. Сущенко Т. І. Пріоритети сучасної освіти та педагогіки з позицій планетарного підходу. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах* : зб. наук. пр. / гол. ред. Т. І. Сущенко. Запоріжжя, 2009. № 2. С. 382–389.

380. Талызина Н. Ф. Формирование познавательной деятельности учащихся. Москва : Знание, 1983. 96 с.

381. Тарасов Л. В., Тарасов М. Л. Струя воды и ... движущийся кораблик. *Квант*. 1985. № 7. С. 28–29.

382. Тематики творчих проектів учнівської молоді на 2012/2013 навчальний рік / укладачі: А. А. Халатов та ін. Київ : Спільна лабораторія оперативної поліграфії ННК «ІПСА» та ФТІ НТУУ «КПІ», 2012. 28 с.

383. Тёльдешу Ю., Лесны Ю. Мир ищет энергию / пер. со словац. М. Я. Аркина; под ред. Ю. А. Мазитова; предисл. Н. С. Лидоренко. Москва : Мир, 1981. 439 с.

384. Томашов В. Н. Дом, в котором мы живем. *Потенциал*. 2010. № 5. С. 45–49.

385. Турдикулов Э. А. Экологическое образование и воспитание учащихся в процессе обучения физике : кн. для учителя. Москва : Просвещение, 1988. 126 с.

386. Туркот Т. І. Педагогіка вищої школи : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Кондор, 2011. 628 с.

387. Туров М. П. Основы винахідництва та методи пошуку розв'язку творчих технічних задач : метод. посібник. Київ : Освіта України, 2008. 312 с.

388. Усольцев А. П., Шамало Т. Н. Формирование инновационного мышления школьников в учебном процессе. *Образование и наука*. 2014. № 4 (113). С. 17–30.

389. Фенчак Л. М. Формування екологічної культури студентів вищих аграрних навчальних закладів I–II рівнів акредитації : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: 13.00.04. Тернопіль, 2006. 20 с.

390. Фізика: електромагнетизм, оптика, атомна і ядерна фізика. Лабораторний практикум для студентів біологічного та математичного факультетів / А. М. Андрєєв та ін. Запоріжжя : ЗНУ, 2011. 85 с.

391. Фізика: механіка, молекулярна фізика і термодинаміка. Лабораторний практикум для студентів біологічного та математичного факультетів / А. М. Андрєєв та ін. Запоріжжя : ЗНУ, 2011. 89 с.

392. Філософія, логіка, філософія освіти : навч. посіб. / Л. І. Мозговий, І. В. Бичко, Р. О. Додонов та ін.; за ред.: Р. О. Додонova, Л. І. Мозгового. Київ : Центр учбової літератури, 2014. 512 с.

393. Філософія : навч. посіб. / Л. В. Губерський, І. Ф. Надольний, В. П. Андрущенко та ін.; за ред. І. Ф. Надольного. Київ : Вікар, 2004. 457 с.

394. Філософія : підручник / за заг. ред. М. І. Горлача, В. Г. Кременя, В. К. Рибалка. Харків : Консум, 2001. 672 с.

395. Філософія : підручник / за ред. О. П. Сидоренка. Київ : Знання, 2008. 891 с.

396. Філософський словник соціальних термінів / В. П. Андрущенко, Т. В. Андрущенко, В. Г. Антонечко та ін.; за заг. ред. В. П. Андрущенка. Харків : Корвін, 2002. 672 с.

397. Физика и научно-технический прогресс : пособие для учителей / В. Г. Разумовский, А. Т. Глазунов, В. А. Фабрикант и др. Москва : Просвещение, 1980. 159 с.

398. Физический практикум для классов с углублённым изучением физики : дидакт. материал: 9-11 кл. / Ю. И. Дик, О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов и др.; под ред.: Ю. И. Дика, О. Ф. Кабардина. Москва : Просвещение, 1993. 208 с.

399. Философия в вопросах и ответах : учебное пособие / Е. В. Зорина и др.; под ред.: А. П. Алексеева, А. Е. Яковлевой. Москва : Проспект, 2011. 336 с.

400. Философия социальных и гуманитарных наук : учеб. пособ. для вузов / под общ. ред. С. А. Лебедева. Москва : Академический Проект, 2008. 733 с.

401. Форкун Н. В. Кількість теплоти. Теплові машини. Інтерактивні уроки. 8 клас. Харків : Основа, 2012. 128 с.

402. Формування екологічної компетентності школярів : наук.-метод. посібник / Н. А. Пустоцвіт та ін. Київ : Педагогічна думка, 2008. 64 с.

403. Фурман А. В. Проблемні ситуації в навчанні : книга для вчителя. Київ : Рад. шк., 1991. 191 с.

404. Хвильова енергетична установка: пат. 59023 Україна: МПК F03B 13/14 (2006.01), F03B 13/16 (2006.01), F03B 13/20 (2006.01), F03B 13/22 (2006.01). № u201100740; заявл.24.01.2011; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8.

405. Хинич И. И. Научно-методическое обеспечение целостного исследовательского обучения физике в подготовке педагогических кадров : дисс. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. Санкт-Петербург, 2011. 319 с.

406. Хорошавин С. А. Техника и технология демонстрационного эксперимента. Москва : Просвещение, 1976. 174 с.

407. Хуторской А. В. Дидактические основы эвристического обучения : автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра пед. наук: 13.00.01. Москва, 1998. 37 с.

408. Хуторской А. В. Методика личностно ориентированного обучения. Как обучать всех по-разному? : пособие для учителя. Москва : ВЛАДОС-ПРЕСС, 2005. 383 с.

409. Хуторской А. В. Педагогическая инноватика : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. Москва : Академия, 2008. 256 с.

410. Хуторской А. В. Практикум по дидактике и методикам обучения. Санкт-Петербург : Питер, 2004. 541 с.

411. Хуторской А. В. Развитие одаренности школьников: Методика продуктивного обучения : пособие для учителя. Москва : Владос, 2000. 320 с.

412. Хуторской А. В. Современная дидактика : учебник для вузов. Санкт-Петербург : Питер, 2001. 544 с.

413. Чаплигін О. К. Творчий потенціал людини як предмет соціально-філософської рефлексії : дис. ... д-ра філос. наук: 09.00.03. Харків, 2001. 428 с.

414. Чінчой О. О., Кононенко С. О. Узагальнення і систематизація знань учнів про перетворення електричної енергії у теплову. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира*

Винниченка. Серія: педагогічні науки. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2010. Вип. 90. С. 316–320.

415. Чобітько М. Г. Теоретико-методологічні засади особистісно орієнтованої професійної підготовки майбутніх учителів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.04. Київ, 2007. 43 с.

416. Чудновский В. Э. Воспитание способностей и формирование личности. Москва : Знание, 1986. 80 с.

417. Чудновский В. Э., Юркевич В. С. Одаренность: дар или испытание. Москва : Знание, 1990. 80 с.

418. Шапран О. І. Система інноваційної підготовки майбутнього вчителя в умовах навчально-науково-педагогічних комплексів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.04. Київ, 2008. 40 с.

419. Шарко В. Д. Екологічне виховання учнів під час вивчення фізики : посібник для вчителя. Київ : Рад. шк., 1990. 207 с.

420. Шарко В. Д. Методична підготовка вчителя фізики в умовах неперервної освіти : монографія. Херсон : Вид-во ХДУ, 2006. 440 с.

421. Шарко В. Д. Орієнтовне навчання фізики: технологічний аспект. *Фізика та астрономія в рідній школі*. 2015. № 5 (122). С. 12–17.

422. Шарко В. Д. Про підготовку вчителя фізики до формування в учнів екоцентричного світогляду. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна* / ред. кол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка. 2010. Вип. 16. С. 124–127.

423. Шарко В. Д. Теоретичні засади методичної підготовки вчителя фізики в умовах неперервної освіти : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2007. 44 с.

424. Шарко В. Д., Куриленко Н. В. Елективний курс як засіб формування екологічної компетентності учнів основної школи. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія:*

педагогічні науки / гол. ред. М. О. Носко. Чернігів : ЧНПУ, 2012. Вип. 99. С. 141–145.

425. Шахмаев Н. М., Шилов В. Ф. Физический эксперимент в средней школе: Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. Москва : Просвещение, 1989. 255 с.

426. Швай Р. І. Розвиток креативності учнів загальноосвітніх навчальних закладів у процесі навчання фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2013. 42 с.

427. Швай Р. І. Теоретико-методичні засади розвитку креативності учнів у процесі навчання фізики : монографія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. 348 с.

428. Ширина Т. А., Ильин В. А. Инновационная деятельность в образовании: подготовка педагогических кадров в условиях перехода на стандарты нового поколения. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки* / гол. ред. М. О. Носко. Чернігів : ЧНПУ, 2012. Вип. 99. С. 340–342.

429. Шишкин Н. Н. Клуб юных физиков : кн. для учителя: Из опыта работы. Москва : Просвещение, 1991. 144 с.

430. Шмалей С. В. Система екологічної освіти в загальноосвітній школі в процесі вивчення предметів природничо-наукового циклу : дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.01. Київ, 2005. 479 с.

431. Шульга М. С. Методика и техника демонстрационных опытов по физике. Москва : Просвещение, 2001. 192 с.

432. Шут М. І., Ленъ А. Є. Гуманізація та інноваційна культура як основа націєтворення у підготовці фахівців з фізики. *Проблеми гуманізації навчання та виховання у вищому закладі освіти* : матеріали II Ірпінських міжнар. наук.-пед. читань. Ірпінь : Нац. академія ДПС України, 2004. С. 542–548.

433. Шут М. І., Мартинюк М. Т., Благодаренко Л. Ю. Теоретико-методичні засади реалізації фізичної компоненти нового державного стандарту базової і повної середньої освіти. *Збірник наукових праць Кам'янець-*

Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2013. Вип. 19. С. 135–138.

434. Шут М. І., Сергієнко В. П. Науково-дослідна робота з фізики у середніх та вищих навчальних закладах : навч. посіб. Київ : Шкільний світ, 2004. 128 с.

435. Щерба С. П., Заглада О. А. Філософія : підручник. Київ : Кондор, 2011. 548 с.

436. Электрические измерения : учеб. пособие для вузов / В. Н. Малиновский и др.; под ред. В. Н. Малиновского. Москва : Энергоатомиздат, 1985. 416 с.

437. Эльшанский И. И. Законы природы служат людям. Книга для учащихся средн. и ст. классов. Москва : Просвещение, 1978. 208 с.

438. Юркевич В. С. Одаренный ребенок: иллюзии и реальность : книга для учителей и родителей. Москва : Просвещение; Учебная литература, 1996. 136 с.

439. Юсуфбекова Н. Р. Общие основы педагогической инноватики: опыт разработки теории инновационных процессов в образовании. Москва : Педагогическое общество, 1991. 91 с.

440. Юсуфбекова Н. Р. Педагогическая инноватика: возникновение и становление. *Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: педагогика и психология*. Москва, 2010. № 4 (14). С. 8–17.

441. VIII Міжнародний Салон винаходів та нових технологій «Новий час». *Винахідник і раціоналізатор «Наука і техніка»*. 2012. № 3 (114). С. 4–6.

442. Andreev A. M., Gulyaeva T. V. Prerequisites successful participation of students in international contests of physics and technical creativity. *Science and Technology: The collection includes 8th International Conference «Science and Technology» by SCIEURO in London, 23–29 April 2017*. London : SCIEURO, 2017. № 1, Vol. 1. P. 69–76.

443. Andreev A. M., Gulyaeva T. V., Gulyaeva L. V. Substantial components of innovative activities of students in the learning process in physics. *European Humanities Studies: State and Society*. Krakow, 2017. № 2. P. 103–116.

444. Andreev A. M., Gulyaeva T. V., Tkachenko S. P. Training model to demonstrate the conversion of thermal energy into mechanical energy. *Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology*. Budapest, 2017. Vol. (56), Issue: 128. P. 7–10.

445. Arduino.ua. URL: <http://arduino.ua> (дата звернення: 10.12.2017).

446. Bettencourt L. M. A., Trancik J. E., Kaur J. Determinants of the Pace of Global Innovation in Energy Technologies. *Plos One*. 2013. Vol. 8, № 10. DOI: 10.1371/journal.pone.0067864.

447. Costa A. L., Kallick B. Assessment Strategies for Self-Directed Learning. United States: SAGE Publications Inc.; Corwin Press, 2004. 192 p.

448. Enger E. D., Smith B. F. Environmental Science: a Study of Interrelationships. The McGraw-Hill Companies, 1998. 456 p.

449. Halpern D. F. Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking (5th Edition). New York : Psychology Press, 2013. 656 p.

450. Intel ISEF. URL: <https://student.societyforscience.org/intel-isef> (last accessed: 10.12.2017).

451. Kharisova L. A. Analysis of the quality of innovative activity of the school by teaching staff. *SHS Web of Conferences*. 2016. Vol. 29. DOI: 10.1051/shsconf/2016 EEIA 2016 2 2901030.

452. Kompetenzen in der Lehrerbildung aus fächerübergreifender Perspektive der Bildungswissenschaften. *Kompetenzen diskursiv: terminologische exemplarische und strukturelle Klärungen in der Lehrer Innenbildung* / A. Bresges, B. Dilger, T. Hennemann u. a. Münster, New York : Waxmann, 2014. S. 17–95.

453. Macready C., Tucker C. Who goes where and why? An overview and analysis of global educational mobility. New York : The Institute of International Education, 2011. 154 p.

454. Projekte von Christian Zeitnitz. URL: https://www.zeitnitz.eu/scope_en (last accessed: 10.12.2017).

455. Rodrigues E. Innovative Praxis in the Teaching of Physics through Experimental Activities to Improve Academic Performance. *Weber Educational Research & Instructional Studies*. 2017. Vol. 3(4). P. 887–894. URL: http://www.weberpub.org/weris/weris_218.pdf (last accessed: 17.12.2017).

456. SPARE – naturvernforbundet. URL: <https://naturvernforbundet.no/international/spare/category754.html> (last accessed: 10.12.2017).

457. Stockholm Junior Water Prize. URL: <http://www.siwi.org/prizes/stockholmjuniorwaterprize/> (last accessed: 10.12.2017).

458. Sztolpa M., Lewandowska-Walter A., Lipowska M. Creative attitude in a group of youths gifted in the domain of science subjects. *Current issues in personality psychology*. 2016. Vol. 4, № 2. P. 97–105. DOI: 10.5114/cipp.2016.59229.

459. TUNING (Education). Reference Points for the Design and Delivery of Degree Programmes in Education. URL: <http://www.unideusto.org/tuningeu/publications/269-reference-points-for-the-design-anddelivery-of-degree-programmes-in-education.html> (last accessed: 10.12.2017).

460. Tyunnikov Y. S. Interrelation of Evaluation and Self-Evaluation in the Diagnostic Procedures to Assess Teachers' Readiness for Innovation. *European Journal of Contemporary Education*. 2016. Vol. 16, № 2. P. 248–256. DOI: 10.13187/ejced.2016.16.248.

ДОДАТКИ

Додаток А

Приклад навчального тексту лабораторної роботи з фізики, що уможливлює організацію інноваційної діяльності учнів

Лабораторна робота

ВИМІРЮВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ ІНДУКЦІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ



Теоретичні відомості.

У першому наближенні Земля є ніби величезним магнітом, полюси якого знаходяться поблизу географічних полюсів, при цьому Південний магнітний полюс (S) знаходиться в північній півкулі, а Північний магнітний полюс (N) – у південній. Магнітні полюси зміщені по відношенню до осі обертання Землі приблизно на $11,5^\circ$.

Магнітне поле Землі можна зобразити графічно за допомогою ліній магнітної індукції (у будь-якій їх точці вектор магнітної індукції $\vec{B}$ спрямований по дотичній до лінії у цій точці). Поблизу екватора ці лінії спрямовані горизонтально, а на магнітних полюсах Землі – майже вертикально.

Кут α , під яким лінія магнітної індукції (вектор магнітної індукції $\vec{B}$) у даній точці спрямована до горизонту, називається кутом магнітного *нахилення* (рис. А.1, а). Напрямок горизонтальної складової індукції магнітного поля $B_{\text{гор}}$ приймається за напрямок магнітного меридіана, а вертикальна площина, яка через нього проходить, називається площиною магнітного меридіана. Кут β між географічним та магнітним меридіанами називається кутом магнітного *схилення* (рис. А.1, б).

Вимірювання кута магнітного нахилення α у різних точках Землі дозволили зробити висновок про те, що магнітний «диполь» («магніт») знаходиться у глибині Земної кулі, а саме в її ядрі. Магнітне поле Землі створюється струмами, які протікають у її ядрі.

За точнішого розгляду земного магнетизму є помітними відхилення від дипольного поля. Вони виникають, головним чином, унаслідок світових (материкових) аномалій магнітного поля. Найбільшими з них є такі: *Східно-Сибірська* аномалія, яка підвищує магнітну індукцію поля в окремих районах Сибіру до значення, яке перевищує значення магнітної індукції на Південному магнітному полюсі; *Південно-Атлантична* (або *Бразильська*) аномалія з різко зниженими значеннями індукції поля. Окрім світових аномалій, є багато локальних (місцевих) аномалій. Наприклад, *Магнітогорська* та *Курська*, у межах яких магнітна індукція поля гірських порід може перевищувати індукцію нормального земного поля. Проте через малі розміри місцеві аномалії практично не впливають на глобальний розподіл магнітного поля планети.

Магнітне поле Землі є своєрідним захистом для всього живого від потоків заряджених частинок із космосу. Швидкі заряджені частинки (електрони, протони, α -частинки тощо), викинуті Сонцем, утворюють так званий «сонячний вітер». У магнітному полі Землі траєкторія руху заряджених частинок змінюється, і вони огинають Землю. На відстанях приблизно від 500 до 60 000 км заряджені частинки рухаються, немов би навіваючись на лінії індукції магнітного поля Землі, здійснюючи коливання від одного до іншого полюса за 0,1 – 1 с. Ця область космосу називається *радіаційним поясом* Землі. Лише в полярних областях незначна кількість цих частинок проникає з радіаційного поясу у верхні шари атмосфери й викликає *полярні сяйва*.

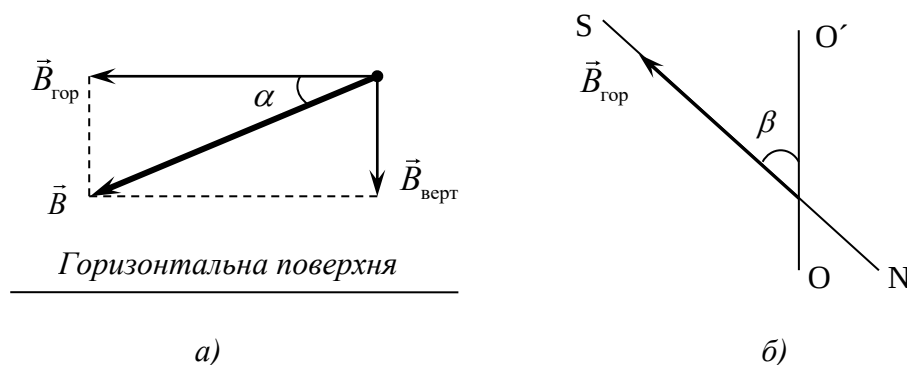


Рис. А.1. Кути магнітного нахилення α (а) та схилення β (б):
NS – магнітний меридіан, OO' – географічний меридіан

Вимірювання індукції магнітного поля Землі є важливим науково-технічним завданням. Так, розташування на Землі неоднорідностей магнітного поля дозволяє проводити розвідку корисних копалин. Найлегше виявляються великі скупчення магнітних руд. Оскільки поклади феромагнітних порід часто знаходяться поблизу з родовищами інших корисних копалин, магнітна розвідка

застосовується для пошуку нафти, вугілля, поліметалічних руд. Розглянемо один із методів вимірювання індукції магнітного поля Землі.

💡 *Експериментальна частина.*

З а в д а н н я . Виміряти горизонтальну складову індукції магнітного поля Землі за допомогою тангенс-гальванометра.

О б л а д н а н н я : тангенс-гальванометр, джерело постійного струму, амперметр, реостат, перемикач двополіусний, з'єднувальні провідники (рис. А.2).



Рис. А.2. Деякі пристрої, що використовуються при виконанні досліді

Метод тангенс-гальванометра. Магнітна стрілка, яка має змогу повертатися лише навколо вертикальної осі, буде відхилятися в горизонтальній площині під дією горизонтальної складової $B_{\text{гор}}$ магнітного поля Землі. Ця властивість магнітної стрілки використовується для визначення $B_{\text{гор}}$ у спеціальному приладі – *тангенс-гальванометрі*.

Прилад складається з короткої циліндричної котушки, що має N витків радіусом R (витки лежать у вертикальній площині), та компаса, який розміщено у горизонтальній площині в центрі котушки. (Знайдіть фотографію тангенс-гальванометра на рис. А.2). При відсутності струму в котушці

магнітна стрілка компаса буде розташована вздовж напрямку горизонтальної компоненти земного магнітного поля, тобто в площині магнітного меридіана.

Перед початком роботи тангенс-гальванометр встановлюють так, щоб витки котушки лежали у площині магнітного меридіана. Площини витків будуть паралельні з напрямом магнітної стрілки. Якщо тепер пропускати електричний струм через витки котушки, то в її центрі вектор індукції магнітного поля котушки $\vec{B}_k$ буде перпендикулярний до індукції земного поля.

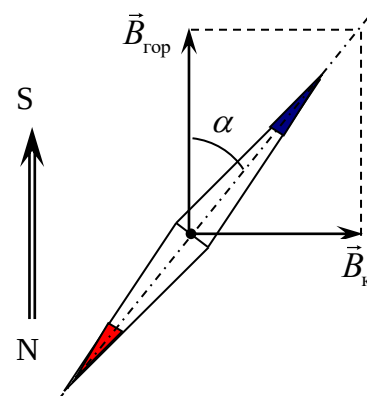


Рис. А.3. Накладання магнітних полів Землі та витків

Для короткої стрілки компаса магнітне поле в центрі кругового струму можна вважати однорідним. Стрілка приладу розташується вздовж результуючої індукції магнітних полів Землі й котушки. Згідно з рис. А.3

$$B_{\text{гор}} = B_k \operatorname{ctg} \alpha. \quad (\text{A.1})$$

На підставі закону Біо – Савара – Лапласа величину B_k в центрі котушки можна зв'язати із силою струму I у її витках формулою:

$$B_k = \frac{\mu_0 I}{2R} N, \quad (\text{A.2})$$

де μ_0 – магнітна стала, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

Отримаємо останню формулу. Розглянемо круговий струм силою I . Виділимо на ньому лінійний елемент струму $Id\vec{l}$ (рис. А.4). Згідно із законом Біо – Савара – Лапласа елемент струму $Id\vec{l}$ у довільній точці спостереження створює магнітне поле, індукція $d\vec{B}$ якого визначається формулою

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{[Id\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}, \quad dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{r^2} dl \sin \varphi,$$

де $\vec{r}$ – радіус-вектор, проведений з елемента струму в розглядувану точку поля;

φ – кут між $Id\vec{l}$ та $\vec{r}$, у випадку кругового струму $\varphi = \frac{\pi}{2}$, $\sin \varphi = 1$.

Очевидно, що вектори магнітної індукції кожного елемента в центрі кругового струму збігаються за напрямком. Це дає змогу окремо знайти напрямок і величину індукції результуючого магнітного поля в центрі витка. За правилом гвинта знаходимо, що вектор $\vec{B}$ спрямований перпендикулярно площині кругового струму, на спостерігача. Його модуль знайдемо, проінтегрувавши dB по всьому круговому струму:

$$B = \int_L dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_L \frac{dl}{r^2}.$$

Для кожного елемента струму r однакове й дорівнює радіусу витка $r = R$, а $dl = R d\varphi$, тому

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \int_L dl = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \int_0^{2\pi} R d\varphi = \frac{\mu_0 I}{2R}.$$

Якщо ж круговий струм створений N витками, то магнітна індукція в його центрі

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} N.$$

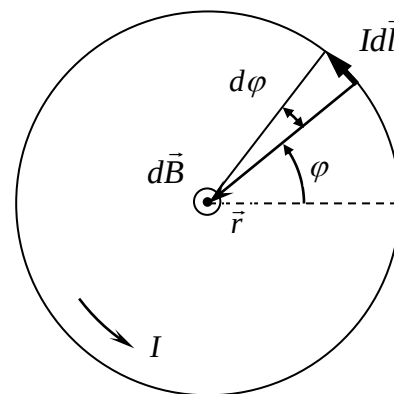


Рис. А.4. До обчислення магнітної індукції в центрі кругового струму

Отже, підставляючи формулу (А.2) в (А.1), отримаємо вираз для визначення горизонтальної складової індукції магнітного поля Землі:

$$B_{\text{гор}} = \frac{\mu_0 IN}{2R} \text{ctg } \alpha. \quad (\text{А.3})$$

Зазвичай число витків N котушки та їх радіус указано на тангенс-гальванометрі. Тому визначення $B_{\text{гор}}$ зводиться до вимірювання кута α відхилення стрілки компаса при фіксованому значенні сили струму I у котушці (рис. А.5).

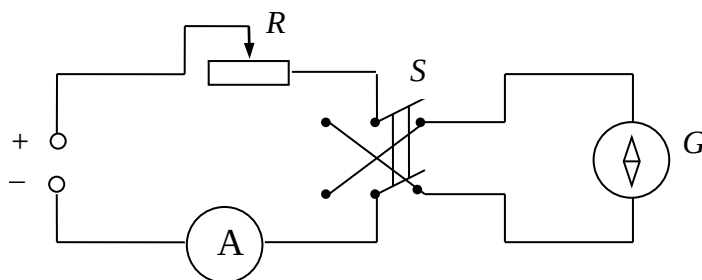


Рис. А.5. Схема ввімкнення тангенс-гальванометра

Зазначимо, що в експерименті при одному й тому ж значенні сили струму I кут відхилення α стрілки компаса кожного разу може бути дещо іншим. Головним чином це пов'язано із тертям вісі стрілки в опорі. Тому при оцінці похибки отриманого значення $B_{\text{гор}}$ слід врахувати *випадкову* похибку при вимірюванні α . Для цього можна, наприклад, при певному значенні I виміряти α , змінюючи кожного разу напрямок струму (полярність ввімкнення котушки) за допомогою двополюсного перемикача. Отримавши спектр значень $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$, знаходять середнє значення

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i$$

та відповідні межі абсолютної $\Delta\alpha$ та відносної ε_α похибок:

$$\Delta\alpha = \frac{3\sigma_\alpha}{\sqrt{n}}, \quad (\text{A.4})$$

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\Delta\alpha}{\bar{\alpha}}, \quad (\text{A.5})$$

де σ_α – середнє квадратичне відхилення окремого вимірювання,

$$\sigma_\alpha = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{\alpha} - \alpha_i)^2}.$$

Похибка отриманого за формулою (A.3) значення $B_{\text{гор}}$, передусім, пов'язана з неточностями при вимірюваннях кута α (похибки при вимірюваннях сили струму I та радіуса R витків котушки порівняно малі). Тому нескладно показати, що межі абсолютної $\Delta B_{\text{гор}}$ та відносної $\varepsilon_{B_{\text{гор}}}$ похибок можна оцінити так:

$$\varepsilon_{B_{\text{гор}}} \approx \varepsilon_{\text{tg}\alpha} = \frac{2\Delta\alpha}{\sin 2\alpha}; \quad \Delta B_{\text{гор}} = B_{\text{гор}} \varepsilon_{B_{\text{гор}}}. \quad (\text{A.6})$$

Підготовчі завдання.

Рівень А

1. Які величини можна визначити за наведеними виразами? Встановіть відповідність:

$$1 \quad |q|vB \sin \alpha \quad \text{А} \quad \text{Модуль сили Ампера}$$

2 $\frac{\mu_0 I}{2R}$ Б Магнітна індукція в однорідному ізотропному магнетичу

3 $\mu\mu_0 H$ В Модуль сили Лоренца

4 $BI\Delta l \sin \alpha$ Г Модуль сили взаємодії двох постійних магнітів

Д Магнітна індукція в центрі кругового струму

2. Силовою характеристикою магнітного поля є...

А. ... магнітна проникність. Б. ... вектор магнітної індукції.

В. ... магнітний потік. Г. ... сила Лоренца.

3. Фізична величина, що характеризує магнітні властивості речовини, називається...

А. ... діелектричною проникністю. Б. ... магнітною індукцією.

В. ... магнітною проникністю. Г. ... індуктивністю.

4. Лінії магнітної індукції відрізняються від ліній напруженості електростатичного поля тим, що вони...

А. ... починаються на південному полюсі магніту.

Б. ... закінчуються на північному полюсі магніту.

В. замкнуті.

Г. ... перетинаються одна з одною.

5. Як зорієнтована магнітна стрілка в магнітному полі Землі?

А. Північний її полюс обернений до північного магнітного полюсу Землі.

Б. Північний її полюс обернений до південного географічного полюсу Землі.

В. У площині географічного меридіана.

Г. В площині магнітного меридіана.

6. В яких точках земної поверхні кут магнітного нахилення дорівнює приблизно нулю, а в яких – майже 90° ?

А. На екваторі – 0° , на магнітних полюсах – 90° .

Б. На екваторі – 90° , на магнітних полюсах – 0° .

В. На магнітних полюсах – 0° , на географічних – 90° .

Г. На північному магнітному полюсі – 0° , а на південному – 90° .

Рівень Б

7. Поясніть будову та принцип дії тангенс-гальванометра.

8. Як встановити котушку тангенс-гальванометра так, щоб її витки лежали у площині магнітного меридіана?

9. Як знайти напрямок вектора індукції магнітного поля в центрі кругового струму?

10. Задля чого в електричній схемі (див. рис. А.5) передбачено кожний з наступних пристроїв: реостат; амперметр; перемикач двополюсний?

11. При якому положенні повзунка реостата відхилення магнітної стрілки компаса магнітним полем котушки буде максимальним? Витки котушки лежать у площині магнітного меридіана.

12. Яким чином можна змінити напрямок струму в котушці тангенс-гальванометра (див. рис. А.5)? З якою метою передбачено цю можливість?

13. Як залежить похибка вимірювання від кута відхилення стрілки?

14. Яка з безпосередньо вимірюваних величин вносить у результат (в отримане значення $B_{\text{гор}}$) найбільшу похибку?

15. Як залежить точність отриманого значення $B_{\text{гор}}$ від діаметра котушки тангенс-гальванометра?

16. Вкажіть шляхи підвищення точності результатів експерименту.

17. Отримайте робочу формулу (А.3).

18. Сформулюйте закон Біо – Савара – Лапласа.

19. Отримайте формули для магнітної індукції:

- в центрі кругового струму силою I та радіусом R ;
- на відстані r від прямого струму силою I .



Додаткові творчі завдання.

Завдання для засвоєння способів розв'язання творчих задач.

1. Як визначити, яка з двох в'язальних сталевих шпиць намагнічена, не користуючись нічим, окрім самих шпиць?

2. Як виготовити котушку, яка при пропусканні струму на обох кінцях:

- мала б північні полюси;
- мала б південні полюси;
- взагалі не мала б полюсів?

3. Як визначити полюси підковоподібного магніту, якщо не видно їх позначення, за допомогою телевізора (або осцилографа)? Чи будь-який телевізор можна використати для цього?

4. Як визначити магнітні полюси електромагніту, виготовленого із цвяха, ізолюваного дроту, реостата та батарейки:

- за допомогою компаса;
- не використовуючи ніякого додаткового обладнання?

5. Як з'ясувати, чи намагнічено сталевий стрижень за допомогою шматка мідного дроту та котушки з нитками?

6. Як визначити напрямок магнітного меридіана, якщо є: склянка з водою, дрібка кам'яної солі NaCl , ножиці, шматок мідного дроту, невелика цинкова пластина та корок?

7. Як за допомогою сильного магніту (краще підковоподібного) з'ясувати, на якому струмі (постійному або змінному) працює лампа розжарювання?



Експериментальні та винахідницькі задачі.

Експериментальні задачі.

1. Визначте значення горизонтальної складової індукції магнітного поля Землі. *Обладнання:* електронний осцилограф, магнітна стрілка, калька, лінійка. *Примітка.* У задачі передбачається, що відстань від анода до екрана є відомою (або її можна безпосередньо виміряти).

2. Визначте магнітну індукцію поля штабового магніту на його поздовжній осі на відстані $l = 30$ см від центральної (середньої) лінії магніту, якщо відомо, що у даній місцевості магнітна індукція поля Землі $B \approx 4,1 \cdot 10^{-5}$ Тл, а вектор $\vec{B}$ спрямований під кутом $\varphi \approx 65^\circ$ до горизонту. *Обладнання:* тонкий циліндричний магніт довжиною 40 мм, лінійка довжиною $40 \div 50$ см, компас.

3. Визначте залежність індукції магнітного поля прямолінійного струму від сили струму та відстані до струму. Горизонтальна складова індукції магнітного поля Землі дорівнює $2,5 \cdot 10^{-5}$ Тл. *Обладнання:* магнітна стрілка, велика дротяна рамка, джерело постійного струму, реостат, амперметр, лінійка.

4. Дослідіть залежність сили взаємодії металевої гайки з підковоподібним магнітом від різних положень металевої перемички, яка з'єднує полюси магніту. *Обладнання:* підковоподібний магніт, металева перемичка, гайка, нитка, динамометр, міліметровий папір.

Винахідницькі задачі.

1. Часто доводиться мати справу з небажаним намагнічуванням деталей, інструментів, механічних годинників тощо. Залишкову індукцію можна зняти, наприклад, шляхом нагрівання тіла вище точки Кюрі, при цьому речовина переходить з феромагнітного стану в парамагнітний. Після наступного охолодження (при якому відбувається зворотний перехід з парамагнітного у феромагнітний стан) зразок стає не намагніченим. Однак при нагріванні деякі механічні властивості сталі можуть суттєво змінитися. Крім того, інколи цей спосіб взагалі не можна здійснити (зокрема, для розмагнічування механічних годинників). Запропонуйте спосіб більш зручного розмагнічування.

2. Скориставшись розв'язком експериментальної задачі № 2, розробіть прилад, який би дозволяв вимірювати індукцію магнітного поля постійних магнітів уздовж їх головних осей симетрії.



Зробіть своїми руками!

Виготовте саморобний компас, що може знадобитися під час подорожі. Він складається з намагніченої швацької голки, корка та ємності з водою (рис. А.6). Намагнітити голку доволі просто. Для цього її достатньо піднести до постійного магніту. Якщо ж його немає, можна намотати на голку кілька витків (20 ÷ 30) ізолюваного дроту та підключити на короткий час (≈ 10 с) до батарейки. *Завдяки чому намагнічується голка таким чином?*



Рис. А.6. Саморобний компас

Додаток Б

**Копії документів про результати участі учнів експериментальної групи
в Міжнародній виставці-ярмарку VIII Міжнародний Салон винаходів та
нових технологій «Новий час»**



Рис. Б.1. Диплом та золота медаль переможців Міжнародної виставки-ярмарку VIII
Міжнародний Салон винаходів та нових технологій «Новий час»
(м. Севастополь, 2012 р.)



Рис. Б.2. Нагородження переможців офіційним призом «Морські технології» Салону
винаходів та нових технологій «Новий час»
(м. Севастополь, 2012 р.)

Додаток В

Копії документів про результати участі учнів експериментальної групи в Міжнародному Варшавському конкурсі винахідників та раціоналізаторів – 2012

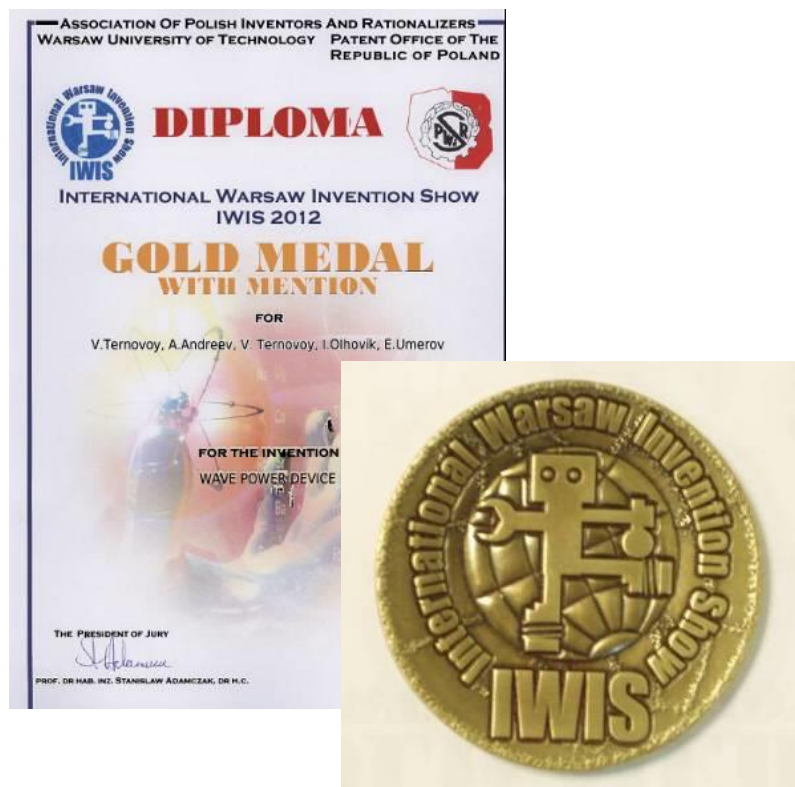


Рис. В.1. Диплом та золота медаль переможців Міжнародної Варшавської виставки-ярмарку
розробок винахідників та раціоналізаторів – 2012
(Польща, м. Варшава, 2012 р.)

Додаток Д

Анкета

**для оцінювання рівня готовності вчителів фізики до організації
інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики**

Лист-опитувальник

Шановний учителю!

*Нас цікавить Ваш особистий досвід та думка щодо проблеми організації
інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики.
Просимо Вас поставитися до цієї роботи відповідально.*

На запитання **1–15** Вам потрібно дати або *позитивну*, або *негативну* відповідь («Так» або «Ні»). До запитань **16** та **17** слід вибрати один-два найсуттєвіших, на Ваш погляд, варіанти або вказати свій.

1. Чи вважаєте актуальною проблему організації інноваційного пошуку учнів у процесі навчання фізики?

Так ☐. Ні ☐.

2. Чи виявляєте інтерес до здійснення інноваційного пошуку у власній педагогічній діяльності?

Так ☐. Ні ☐.

3. Чи бажаєте залучати учнів до творчої навчально-пізнавальної діяльності, що має елементи інноваційної?

Так ☐. Ні ☐.

4. Чи цікавитеся методиками організації пошукової діяльності учнів з фізики?

Так ☐. Ні ☐.

5. Чи маєте уявлення про деякі методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань, наприклад, метод «спроб і помилок», метод мозкового штурму, метод синектики, метод морфологічного аналізу, метод контрольних запитань, метод функціонально-вартісного аналізу тощо?

Так ☐. Ні ☐.

6. Чи володієте достатнім обсягом знань з основи охорони інтелектуальної власності (зокрема, про теоретичні основи патентування передбачуваних винаходів) для організації інноваційної діяльності учнів?

Так ☐. Ні ☐.

7. Чи можете вказати форми урочної та позаурочної діяльності в навчальному процесі з фізики, що уможливлюють залучення учнів до творчої (зокрема інноваційної) діяльності?

Так ☐. Ні ☐.

8. Чи володієте інформацією про конкурси фізико-технічного спрямування, що покликані залучати учнівську молодь до пошукової (зокрема інноваційної) діяльності?

Так ☐. Ні ☐.

9. Чи використовуєте у своїй педагогічній практиці методи активізації пошукової діяльності учнів?

Так ☐. Ні ☐.

10. Чи берете участь у розробці, апробації та впровадженні авторських методів та засобів навчання фізики?

Так ☐. Ні ☐.

11. Чи маєте досвід власної науково-дослідницької (зокрема інноваційної) діяльності (під час навчання в університеті або після його закінчення)?

Так ☐ Ні ☐

12. Чи маєте власні наукові публікації (статті, патенти, тощо)?

Так ☐. Ні ☐.

13. Чи маєте досвід керування науково-дослідницькою діяльністю учнів у процесі їх навчання фізики?

Так ☐. Ні ☐.

14. Чи маєте досвід підготовки учнів до участі в міжнародних або всеукраїнських фізико-технічних конкурсах?

Так ☐. Ні ☐.

15. Чи наявні у ваших учнів кількісні показники продуктивності навчально-наукової діяльності (перемоги в конкурсах, патенти на корисні моделі або винаходи, виступи на конференціях тощо)?

Так ☐. Ні ☐.

16. Які чинники, на Ваш погляд, перешкоджають учителю створювати умови для прояву учнями творчої ініціативи в реальному навчальному процесі; для залучення їх до інноваційної діяльності під час навчання?

☐ Відсутність матеріального заохочення.

☐ Відсутність досвіду здійснення інноваційної діяльності.

☐ Висока завантаженість учителів.

☐ Відсутність необхідного навчально-методичного забезпечення.

☐ Впевненість у тому, що високі результати в навчанні учнів можна досягти й за традиційних підходів до здійснення педагогічної діяльності.

☐ _____

17. Що, на Вашу думку, потрібно змінити у процесі професійної підготовки майбутнього вчителя фізики з метою підвищення рівня його готовності до інноваційної педагогічної діяльності (зокрема до організації учнівської інноваційної діяльності)?

☐ До змісту дисциплін професійного спрямування слід увести питання, пов'язані з інноватикою та інноваційної педагогічною діяльністю.

☐ Під час навчання в університеті слід організовувати творчі зустрічі (семінари, круглі столи, майстер-класи) студентів з учителями, які досягли певних успіхів у залученні учнів до пошукової діяльності.

☐ Студентів за їх бажанням слід залучати до науково-дослідницької та організаційно-педагогічної діяльності з учнями (наприклад, через підготовку учнів до фізико-технічних конкурсів, через виконання спільних інноваційних проектів у навчально-наукових лабораторіях університету).

☐ У навчальних планах підготовки майбутніх учителів слід передбачити спеціальну дисципліну, мета якої – підготовка вчителя до інноваційної педагогічної діяльності.

☐ Слід сприяти участі студентів у науково-дослідницькій та інноваційній діяльності кафедр, навчально-наукових лабораторій, наукових центрів.

☐ _____

Дякуємо Вам за цінну інформацію!

Додаток Е

РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

«ОРГАНІЗАЦІЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ З ФІЗИКИ»

Для підготовки студентів
предметної спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика)

Укладач: к. пед. н., доцент А. М. Андрєєв

1. ВСТУП

Майбутнє України залежить від вирішення проблеми виховання значної кількості молодих людей, здатних на основі розвинутих здібностей до інноваційного мислення розв'язувати нові завдання. Цю проблему неможливо розв'язати без належної фахової підготовки майбутніх учителів. Саме вони мають помітити обдарованих дітей та підтримати їх на першому етапі розвитку їх природних здібностей. Оскільки значна кількість нових задач очікується в науково-технічній сфері, і ці задачі тісно пов'язані з кричущими проблемами енергетичної незалежності та обороноздатності країни, підготовка вчителів фізики до інноваційної діяльності є особливо актуальною.

У контексті проблеми професійної підготовки фахівців інноваційного типу важливе значення має набуття молоддю досвіду інноваційної діяльності ще у школі. Це пов'язано з тим, що загальна середня освіта – обов'язкова складова безперервної освіти та основа для подальшої освіти й трудової діяльності молодшої людини. «Інноваційна діяльність учнів у навчанні фізики» – це різновид навчально-пізнавальної діяльності учнів, що організована вчителем і відбувається у спеціально створеному навчальному середовищі та пов'язана з розробкою, теоретичним та експериментальним дослідженням і запровадженням у практику (наприклад, у навчально-виховний процес у школі, у діяльність наукової лабораторії, підприємства) певної новини (пристрою або способу), що спричиняє корисний ефект від його використання.

Отже, важливим завданням є професійна підготовка майбутніх учителів фізики до організації інноваційного пошуку учнів у навчальному процесі. Саме для цього створено навчальну дисципліну «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики».

2. МЕТА Й ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою викладання навчальної дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» є формування у студентів – майбутніх учителів фізики готовності до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі.

Основними **завданнями** вивчення цієї дисципліни є такі:

- дати уявлення про основи інноватики та інноваційну діяльність взагалі та про інноваційну діяльність учнів у навчальному процесі з фізики зокрема (насамперед, про її зміст і структуру);
- ознайомити студентів з основними поняттями та положеннями методів пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань, із прийомами та принципами усунення технічних протиріч, а також із прикладним значенням деяких фізичних явищ та ефектів;
- сформулювати уявлення про основи охорони інтелектуальної власності (зокрема, про теоретичні основи патентування передбачуваних винаходів) та правила оформлення учнівських інноваційних проектів;

- сформуванати уявлення про місце інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики в загальноосвітній школі;
- ознайомити з методами та прийомами активізації інноваційної діяльності учнів у навчанні фізики;
- сформуванати здатність щодо застосування загальних законів фізики для розв’язування простих технічних проблем, а також здатність щодо аналізу та оцінювання запропонованих технічних рішень на предмет можливості їх практичного використання (ефективності, конкурентоспроможності);
- навчити студентів оформлювати заявки на видачу патентів на корисні моделі та винаходи;
- виробити вміння використовувати різні джерела інформації (навчальної та наукової літератури, комп’ютерних баз даних тощо);
- сформуванати досвід керівництва малими творчими групами учнів у процесі їх підготовки до участі у всеукраїнських та міжнародних конкурсах фізико-технічного спрямування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент має **знати**:

- зміст поняття «інноваційна діяльність»; зміст і структуру інноваційної діяльності учнів як різновиду їх навчально-пізнавальної діяльності; характерні етапи інноваційної діяльності, здійснюваної учнями в навчальному процесі з фізики;
- основні методи пошуку розв’язків творчих фізико-технічних завдань: метод «спроб і помилок», метод мозкового штурму, метод синектики, метод морфологічного аналізу, метод контрольних запитань, метод функціонально-вартісного аналізу;
- прийоми та принципи усунення технічних протиріч: *принципи* дроблення, місцевої якості, об’єднання, універсальності, попереднього (запобіжного) виконання, часткового або надлишкового ефекту, переходу в інший вимір, використання механічних коливань, «перетворити шкоду на користь», зворотного зв’язку, «посередника» та інші; *прийоми*: заміна механічної системи, використання гнучких оболонок і тонких плівок, застосування пористих матеріалів, зміна фізико-хімічних параметрів об’єкта, застосування фазових переходів, застосування термічного розширення, застосування композитних матеріалів та інші);
- прикладне значення деяких фізичних явищ та ефектів;
- критерії патентоспроможності запропонованих рішень (новизна, винахідницький рівень, промислова придатність); порядок оформлення заявки на видачу патенту на винахід або корисну модель;
- форми урочної та позаурочної діяльності, що уможлиблюють залучення учнів до творчої (зокрема інноваційної) діяльності; особливості проведення конкурсів фізико-технічного спрямування, що покликані залучати учнівську молодь до пошукової діяльності.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент має **вміти**:

- застосовувати закони фізики (зокрема, фізичні явища та ефекти) для розв’язування простих технічних проблем;

- здійснювати аналіз запропонованих технічних рішень щодо можливості їх практичного використання (ефективності, конкурентоспроможності);
- використовувати різні джерела інформації (навчальну та наукову літературу, комп'ютерні бази даних тощо) для проведення патентного пошуку;
- оформлювати заявки на видачу патентів на корисні моделі або винаходи; оформлювати учнівські інноваційні проекти для їх представлення в міжнародних та всеукраїнських фізико-технічних конкурсах;
- використовувати інформаційні технології для створення програмних засобів, що сприяють залученню учнів до інноваційної діяльності;
- розробляти уроки, що уможливають творчу навчально-пізнавальну діяльність учнів; складати завдання, спрямовані на залучення учнів до інноваційного пошуку;
- здійснювати керівництво інноваційною діяльністю учнів у позаурочній роботі з фізики (зокрема, здійснювати підготовку учнів до участі в конкурсах фізико-технічного спрямування).

Міждисциплінарні зв'язки. Вивчення дисципліни ґрунтується на знаннях і вміннях студентів, набутих ними у процесі вивчення дисциплін курсу загальної фізики, «Педагогіка», «Теорія й методика навчання фізики», «Дидактичні засоби навчання фізики», «Наукові основи шкільного курсу фізики» тощо. Вивченню дисципліни сприятиме досвід, отриманий студентами під час педагогічної практики.

Знання з дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» застосовуються під час подальшого вивчення таких нормативних дисциплін як «Наукові основи компетентнісного підходу до навчання фізики», «Методологія науково-педагогічного дослідження» тощо.

3. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця Е.1

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів: 3	Галузь знань: 01 – Освіта	Дисципліна вибору факультету
Загальна кількість годин: 90	Предметна спеціальність: 014.08 Середня освіта (Фізика)	Рік підготовки: 4-й
	Освітня програма Середня освіта (Фізика)	
Тижневих аудиторних годин для денної форми навчання: 4	Рівень вищої освіти: бакалаврський	Лекції: 20 год.; Практичні заняття: 20 год.; Самостійна робота: 50 год. Вид контролю: екзамен

4. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Розділ 1. Теоретичні засади організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики

Тема 1. Основи інноватики та інноваційної діяльності.

Суть інноватики як галузі знань. Інновації та інноваційна діяльність. Нормативні документи, що регламентують інноваційну діяльність в Україні. Інноваційна педагогічна діяльність. Інноваційна діяльність учнів у навчальному процесі з фізики: зміст та структура поняття.

Тема 2. Аналіз етапів інноваційної діяльності, здійснюваної учнями в навчальному процесі з фізики.

Основні етапи учнівської інноваційної діяльності з фізики: вибір актуальної теми для майбутньої розробки; формулювання технічного завдання; пошук ідеї розв'язання певної проблеми; розроблення конструкції пристрою або способу, що є розв'язком поставленого завдання; теоретичне дослідження запропонованого технічного рішення; розроблення й виготовлення діючої моделі; експериментальне дослідження діючої моделі; вивчення патентоспроможності розробки та підготовка матеріалів для отримання охоронних документів (зокрема, патенту на корисну модель або на винахід); апробація експериментального зразка в реальних умовах та впровадження розробленого технічного рішення в певній галузі; написання наукової роботи за результатами проведених досліджень; експертне оцінювання розробки (наприклад, шляхом її представлення на всеукраїнських та міжнародних конкурсах і виставках); написання статті за результатами роботи.

Тема 3. Методи та прийоми здійснення інноваційного пошуку.

Методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань: метод «спроб і помилок», метод мозкового штурму, метод синектики, метод морфологічного аналізу, метод контрольних запитань, метод функціонально-вартісного аналізу, теорія розв'язання винахідницьких задач Г. С. Альтшулера.

Принципи та прийоми усунення технічних протиріч. Принципи: дроблення, місцевої якості, об'єднання, універсальності, попереднього (запобіжного) виконання, часткового або надлишкового ефекту, переходу в інший вимір, використання механічних коливань, «перетворити шкоду на користь», зворотного зв'язку, «посередника» та інші. Прийоми: заміна механічної системи, використання гнучких оболонок і тонких плівок, застосування пористих матеріалів, зміна фізико-хімічних параметрів об'єкта, застосування фазових переходів, застосування термічного розширення, застосування композитних матеріалів та інші).

Тема 4. Використання фізичних явищ та ефектів у розв'язанні фізико-технічних задач.

Прикладне значення фізичних явищ та ефектів. Таблиці застосування явищ та ефектів для розв'язання винахідницьких задач. Приклади застосування явищ та ефектів для створення пристроїв та способів досягнення корисного ефекту.

Тема 5. Основи охорони інтелектуальної власності.

Законодавчі акти України у сфері охорони інтелектуальної власності. Винахід (об'єкти винаходу; об'єкти, які не визнаються винаходом). Критерії патентоспроможності винаходу (новизна, винахідницький рівень, промислова придатність). Корисна модель. Критерії патентоспроможності корисної моделі (новизна, промислова придатність). Промисловий зразок. Процедура видачі патенту. Порядок та приклад оформлення заявки на видачу патенту на винахід (корисну модель). Способи проведення патентного пошуку для з'ясування аналогу та прототипу передбачуваного винаходу.

Розділ 2. Методичні засади організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики

Тема 6. Методи й прийоми підготовки учнів до інноваційної діяльності в навчанні фізики.

Методичні рекомендації щодо розвитку в учнів здатності до виявлення фізико-технічних проблем та вибору теми творчої роботи. Подання теоретичних та експериментальних досліджень учнів у вигляді циклу взаємопов'язаних фізичних задач. Навчально-пізнавальні задачі для залучення учнів до інноваційної діяльності в навчанні фізики.

Тема 7. Методичні особливості використання інформаційних технологій в інноваційній діяльності учнів.

Місце інформаційних технологій в інноваційній діяльності. Використання апаратно-програмного комплексу Arduino та програми Soundcard Scope в інноваційній діяльності учнів.

Тема 8. Методичні особливості організації інноваційної діяльності учнів на уроках з фізики.

Методи, засоби та форми організації навчання, спрямовані на залучення учнів до інноваційної діяльності. Створення навчального середовища для організації учнівської інноваційної діяльності.

Тема 9. Методичні особливості організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики.

Актуальні напрямки учнівської інноваційної діяльності з фізики. Фізико-технічні конкурси, що сприяють залученню учнів до інноваційної діяльності. Складові успішного представлення учнями інноваційних розробок на всеукраїнських та міжнародних конкурсах.

Тема 10. Створення дидактичних засобів у процесі інноваційної діяльності учнів та особливості їх упровадження в навчальний процес з фізики.

Навчально-пізнавальні задачі для активізації інноваційної діяльності учнів при вивченні фізики. Нові демонстраційні пристрої та особливості їх використання в навчальному процесі з фізики.

5. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Відповідно до навчального плану підготовки майбутніх учителів фізики в ЗНУ аудиторна робота в межах дисципліни «Організація інноваційної діяльності учнів з фізики» представлена лекційними та практичними заняттями. Навчальний матеріал дисципліни структуровано за двома розділами (табл. Е.2). Орієнтовні тематики лекційних та практичних занять подані в табл. Е.3 та табл. Е.4. Питання, що винесені на самостійне опрацювання студентами, наведені у табл. Е.5.

Таблиця Е.2

Тематичний план дисципліни

Назва теми	Кількість годин			
	усього	зокрема		
		лекційні заняття	практичні заняття	самостійна робота
Розділ 1. Теоретичні засади організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики				
Тема 1. Основи інноватики та інноваційної діяльності	9	2	2	5
Тема 2. Аналіз етапів інноваційної діяльності, здійснюваної учнями в навчальному процесі з фізики	9	2	2	5
Тема 3. Методи та прийоми здійснення інноваційного пошуку	9	2	2	5
Тема 4. Використання фізичних явищ та ефектів у розв’язанні фізико-технічних задач	14	2	2	10
Тема 5. Основи охорони інтелектуальної власності	9	2	2	5
Розділ 2. Методичні засади організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики				
Тема 6. Методи й прийоми підготовки учнів до інноваційної діяльності в навчанні фізики	9	2	2	5
Тема 7. Методичні особливості використання інформаційних технологій в інноваційній діяльності учнів	9	2	2	5
Тема 8. Методичні особливості організації інноваційної діяльності учнів на уроках з фізики	9	2	2	5
Тема 9. Методичні особливості організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики	9	2	2	5
Тема 10. Створення дидактичних засобів у процесі інноваційної діяльності учнів та особливості їх упровадження у навчальний процес з фізики	9	2	2	5
Усього годин	90	20	20	50

Теми лекційних занять

№ заняття	Назва теми та її змістові елементи	Кількість годин
1	2	3
	Розділ 1. Теоретичні засади організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики	10
1	Тема 1. Основи інноватики та інноваційної діяльності. Суть інноватики як галузі знань. Інновації та інноваційна діяльність. Інноваційна педагогічна діяльність	2
2	Тема 2. Аналіз етапів інноваційної діяльності, здійснюваної учнями в навчальному процесі з фізики	2
3	Тема 3. Методи та прийоми здійснення інноваційного пошуку. Методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань. Принципи та прийоми усунення технічних протиріч	2
4	Тема 4. Використання фізичних явищ та ефектів у розв'язанні фізико-технічних задач. Прикладне значення фізичних явищ та ефектів. Таблиці застосування явищ та ефектів для розв'язання винахідницьких задач	2
5	Тема 5. Основи охорони інтелектуальної власності. Законодавчі акти України у сфері охорони інтелектуальної власності. Винахід (об'єкти винаходу; об'єкти, які не визнаються винаходом). Критерії патентоспроможності винаходу (новизна, винахідницький рівень, промислова придатність). Корисна модель. Критерії патентоспроможності корисної моделі (новизна, промислова придатність). Промисловий зразок	2
	Розділ 2. Методичні засади організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики	10
6	Тема 6. Методи й прийоми підготовки учнів до інноваційної діяльності в навчанні фізики. Методичні рекомендації щодо розвитку в учнів здатності до виявлення фізико-технічних проблем та вибору теми творчої роботи. Подання теоретичних та експериментальних досліджень учнів у вигляді циклу взаємопов'язаних фізичних задач. Навчально-пізнавальні задачі для залучення учнів до інноваційної діяльності в навчанні фізики	2
7	Тема 7. Методичні особливості використання інформаційних технологій в інноваційній діяльності учнів. Місце інформаційних технологій в інноваційній діяльності. Навчальні можливості апаратно-програмного комплексу Arduino та програми Soundcard Scope	2
8	Тема 8. Методичні особливості організації інноваційної діяльності учнів на уроках з фізики. Методи, засоби та форми організації навчання, спрямовані на залучення учнів до інноваційної діяльності	2

Продовження табл. Е.3

1	2	3
9	Тема 9. Методичні особливості організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики. Актуальні напрямки учнівської інноваційної діяльності з фізики. Фізико-технічні конкурси, що сприяють залученню учнів до інноваційної діяльності	2
10	Тема 10. Створення дидактичних засобів у процесі інноваційної діяльності учнів та особливості їх упровадження в навчальний процес з фізики. Навчально-пізнавальні задачі для активізації інноваційної діяльності учнів при вивченні фізики. Нові демонстраційні пристрої та особливості їх використання в навчальному процесі з фізики	2
	Разом	20

Таблиця Е.4

Теми практичних занять

№ заняття	Номер та назва теми	Кількість годин
1	2	3
	Розділ 1. Теоретичні засади організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики	10
1	Тема 1. Основи інноватики та інноваційної діяльності. Інноваційна діяльність учнів у навчальному процесі з фізики: зміст і структура поняття	2
2	Тема 2. Аналіз етапів інноваційної діяльності, здійснюваної учнями в навчальному процесі з фізики. Розгляд прикладів	2
3	Тема 3. Методи та прийоми здійснення інноваційного пошуку. Дидактичні ігри, спрямовані на вивчення методів та прийомів здійснення інноваційного пошуку	2
4	Тема 4. Використання фізичних явищ та ефектів у розв'язанні фізико-технічних задач. Приклади застосування явищ та ефектів для створення пристроїв та способів досягнення корисного ефекту	2
5	Тема 5. Основи охорони інтелектуальної власності. Процедура видачі патенту. Порядок та приклад оформлення заявки на видачу патенту на винахід (корисну модель). Способи проведення патентного пошуку для з'ясування аналогу та прототипу передбачуваного винаходу	2
	Розділ 2. Методичні засади організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики	10
6	Тема 6. Методи й прийоми підготовки учнів до інноваційної діяльності в навчанні фізики. Практична робота: «Складання навчально-пізнавальних завдань для підготовки учнів до інноваційної діяльності учнів»	2

Продовження табл. Е.4

1	2	3
7	Тема 7. Методичні особливості використання інформаційних технологій в інноваційній діяльності учнів. Практична робота «Розроблення засобів навчання з використанням апаратно-програмного комплексу Arduino та програми Soundcard Scope»	2
8	Тема 8. Методичні особливості організації інноваційної діяльності учнів на уроках з фізики. Особливості організації інноваційної діяльності учнів на лабораторних заняттях з фізики	2
9	Тема 9. Методичні особливості організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики. Складові успішного представлення учнями інноваційних розробок на всеукраїнських та міжнародних конкурсах	2
10	Тема 10. Створення дидактичних засобів у процесі інноваційної діяльності учнів та особливості їх упровадження в навчальний процес з фізики. Захист авторських розробок студентів	2
	Разом	20

Таблиця Е.5

Перелік питань для самостійного опрацювання

№ теми	Зміст питання	Кількість годин
1	2	3
1	Нормативні документи, що регламентують інноваційну діяльність в Україні	5
2	Винахідницька діяльність. Винахідницькі задачі. Рівні винахідницьких розв'язків	5
3	Класифікація методів пошуку творчих рішень. Методи випадкового пошуку («мозковий штурм», метод синектики, метод фокальних об'єктів, метод гірлянд асоціації та метафор та інші). Методи функціонально-структурного дослідження об'єктів (зокрема, метод морфологічного аналізу, метод матриць відкриття, метод комбінаторики). Методи логічного пошуку (метод функціонально-вартісного аналізу, алгоритм розв'язання винахідницьких задач, теорія розв'язання винахідницьких задач та інші). Проблемно-орієнтовані методи (зокрема, фундаментальний метод проектування Метчетта)	5
4	Природні системи як аналоги та прототипи винаходів	10
5	Закон України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі». Поняття, критерії охороноспроможності, види об'єктів авторських прав	5
6	Експериментальні та винахідницькі задачі як засіб, що сприяє залученню учнів до організації інноваційної діяльності учнів	5
7	Способи дистанційного проведення фізичного експерименту, що пов'язані з використанням програм для управління віддаленим комп'ютером через Інтернет	5

1	2	3
8	Методичні особливості створення навчального середовища для організації учнівської інноваційної діяльності	5
9	Умови проведення всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсів та правила оформлення робіт для участі в них	5
10	Особливості розроблення та впровадження демонстраційних пристроїв	5
	Разом	50

6. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Основним завданням цього блоку є розвиток у студентів *практичної* складової готовності до організації інноваційної діяльності учнів. Кожне з наведених нижче завдань спрямоване на розроблення студентами авторських методів, форм та засобів навчання, що ґрунтуються на набутих під час вивчення навчальної дисципліни знань щодо організаційно-педагогічного забезпечення інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі з фізики. Виконання індивідуальних завдань є довгостроковим. На початку вивчення дисципліни студент за бажанням вибирає одне з поданих завдань, яке він потім виконує впродовж семестру. Захист студентських робіт відбувається наприкінці вивчення дисципліни на спеціально відведеному практичному занятті. Тематичні напрямки, окреслені в завданнях, є орієнтовними. За бажанням студент може їх змінити, узгодивши це з викладачем.

1. Розробити фрагмент навчального заняття (уроку або позаурочного заняття) з вивчення методу мозкового штурму як одного з методів пошуку розв'язків фізико-технічних завдань. *Вказівки.* Реалізацію вивчення цього методу зручно провести у вигляді рольової гри. Для цього клас слід поділити на дві групи – «генератори ідей» та «експерти» і запропонувати для розв'язання нескладну фізико-технічну проблему.

2. Розробити фрагмент навчального заняття (уроку або позаурочного заняття) з вивчення одного з методів пошуку розв'язків фізико-технічних завдань (метод синектики, метод морфологічного аналізу, метод контрольних запитань, метод функціонально-вартісного аналізу, теорія розв'язання винахідницьких задач Г. С. Альтшулера тощо). *Вказівки.* а) Бажано передбачити активні форми роботи учнів у процесі ознайомлення з певним методом; б) вивчення методу має включати розгляд відповідних прикладів його реалізації.

3. Підібрати приклади відомих винаходів, аналогами та прототипами яких є природні системи. *Вказівки.* Потрібно дати технічний опис винаходу й пояснення відповідного природного аналогу.

4. Розробити фрагмент навчального заняття (уроку або позаурочного заняття) з вивчення принципів та прийомів усунення технічних протиріч. *Вказівки.* Реалізацію фрагменту заняття можна провести у вигляді рольової гри.

5. Підібрати приклади застосування фізичних явищ та ефектів у процесі розв'язання винахідницьких задач. *Вказівки.* Приклади бажано упорядкувати або за явищами та ефектами (до кожного явища або ефекту навести відповідні приклади їх застосування), або за винаходами (показати, які явища та ефекти можна застосувати для створення даного технічного продукту).

6. Провести удосконалення певного демонстраційного пристрою або запропонувати авторський варіант його конструкції. *Вказівки.* У звіті потрібно виділити недоліки існуючого пристрою (аналогу або прототипу) та подати технічний опис запропонованого технічного рішення. Бажано також виготовити його діючу модель.

7. За результатами удосконалення конструкції наявного або створення нового демонстраційного пристрою підготувати заявку на видачу патенту на винахід (корисну модель). *Вказівки.* Це завдання можна виконувати як продовження попереднього. У цьому разі допускається спільне виконання цих завдань двома студентами.

8. Ґрунтуючись на сучасних підходах до розвитку в учнів здатності до виявлення фізико-технічних проблем, запропонувати авторські методи або прийоми. *Вказівки.* Опис розробки має містити відповідні приклади.

9. Представити розв'язок певного фізико-технічного завдання (проблеми) у вигляді циклу взаємопов'язаних фізичних задач. *Вказівки.* Для виконання цього завдання можна використовувати як існуючі (наприклад, запозичені зі збірників), так і авторські навчальні проблеми.

10. Розробити навчальний засіб за допомогою апаратно-програмного комплексу Arduino та навести методичні особливості використання цього засобу. *Вказівки.* Прикладами таких засобів можуть бути: фізичні демонстрації; навчально-пізнавальні задачі; демонстраційні пристрої тощо.

11. Розробити навчальний засіб за допомогою програми Soundcard Scope та навести методичні особливості використання цього засобу. *Вказівки.* Прикладами таких засобів можуть бути: фізичні демонстрації; навчально-пізнавальні задачі; демонстраційні пристрої тощо.

12. Розробити навчальний відеофрагмент та навести методичні особливості його використання. *Вказівки.* Для створення відеофрагменту можна скористатись графічними комп'ютерними програмами та програмами для захвату відео з екрану (наприклад, графічним редактором Microsoft Paint та програмою iSpring Free Cam).

13. Розробити цикл навчальних фізико-технічних завдань, що можна використовувати для підготовки учнів до інноваційної діяльності на уроках з фізики. *Вказівки.* Завдання слід структурувати за видами навчально-пізнавальної діяльності учнів, що здійснюється на уроці.

14. Розробити цикл навчальних фізико-технічних завдань, що можна використовувати для залучення учнів до інноваційної діяльності в позаурочній роботі з фізики. *Вказівки.* Формулювання завдання має містити проблемну ситуацію та задачу, яку потрібно розв'язати.

15. За результатами удосконалення конструкції наявного або створення нового демонстраційного пристрою запропонувати можливі напрямки його

впровадження в навчальний процес з фізики. *Вказівки.* Як один із варіантів виконання цього завдання може бути розроблення демонстрації або лабораторної роботи з використанням створеного пристрою.

16. Підготувати одного або декількох учнів до участі у всеукраїнському або міжнародному конкурсі фізико-технічного спрямування. *Вказівки.* Прикладами таких конкурсів є: Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України, Всеукраїнський турнір юних винахідників та раціоналізаторів, Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів Intel ISEF; Міжнародна олімпіада проектів на тему «Покращення довкілля» I-SWEEEP.

7. КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ

Питання до екзамену

1. Суть інноватики як галузі знань. Інновації та інноваційна діяльність.
2. Нормативні документи, що регламентують інноваційну діяльність в Україні.
3. Інноваційна педагогічна діяльність.
4. Інноваційна діяльність учнів у навчальному процесі з фізики: зміст та структура поняття.
5. Основні етапи учнівської інноваційної діяльності з фізики.
6. Методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань: метод «спроб і помилок», метод мозкового штурму.
7. Методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань: метод синектики.
8. Методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань: метод морфологічного аналізу.
9. Методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань: метод контрольних запитань.
10. Методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань: метод функціонально-вартісного аналізу.
11. Методи пошуку розв'язків творчих фізико-технічних завдань: теорія розв'язання винахідницьких задач Г. С. Альтшулера.
12. Принципи та прийоми усунення технічних протиріч. Навести відповідні приклади.
13. Прикладне значення фізичних явищ та ефектів. Приклади застосування явищ та ефектів для створення пристроїв та способів досягнення.
14. Законодавчі акти України у сфері охорони інтелектуальної власності.
15. Винахід (об'єкти винаходу; об'єкти, які не визнаються винаходом). Критерії патентоспроможності винаходу (новизна, винахідницький рівень, промислова придатність).
16. Корисна модель. Критерії патентоспроможності корисної моделі (новизна, промислова придатність).
17. Процедура видачі патенту. Порядок оформлення заявки на видачу патенту на винахід (корисну модель).

18. Способи проведення патентного пошуку для з'ясування аналогу та прототипу передбачуваного винаходу.

19. Методи та прийоми розвитку в учнів здатності до виявлення фізико-технічних проблем та вибору теми творчої роботи.

20. Методичні особливості подання теоретичних та експериментальних досліджень учнів у вигляді циклу взаємопов'язаних фізичних задач.

21. Навчально-пізнавальні задачі для залучення учнів до інноваційної діяльності в навчанні фізики.

22. Методичні особливості підготовки учнів до інноваційної діяльності (організаційні форми, методи та засоби навчання).

23. Особливості створення навчального середовища для організації учнівської інноваційної діяльності.

24. Методичні особливості організації інноваційної діяльності учнів на уроках з фізики.

25. Методичні особливості організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі з фізики.

26. Фізико-технічні конкурси, що сприяють залученню учнів до інноваційної діяльності.

27. Складові успішного представлення учнями інноваційних розробок на всеукраїнських та міжнародних фізико-технічних конкурсах.

28. Особливості впровадження учнівських розробок.

8. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Андреев А. М., Осипов О. Ю. Фізика. Лабораторні роботи з творчими завданнями : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. Запоріжжя : ЗНУ, 2013. 228 с.

2. Андреев А. М. Інноваційна діяльність учнів у навчальному процесі з фізики: зміст і структура поняття. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах* : зб. наук. пр. / гол. ред. Т. І. Сущенко. Запоріжжя : КПУ, 2016. Вип. 51 (104). С. 336–344.

3. Бойко М. П., Венгер Є. Ф., Мельничук О. В. Фізико-технічна творчість учнів : навч. посіб. Київ : Вища шк., 2007. 262 с.

4. Давиденко А. А. Методика розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики (теоретичні основи) : монографія. Ніжин : Аспект-Поліграф, 2004. 264 с.

5. Меерович М. И., Шрагина Л. И. Теории решения изобретательских задач. Минск : Харвест, 2003. 428 с.

6. Тематики творчих проєктів учнівської молоді на 2012/2013 навчальний рік / укладачі: А. А. Халатов та ін. Київ : Спільна лабораторія оперативної поліграфії ННК «ІПСА» та ФТІ НТУУ «КПІ», 2012. 28 с.

7. Шут М. І., Сергієнко В. П. Науково-дослідна робота з фізики у середніх та вищих навчальних закладах : навч. посіб. Київ : Шкільний світ, 2004. 128 с.

Додаткова:

1. Віднічук М. А. Технології технічної творчості. Київ : Ред. загальнопед. газ., 2004. Част. 1. 112 с.
2. Віднічук М. А. Технології технічної творчості. Київ : Ред. загальнопед. газ., 2004. Част. 2. 120 с.
3. Охорона інтелектуальної власності в Україні / С. О. Довгий, В. О. Жаров, В. О. Зайчук та ін. Київ : Форум, 2002. 319 с.
4. Охорона промислової власності в Україні : монографія / О. Д. Святоцький, В. Л. Петров, Г. О. Андрощук та ін.; за ред. О. Д. Святоцького, В. Л. Петрова. Київ : Видавничий Дім «Ін Юре», 1999. 400 с.
5. Павленко А. І. Методика навчання учнів середньої школи розв'язуванню і складанню фізичних задач (теоретичні основи) : монографія. Київ : Міжнародна фінансова агенція, 1997. 177 с.
6. Туров М. П. Основи винахідництва та методи пошуку розв'язку творчих технічних задач : метод. посібник. Київ : Освіта України, 2008. 312 с.

Інформаційні ресурси

1. Про охорону прав на винаходи і корисні моделі : Закон України від 15.12.1993 р. № 3687-XII. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/3687-12> (дата звернення: 25.12.2017).
2. Arduino.ua. URL: <http://arduino.ua> (дата звернення: 10.12.2017).
3. Projekte von Christian Zeitnitz. URL: https://www.zeitnitz.eu/scope_en (last accessed: 10.12.2017).

15. Чи плануєте організовувати творчу навчально-пізнавальну діяльність учнів у позаурочний час?

- A.** Так. **Б.** Не впевнений. **В.** Ні.

16. Чи маєте бажання готувати учнів до участі у всеукраїнських (міжнародних) фізико-технічних конкурсах?

- А. Так.** **Б. Не впевнений.** **В. Ні.**

17. Чи готові додатково витратити власний час для досягнення кращих результатів педагогічної діяльності?

- A.** Завжди. **B.** Інколи. **B.** Ніколи.

18. Чи вважаєте важливим для учнів етап упровадження створених ними творчих продуктів?

- A.** Так. **B.** Не впевнений. **B.** Ні.

19. Чи вважаєте за доцільне знайомити учнів з основами охорони інтелектуальної власності у процесі їх пошукової діяльності (зокрема, з правилами оформлення заявки на винахід або корисну модель)?

- А. Так.** **Б. Не впевнений.** **В. Ні.**

20. Чи є для Вас творчі досягнення учнів значущим мотивом для здійснення творчої педагогічної діяльності, що часто передбачає суттєвих витрат часу?

- А. Завжди.** **Б. Інколи.** **В. Ніколи.**

Теоретичний блок

1. Яке з поданих визначень розкриває зміст педагогічної інноватики як галузі знань? Педагогічна інноватика – це галузь знань про...

- А. ... виникнення та становлення педагогічної науки.
- Б. ... створення, апробацію та використання педагогічних нововведень.
- В. ... захист прав інтелектуальної власності під час розроблення педагогічних нововведень.
- Г. ... соціальні аспекти творчої педагогічної діяльності.

2. Установіть відповідність між змістом і назвою терміну.

- 1** Психічні властивості індивіда, що є передумовою успішного виконання певних видів діяльності.

- 2** Індивідуальна потенціальна своєрідність задатків людини, завдяки яким вона може досягти значних успіхів у певній галузі знань.

- 3** Комплекс інтелектуальних і особистісних особливостей індивіда, які сприяють самостійному висуненню проблем, генеруванню великої кількості оригінальних ідей та нешаблонному їх розв'язанню.

- 4 Природні особливості людини, які є передумовою для розвитку індивіда.

- А. Креативність.
Б. Обдарованість.
В. Задатки.
Г. Компетентність.
Д. Здібності.

3. Інноваційна діяльність учнів у навчанні фізики полягає у...

- А. ... використанні нових інформаційних технологій у навчально-пізнавальній діяльності.

- Б.** ... пошуку ідей розв'язання творчих фізичних задач.

В. ... розробленні, дослідженні й запровадженні у практику певної новини (продукту або способу).

Г. ... виготовленні діючих моделей пристроїв.

4. Установіть відповідність між технічним рішенням та відповідним принципом (прийомом) усунення протиріччя.

1 Спосіб енергопостачання споживачів стисненим газом у шахтах – транспортувати газ у зрідненому вигляді.

2 Спосіб вимірювання маси тіла, що полягає у вимірюванні періоду коливань тіла на пружині відомої жорсткості.

3 Спосіб штамповки виробів, у якому розпирні зусилля створюються завдяки замерзанню води.

4 Спосіб передачі обертового моменту за допомогою електричного вала.

А. Прийом використання механічних коливань.

Б. Прийом заміни механічної системи.

В. Принцип використання фазових переходів.

Г. Принцип застосування термічного розширення.

Д. Принцип «перетворити шкоду на користь».

5. Установіть відповідність між змістом принципу (прийому) усунення технічного протиріччя та його назвою.

1 Змінити умови роботи так, щоб не доводилося піднімати чи опускати об'єкт.

2 Використати проміжний об'єкт, що переносить або передає дію.

3 Усунути холості та проміжні ходи.

4 Змінити агрегатний стан об'єкта; його концентрацію або консистенцію; ступінь гнучкості; температуру тощо.

А. Принцип «посередника».

Б. Принцип переходу в інший вимір.

В. Принцип зміни фізико-хімічних параметрів об'єкта.

Г. Принцип неперервності корисної дії.

Д. Принцип еквівалентності.

6. Установіть відповідність між фізичним явищем (ефектом) та його можливим застосуванням у технічних рішеннях.

1 П'єзоелектричний ефект.

2 Електростатична взаємодія.

3 Сила Архімеда.

4 Коронний розряд.

А. Вимірювання параметрів газу (тиску, складу, швидкості газових потоків); вимірювання кривизни поверхні (радіусів проводів, кромки).

Б. Регулювання плавучості тіл, вимірювання їх густини.

В. Управління положенням і рухом частинок, крапель, волокон тощо.

Г. Вимірювання механічних зусиль, тиску, прискорення; перетворення механічних коливань в електричні та навпаки.

Д. Управління формою поверхні рідини. Розділення суміші. Регулювання та вимірювання швидкості обертання.

7. На який із поданих об'єктів не поширюється правова охорона згідно з Законом України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі»?

А. Продукт (пристрій, речовина, штам мікроорганізму, культура клітин рослини й тварини тощо).

Б. Результат художнього конструювання.

В. Процес (спосіб).

Г. Нове застосування відомого продукту чи процесу.

8. _____ – це охоронний документ, що засвідчує пріоритет, авторство й право власності на винахід (корисну модель).

A. Постанова.

Б. Сертифікат.

В. Патент.

Г. Гриф.

9. _____ – це відоме технічне рішення розглядуваної задачі, яке є подібним за своєю технічною суттю з рішенням, що заявляється.

A. Прототип.

Б. Приклад конкретного виконання.

В. Експериментальний зразок.

Г. Аналог.

10. _____ – це відоме технічне рішення розглядуваної задачі, яке за своєю технічною суттю є найближчим до рішення, що заявляється.

A. Прототип.

Б. Приклад конкретного виконання.

В. Експериментальний зразок.

Г. Аналог.

11. Який з поданих критеріїв не є умовою патентоздатності винаходу?

A. Промислова придатність.

Б. Простота конструкції.

В. Винахідницький рівень.

Г. Новизна.

12. Який з поданих критеріїв є умовою патентоздатності винаходу, але не є умовою патентоздатності корисної моделі?

A. Промислова придатність.

Б. Простота конструкції.

В. Винахідницький рівень.

Г. Новизна.

13. Установіть відповідність:

1 Винахід має винахідницький рівень, якщо...

2 Винахід визнається промислово придатним, якщо...

3 Винахід визнається новим, якщо...

4 Винаходу може надаватися правова охорона, якщо...

A. ... він не є частиною техніки.

Б. ... для фахівця він не є очевидним, тобто не впливає явно з рівня техніки.

В. ... він має просту конструкцію.

Г. ... його може бути використано у промисловості або в іншій сфері діяльності.

Д. ... його об'єктом є продукт; процес (спосіб), а також нове застосування відомого продукту або процесу.

14. Серед поданих документів укажіть той, що не входить до переліку обов'язкових документів заявки на видачу патенту.

A. Формула винаходу.

Б. Рецензія фахівця.

В. Опис винаходу.

Г. Реферат.

15. Установіть відповідність:

1 Формула винаходу – це...

2 Опис винаходу – це...

3 Заявка на видачу патенту – це...

4 Заява про видачу патенту – це...

A. ... прохання про видачу патенту на винахід.

Б. ... сукупність документів, необхідних для видачі патенту центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері інтелектуальної власності.

В. ... скорочений виклад змісту суті винаходу (дає змогу зацікавленій особі отримати інформацію про винахід).

Г. ... складена за встановленими правилами коротка словесна характеристика, що виражає суть винаходу.

Д. ... документ, що чітко й повною мірою розкриває технічну суть винаходу (містить, зокрема, такі розділи: галузь техніки, до якої належить винахід; характеристика аналогів і прототипу винаходу; завдання, що розв'язує винахід; суть винаходу; перелік креслень (за потреби); приклад конкретного виконання винаходу).

16. Відповідно до якого методу пошуку розв'язків творчих задач колективу людей, що задіяні в пошуку, формуються дві групи: «генератори» та «експерти». Завданням першої групи є генерування максимальної кількості ідей, завданням другої – їх ретельний аналіз.

А. Метод синектики.

Б. Метод мозкового штурму.

В. Метод фокальних об'єктів.

Г. Метод контрольних запитань.

17. Для якого з поданих методів пошуку розв'язків творчих задач характерним є використання чотирьох типів аналогії: прямої (порівняння з існуючими розв'язками), особистої (ототожнення себе з технічним об'єктом), символічної (формулювання суті завдання у кількох словах), фантастичної (введення фантастичних або казкових персонажів, що виконують потрібні функції)?

А. Метод синектики.

Б. Метод мозкового штурму.

В. Метод фокальних об'єктів.

Г. Метод контрольних запитань.

18. Який із наведених методів пошуку розв'язків творчих задач передбачає: виділення низки характерних функціональних і структурних ознак досліджуваного об'єкта; складання списку можливих варіантів реалізації кожної з ознак; подання їх у вигляді таблиці (матриці); знаходження ідеї розв'язку шляхом аналізу різних елементів матриці (сполучень її варіантів)?

А. Метод спроб і помилок.

Б. Метод мозкового штурму.

В. Метод морфологічного аналізу.

Г. Метод контрольних запитань.

19. Установіть відповідність між характерною умовою щодо участі в учнівському конкурсі та його назвою.

1 Для участі в конкурсі учням необхідно попередньо розв'язати цикл винахідницьких задач.

2 Виступ є постерною (стендовою) презентацією результатів дослідження.

3 Окремим етапом конкурсу є написання контрольної роботи з базової дисципліни.

4 Необхідною умовою участі є наявність проектної книги – робочого журналу, що містить особисті записи учня, графіки, діаграми, ескізи, чорнові варіанти розрахунків.

А. Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів – Intel International Science and Engineering Fair (Intel ISEF).

Б. Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідних робіт учнів – членів МАН України.

В. Всеукраїнський відкритий турнір юних винахідників і раціоналізаторів.

Г. Міжнародна олімпіада проектів на тему «Покращення довкілля» – International Sustainable World (Energy, Engineering, Environment) Project Olympiad (I-SWEEEP).

Д. Учнівська олімпіада з фізики різних рівнів.

Практичний блок

Творче завдання. На рис. Ж. 1 наведено діючу модель рідинного акселерометра (пристрою для вимірювання прискорення тіла). Модель складається з U-подібної трубки, заповненої підфарбованою водою, та шкали, що закріплені на опорі. Шкала приладу проградуєвана згідно з формулою

$$a = g \frac{\Delta h}{l},$$

де g – прискорення вільного падіння; Δh – різниця рівнів води у колінах трубки; l – відстань між колінами трубки. У стані спокою або рівномірного прямолінійного руху $\Delta h = 0$. Під час рівноприскореного руху рівні води у колінах U-подібної трубки не співпадають. І що більшим є прискорення, то більшою є різниця рівнів. Рівень води в одному з колін є показником шкали, що проградуєвана в одиницях прискорення.



Рис. Ж. 1. Діюча модель рідинного акселерометра

Використовуючи описаний прилад як об'єкт, що потребує удосконалення, змодельуйте процес власної педагогічної діяльності, спрямованої на організацію інноваційної діяльності учнів. Дайте відповідь на такі запитання:

1. Які найважливіші етапи Ви б виділили у процесі організації інноваційної діяльності учнів з удосконалення приладу?

2. Які недоліки Ви бачите в конструкції приладу або в техніці його використання як демонстраційного пристрою?

3. Під час вивчення якої теми шкільного курсу фізики, на Вашу думку, доцільно ознайомити учнів із цим приладом та поставити перед ними задачу щодо його удосконалення?

4. Сформулюйте завдання (наприклад, у формі винахідницької задачі), яке б зацікавило учнів та спрямувало б їх до інноваційного пошуку з удосконалення приладу.

5. Які характеристики удосконаленого рідинного акселерометра потребують теоретичного та експериментального дослідження?

6. Які матеріали, пов'язані з інноваційною розробкою, слід підготувати з учнями для подання заявки на винахід або корисну модель?

7. Які способи здійснення патентного пошуку Ви можете порекомендувати учням?

8. Як би Ви організували виготовлення учнями діючої моделі приладу та її експериментальне дослідження?

9. В яких всеукраїнських (міжнародних) фізико-технічних учнівських конкурсах можна представити розглянуту інноваційну розробку?

10. Які напрями впровадження удосконаленого акселерометра Ви бачите? Наприклад, запропонуйте демонстрацію, фізичну задачу, лабораторну роботу або інші методи та засоби навчання, у яких би використовувався цей прилад.

Просимо Вас також відповісти на додаткові питання.

1. Чи маєте Ви власні наукові публікації (статті, патенти тощо)? Якщо так, то вкажіть назву або головну ідею статті, патенту.

2. Чи маєте Ви досвід підготовки учнів до участі в міжнародних або всеукраїнських фізико-технічних конкурсах? Якщо так, то вкажіть назви конкурсів, прізвища учнів-учасників, та результати їх виступів.

Додаток 3

Аналіз результатів експериментального навчання

Таблиця 3.1

Дані для розрахунку емпіричного значення
критерію Вілкоксона – Манна – Уїтні

№ з/п	Варіанти вибірок		Ранг R	№ з/п	Варіанти вибірок		Ранг R
	x_i	y_i			x_i	y_i	
1	2	3	4	5	6	7	8
1		4	1	40		15	37,5
2		5	2	41		15	37,5
3		5	3	42	16		45,5
4	6		4	43	16		45,5
5		7	5	44		16	45,5
6	8		7,5	45		16	45,5
7	8		7,5	46		16	45,5
8		8	7,5	47		16	45,5
9		8	7,5	48		16	45,5
10	10		11	49		16	45,5
11		10	11	50	17		54,5
12		10	11	51	17		54,5
13	11		14,5	52	17		54,5
14		11	14,5	53		17	54,5
15		11	14,5	54		17	54,5
16		11	14,5	55		17	54,5
17	12		19,5	56		17	54,5
18	12		19,5	57		17	54,5
19		12	19,5	58		17	54,5
20		12	19,5	59		17	54,5
21		12	19,5	60	18		63
22		12	19,5	61	18		63
23		13	23	62		18	63
24		13	24	63		18	63
25		13	25	64		18	63
26		13	26	65		18	63
27		13	27	66		18	63
28	14		30,5	67	19		71
29	14		30,5	68	19		71
30		14	30,5	69		19	71
31		14	30,5	70		19	71
32		14	30,5	71		19	71
33		14	30,5	72		19	71
34	15		37,5	73		19	71
35	15		37,5	74		19	71
36	15		37,5	75		19	71
37		15	37,5	76	20		80,5
38		15	37,5	77	20		80,5
39		15	37,5	78	20		80,5

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
79	20		80,5	127	25		130
80		20	80,5	128	25		130
81		20	80,5	129	25		130
82		20	80,5	130	25		130
83		20	80,5	131		25	130
84		20	80,5	132		25	130
85		20	80,5	133		25	130
86	21		90,5	134		25	130
87	21		90,5	135		25	130
88	21		90,5	136	26		140,5
89	21		90,5	137	26		140,5
90		21	90,5	138	26		140,5
91		21	90,5	139	26		140,5
92		21	90,5	140	26		140,5
93		21	90,5	141	26		140,5
94		21	90,5	142		26	140,5
95		21	90,5	143		26	140,5
96	22		99	144		26	140,5
97	22		99	145		26	140,5
98	22		99	146	27		151,5
99		22	99	147	27		151,5
100		22	99	148	27		151,5
101		22	99	149	27		151,5
102		22	99	150	27		151,5
103	23		108,5	151	27		151,5
104	23		108,5	152		27	151,5
105	23		108,5	153		27	151,5
106	23		108,5	154		27	151,5
107	23		108,5	155		27	151,5
108		23	108,5	156		27	151,5
109		23	108,5	157		27	151,5
110		23	108,5	158	28		161,5
111		23	108,5	159	28		161,5
112		23	108,5	160	28		161,5
113		23	108,5	161	28		161,5
114		23	108,5	162	28		161,5
115	24		119,5	163		28	161,5
116	24		119,5	164		28	161,5
117	24		119,5	165		28	161,5
118	24		119,5	166	29		169
119	24		119,5	167	29		169
120		24	119,5	168	29		169
121		24	119,5	169	29		169
122		24	119,5	170	29		169
123		24	119,5	171		29	169
124		24	119,5	172		29	169
125	25		130	173	30		176,5
126	25		130	174	30		176,5

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
175	30		176,5	193		33	192
176	30		176,5	194		33	192
177	30		176,5	195	34		196,5
178		30	176,5	196	34		196,5
179		30	176,5	197	34		196,5
180		30	176,5	198		34	196,5
181	31		184	199	35		201
182	31		184	200	35		201
183	31		184	201	35		201
184	31		184	202		35	201
185		31	184	203		35	201
186		31	184	204	36		204
187		31	184	205	37		206
188	32		188	206	37		206
189	32		189	207		37	206
190	33		192	208	38		208
191	33		192	209	39		209
192	33		192	210	40		210

Сума рангів варіант першої вибірки ($n_1 = 96$):

$$S_1 = \sum_{i=1}^{n_1} R(x_i) = 12092.$$

Сума рангів варіант другої вибірки ($n_2 = 114$):

$$S_2 = \sum_{j=1}^{n_2} R(y_j) = 10063.$$

Сума рангів варіант об'єднаної вибірки ($n_1 + n_2 = 210$):

$$S = S_1 + S_2 = 22155.$$

Контроль. Сума всіх натуральних чисел від 1 до $n_1 + n_2$ дорівнює:

$$\frac{1 + n_1 + n_2}{2} \cdot (n_1 + n_2) = \frac{1 + 96 + 114}{2} \cdot (96 + 114) = 22155.$$

Емпіричне значення критерію Вілкоксона – Манна – Уїтні $W_{\text{емп}}$ – сума рангів варіант вибірки меншого об'єму:

$$W_{\text{емп}} \equiv S_1 = 12092.$$

Таблиця 3.2

Дані для розрахунку корекції $\sum K$ на приписування однакових рангів
варіантам, що збігаються в обох вибірках

Номер ланцюжка з однакових варіант	Варіанти, що збігаються в обох вибірках	Кількість членів обох вибірок, що мають конкретну варіанту k_i	Коефіцієнт $K_i = \frac{k_i^3 - k_i}{12}$
1	8	4	5
2	10	3	2
3	11	4	5
4	12	6	17,5
5	14	6	17,5
6	15	8	42
7	16	8	42
8	17	10	82,5
9	18	7	28
10	19	9	60
11	20	10	82,5
12	21	10	82,5
13	22	7	28
14	23	12	143
15	24	10	82,5
16	25	11	110
17	26	10	82,5
18	27	12	143
19	28	8	42
20	29	7	28
21	30	8	42
22	31	7	28
23	33	5	10
24	34	4	5
25	35	5	10
26	36	3	2

Корекція $\sum K$ на приписування однакових рангів варіантам вибірок, що збігаються:

$$\sum K = \sum_{i=1}^{26} K_i = 1222,5.$$

Наукове видання
(українською мовою)

Андрій Миколайович АНДРЕЄВ

**ПІДГОТОВКА
МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ
ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ
У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

Монографія

Редактор *Н. П. Тунік*
Технічний редактор *Я. В. Яровий*
Коректор *Н. М. Соболева*