

**Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка**

Фізико-математичний факультет

Кафедра фізики та методики її навчання

Кваліфікаційна робота

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЄКТНОЇ
ДІЯЛЬНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ З МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ НА
ОСНОВІ ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

Спеціальність: 014 Середня освіта (за предметними спеціальностями)

Освітня програма: Середня освіта (Фізика та астрономія, математика)

Здобувача другого (магістерського)
рівня вищої освіти
Крокіша Василя Мироновича

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:
кандидат фізико-математичних наук
Дрогобицький Юрій Володимирович

РЕЦЕНЗЕНТ:
кандидат педагогічних наук, доцент
кафедри інформатики та методики її
навчання Тернопільського
національного педагогічного
університету імені Володимира
Гнатюка
Лещук Світлана Олексіївна

АНОТАЦІЯ

Крокіш В. М. Навчально-методичне забезпечення проєктної діяльності здобувачів освіти з молекулярної фізики на основі демонстраційного експерименту. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» зі спеціальності 014 Середня освіта. ТНПУ ім. В. Гнатюка. Тернопіль, 2025. 48 с.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, двох розділів, висновків та списку використаних джерел.

У першому розділі проаналізовано науково-педагогічну та методичну літературу щодо сутності, структури, функцій проєктної діяльності та ролі демонстраційного експерименту у вивченні фізики; проведено аналіз навчальної програми з фізики з метою визначення ключових понять та демонстраційних експериментів, які мають найбільший дослідницький потенціал.

В другому розділі наведено систему демонстраційних експериментів із молекулярної фізики, які є основою для створення навчальних проєктів різного типу та розроблено зміст та структуру методичних рекомендацій для вчителя щодо супроводу проєктної діяльності учнів на основі демонстраційного експерименту.

Ключові слова: молекулярна фізика, проєктна діяльність, демонстраційний експеримент.

ABSTRACT

Krokish V. M. Educational and methodological support for project-based learning in molecular physics based on demonstration experiments. Qualification thesis for the degree of «Master» in the specialty 014 Secondary Education. TNPU named after V. Hnatiuk. Ternopil, 2025. 48 p.

The Qualification thesis consists of an introduction, two chapters, conclusions and a list of references.

The first section analyses scientific, pedagogical and methodological literature on the essence, structure and functions of project activities and the role of demonstration experiments in the study of physics. It also analyses the physics curriculum in order to identify key concepts and demonstration experiments with the greatest research potential.

The second chapter presents a system of demonstration experiments in molecular physics, which form the basis for the creation of various types of educational projects, and develops the content and structure of methodological recommendations for teachers on supporting students' project activities based on demonstration experiments.

Keywords: molecular physics, project work, demonstration experiment.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЄКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ У ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ.....	7
1.1. ПРОЄКТНА ДІЯЛЬНІСТЬ У КОНТЕКСТІ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ ТА ЇЇ РОЛЬ У ФОРМУВАННІ ПРИРОДНИЧО-НАУКОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ	7
1.2. ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЕЛЕМЕНТ ФОРМУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПОНЯТЬ ТА ОСНОВА ДЛЯ ПРОЄКТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	12
1.3. СПЕЦИФІКА ВИВЧЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ.....	15
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	18
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЄКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ З МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ.....	20
2.1. СИСТЕМА ДЕМОНСТРАЦІЙНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ІЗ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ ЯК ОСНОВА НАВЧАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ	20
2.2. ЗМІСТ ТА МЕТОДИКА РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ ЗАВДАНЬ ІЗ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ НА БАЗІ ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ	25
2.3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНИХ ПРОЄКТНИХ ЗАВДАНЬ.....	39
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	43
ВИСНОВКИ	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46

ВСТУП

Актуальність. Молекулярна фізика є одним із фундаментальних і, водночас, абстрактних розділів шкільного курсу фізики. Засвоєння її базових понять (молекулярно-кінетична теорія, ідеальний газ, термодинамічні процеси) вимагає від здобувачів освіти високого рівня абстрактного мислення, оскільки більшість процесів є невидимими для прямого спостереження.

Сучасні освітні стандарти Нової української школи (НУШ) вимагають переходу від репродуктивного засвоєння знань до формування ключових компетентностей, зокрема, природничо-наукової, дослідницької та критичного мислення. У цьому контексті проєктна діяльність є ефективним інструментом для практичного застосування знань та розвитку самостійного дослідництва.

Проблема полягає в тому, що традиційні методи викладання молекулярної фізики часто ігнорують візуалізацію процесів, а проєктна діяльність запроваджується формально, без міцної емпіричної основи. Демонстраційний експеримент завдяки своїй наочності та здатності викликати проблемні питання, може стати ініціатором, фундаментом для розгортання повноцінного проєкту. Таким чином, існує науково-методична прогалина у розробці системи навчально-методичного забезпечення, яке б ефективно інтегрувало демонстраційний експеримент та проєктну діяльність для поглибленого вивчення молекулярної фізики.

Саме тому **метою дослідження** є: теоретично обґрунтувати та розробити навчально-методичне забезпечення проєктної діяльності здобувачів освіти з молекулярної фізики, що базується на демонстраційному експерименті та експериментально перевірити його ефективність.

Для досягнення мети дослідження необхідно було виконати наступні **завдання**:

1. Проаналізувати науково-педагогічну та методичну літературу щодо сутності, структури, функцій проєктної діяльності та ролі демонстраційного експерименту у вивченні фізики.
2. Провести аналіз чинної навчальної програми з фізики (розділ «Молекулярна фізика та термодинаміка») з метою визначення ключових понять та демонстраційних експериментів, які мають найбільший дослідницький потенціал.
3. Розробити систему демонстраційних експериментів із молекулярної фізики, які є основою для створення навчальних проєктів різного типу.
4. Розробити зміст та структуру методичних рекомендацій для вчителя щодо супроводу проєктної діяльності учнів на основі демонстраційного експерименту.
5. Здійснити експериментальну перевірку ефективності розроблених методичних рекомендацій для покращення рівня сформованості дослідницьких умінь та засвоєння навчального матеріалу учнів.

Об’єкт дослідження – процес проєктної діяльності здобувачів освіти у процесі вивчення молекулярної фізики.

Предмет дослідження – зміст, форми та методи навчально-методичного забезпечення проєктної діяльності учнів з молекулярної фізики на основі демонстраційного експерименту.

Теоретичне значення полягає в теоретичному обґрунтуванні структури та змісту навчально-методичного забезпечення, що акцентує увагу на інтеграції демонстраційного експерименту та проєктної діяльності.

Практичне значення: розробка методичних рекомендацій для вчителя, які містять систему демонстраційних експериментів, картки-ініціатори проєктів та критерії оцінювання, і можуть бути безпосередньо впроваджені в освітній процес.

Структура кваліфікаційної роботи: кваліфікаційна робота складається зі вступу, двох розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків та списку використаних джерел.

Апробація матеріалів дослідження: основні наукові результати, отримані в ході написання кваліфікаційної роботи, були представлені на міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи»:

Дрогобицький Ю.В., Крокіш В.М. Демонстраційний експеримент як інструмент навчально-методичного забезпечення проєктної діяльності з молекулярної фізики. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи*: матеріали XVI міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Тернопіль, 6-7 листопада 2025 р. С.285-287.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЄКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ У ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ

1.1. ПРОЄКТНА ДІЯЛЬНІСТЬ У КОНТЕКСТІ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ ТА ЇЇ РОЛЬ У ФОРМУВАННІ ПРИРОДНИЧО-НАУКОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ

Реформування середньої освіти в Україні, ініційоване Концепцією Нової української школи [14], базується на зміні освітньої парадигми – переході від акценту на накопиченні знань до формування ключових компетентностей. Компетентнісний підхід передбачає не лише засвоєння академічних знань, але й розвиток умінь їх ефективного використання у життєвих та професійних ситуаціях.

Згідно з Державним стандартом базової середньої освіти [7], ключові компетентності – це динамічна комбінація знань, умінь, ціннісних орієнтирів, ставлень і спеціальних здібностей, що визначають успішність особистості. Видатний український педагог О. Я. Савченко визначає компетентність як здатність особистості діяти на основі набутих знань, досвіду та цінностей у конкретній навчальній чи життєвій ситуації [20].

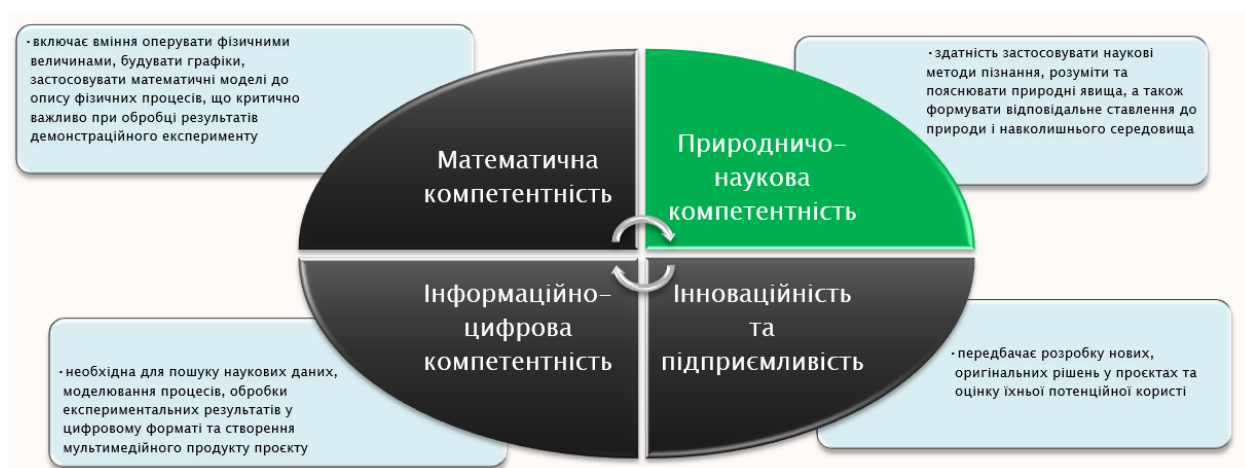


Рис. 1.1. Компетентності, які формуються у процесі проєктної діяльності при вивченні фізики

Проектна діяльність у сфері вивчення фізики спрямована на формування динамічної комбінації знань, умінь та ціннісних орієнтирів, які визначають успішність особистості. Ці складові об'єднуються у чотири компетентності (рис. 1.1).

1. Природничо-наукова компетентність [22].

Це базова компетентність для будь-якого здобувача освіти, який вивчає фізику. Вона охоплює здатність використовувати наукові методи пізнання, що включає вміння формулювати гіпотези, планувати та проводити дослідження, збирати та аналізувати дані, а також робити обґрунтовані висновки.

Важливою складовою є розуміння і пояснення природних явищ із застосуванням фундаментальних фізичних законів і теорій. Крім того, ця компетентність формує відповідальне ставлення до природи і навколишнього середовища, усвідомлення впливу науково-технічного прогресу на екологію та суспільство.

2. Математична компетентність [4].

Математика є інструментарієм фізики. Математична компетентність передбачає вміння оперувати фізичними величинами, правильно застосовувати одиниці вимірювання та оцінювати похибки.

Центральний аспект – це математичне моделювання, тобто здатність перетворювати фізичний процес на математичну модель (функцію, рівняння) для прогнозування та кількісного аналізу. Це також включає вміння будувати та інтерпретувати графіки залежностей між фізичними величинами. Математична компетентність є дуже важливою при обробці результатів демонстраційного або лабораторного експерименту для отримання достовірних даних.

3. Інформаційно-цифрова компетентність [9].

У сучасному світі ефективна робота з інформацією вимагає цифрових навичок. Ця компетентність починається з пошуку та критичної оцінки наукових даних з різних джерел.

Вона включає використання спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання фізичних процесів та обробки експериментальних даних. Не менш важливим є створення мультимедійного продукту проєкту – підготовка якісних цифрових звітів, презентацій чи відеороликів, які чітко та візуально привабливо доносять результати роботи. Також сюди входить використання цифрових засобів для командної співпраці.

4. Інноваційність та підприємливість [24].

Ця компетентність відображає ініціативність та креативність здобувача. Вона передбачає розробку нових, оригінальних рішень у проєктах, вихід за рамки стандартних підходів.

Ключовим елементом є оцінка потенційної користі розроблених рішень – чи можуть вони бути практичними, економічно вигідними або вирішувати важливі суспільні проблеми. Компетентність також формує ініціативність, самостійність у плануванні, готовність брати на себе відповідальність та вміння ефективно управляти ресурсами (час, матеріали) для успішної реалізації інноваційної ідеї.

Ці чотири компетентності у взаємодії забезпечують цілісний розвиток здобувача, готуючи його не лише до академічних успіхів, але й до ефективного вирішення життєвих та професійних завдань.

Проектна діяльність визнана однією з найбільш ефективних педагогічних технологій, що відповідає вимогам НУШ. Це освітня технологія, спрямована на самостійне розв'язання учнями значущої проблеми, що завершується отриманням реального продукту.

Проектний метод, історично обґрунтований Дж. Дьюї та розвинений у вітчизняній педагогіці (Полат Є. С., Зязюн І. А. та ін.) [13], забезпечує перехід від репродуктивного навчання до творчої, дослідницької діяльності.

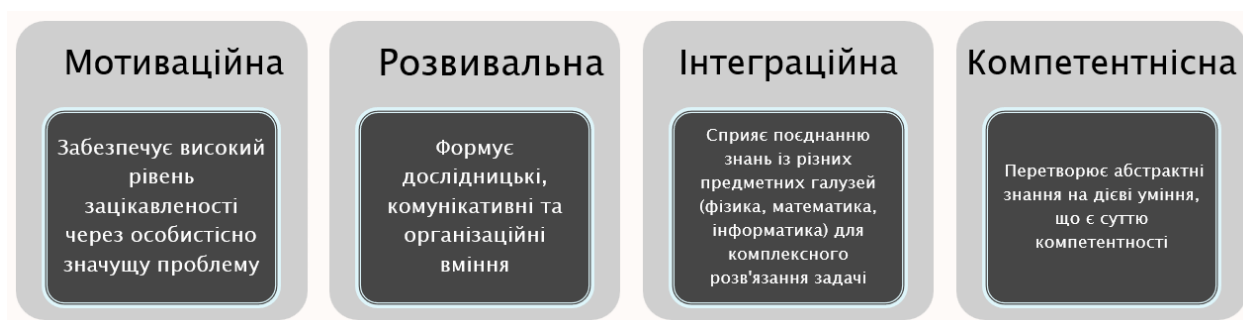


Рис. 1.2. Ключові дидактичні функції проєктної діяльності

Ключові дидактичні функції проєктної діяльності наведені на рис. 1.2.

Мотиваційна функція забезпечує високий рівень зацікавленості учнів. Зацікавленість виникає через те, що проблема, яку вони вирішують, є особистісно значущою для них, що робить навчання більш осмисленим і стимулює до активної роботи.

Розвивальна функція формує та розвиває ключові навички. Вона зосереджена на формуванні дослідницьких (пошук інформації, експериментування), комунікативних (співпраця, обговорення, презентація) та організаційних (планування часу, розподіл ролей, управління ресурсами) вмінь.

Інтеграційна функція сприяє поєднанню знань із різних предметних галузей, що дозволяє учням використовувати комплексний підхід для розв'язання складних, міждисциплінарних завдань.

Компетентнісна функція трансформує теоретичні знання у практичну діяльність, перетворює абстрактні знання на дієві вміння. Це є суттю компетентності, оскільки компетентний учень не просто знає, а вміє ефективно застосовувати ці знання у нових, непередбачених ситуаціях.

Проектна діяльність, завдяки цим чотирьом функціям, є потужним інструментом, який не лише передає знання (інтеграційна), але й формує особистість, яка мотивована (мотиваційна), вміє вчитися та працювати в команді (розвивальна) та ефективно застосовує знання на практиці (компетентнісна).

Природничо-наукова компетентність – це здатність застосовувати наукові методи пізнання, розуміти та пояснювати природні явища, а також формувати відповідальне ставлення до природи і навколишнього середовища [7].

З позиції формування природничо-наукової компетентності, проєктна діяльність, особливо під час вивчення молекулярної фізики, має складну структуру (табл. 1.1).

Таблиця 1.1.

Структура проєктної діяльності з позиції формування природничо-наукової компетентності.

Компонент ПНК	Зміст	Діяльність учня у проєкті на основі експерименту
Когнітивний (знаннєвий)	Знання фундаментальних фізичних законів, понять (МКТ, термодинаміка).	Аналіз теоретичних джерел, формулювання гіпотези, пояснення результатів експерименту (наприклад, пояснення дифузії з точки зору руху молекул).
Діяльнісний (операційний)	Уміння формулювати проблему, планувати експеримент, збирати та обробляти дані, моделювати, критично оцінювати результати.	Безпосереднє проведення демонстраційного експерименту (наприклад, спостереження броунівського руху), вимірювання фізичних параметрів, обробка даних, побудова математичної моделі [25].
Ціннісно-мотиваційний	Усвідомлення значущості фізики, формування наукового світогляду, відповідальність за результати, прагнення до пізнання.	Обговорення застосування фізичних явищ у техніці (наприклад, теплові машини), презентація соціальної значущості проєкту, етичні аспекти наукового пошуку [22].

Проєкт, що ґрунтується на демонстраційному експерименті з молекулярної фізики, забезпечує конкретизацію абстрактного та сприяє розвитку дослідницьких умінь – учень не просто спостерігає, а використовує демонстрацію як вихідну точку для власного дослідження.

Таким чином, проєктна діяльність є інтегруючою формою навчання, що дозволяє досягти поєднання між теоретичним знанням, практичними вміннями та ціннісними орієнтирами, необхідними для повноцінного формування природничо-наукової компетентності.

1.2. ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЕЛЕМЕНТ ФОРМУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПОНЯТЬ ТА ОСНОВА ДЛЯ ПРОЄКТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Демонстраційний експеримент – це спеціально організований та проведений вчителем фізичний дослід, який використовується для ілюстрації, підтвердження або відкриття нових фізичних явищ, законів та закономірностей, а також для формування у здобувачів освіти практичних умінь та навичок [2].

З позицій теорії пізнання, демонстраційний експеримент виступає як емпірична база для переходу від чуттєвого сприйняття (спостереження) до абстрактного мислення (формулювання закону). Видатні педагоги-методисти, такі як О. М. Соколов, В. Г. Зубов, В. Ф. Савченко, підкреслювали, що жодна галузь фізики не може бути вивчена повноцінно без демонстрації ключових дослідів. Демонстраційний експеримент виконує ряд важливих функцій під час вивчення фізики (табл. 1.2)

Таблиця 1.2.

Функції демонстраційного експерименту у навчанні фізики.

Функція	Зміст та роль у навчанні
Пізнавальна	Допомагає розкривати сутність фізичних явищ, формувати первинні уявлення про об'єкти вивчення. Особливо важлива для молекулярної фізики, де об'єкти (молекули) невидимі, а експеримент (наприклад, дифузія) візуалізує наслідки їхнього руху [23].
Ілюстративна	Підтверджує істинність теоретичних положень, законів та формул, які були виведені або пояснені.
Евристична	Слугує основою для самостійного висунення гіпотез, постановки проблемних запитань та пошуку шляхів їх вирішення, перетворюючи учнів з пасивних спостерігачів на активних дослідників.
Мотиваційна	Підвищує інтерес до предмета завдяки наочності, несподіваності результатів та емоційному впливу. Сучасний експеримент має бути естетичним та технологічним [3].
Контролююча	Дозволяє перевірити правильність розуміння учнями фізичних процесів та їхніх причинно-наслідкових зв'язків.

Ефективність демонстраційного експерименту ґрунтується на таких психологічних механізмах:

1. Наочно-образне мислення – учні сприймають інформацію через органи чуття, що є основою для формування чуттєвого досвіду. Для абстрактних тем візуалізація є необхідною передумовою для переходу до вербально-логічного мислення.

2. Забезпечення свідомості та міцності знань – основа, створена експериментом, робить знання більш глибокими та стійкими у пам'яті, оскільки інформація пов'язується з конкретними образами.

3. Розвиток спостережливості – експеримент вимагає концентрації уваги, вміння фіксувати важливі деталі, відсікаючи другорядні фактори, що є базовим дослідницьким умінням.

У контексті компетентнісного підходу демонстраційний експеримент розглядається не лише як засіб ілюстрації, а як вихідна платформа для навчального проєкту.

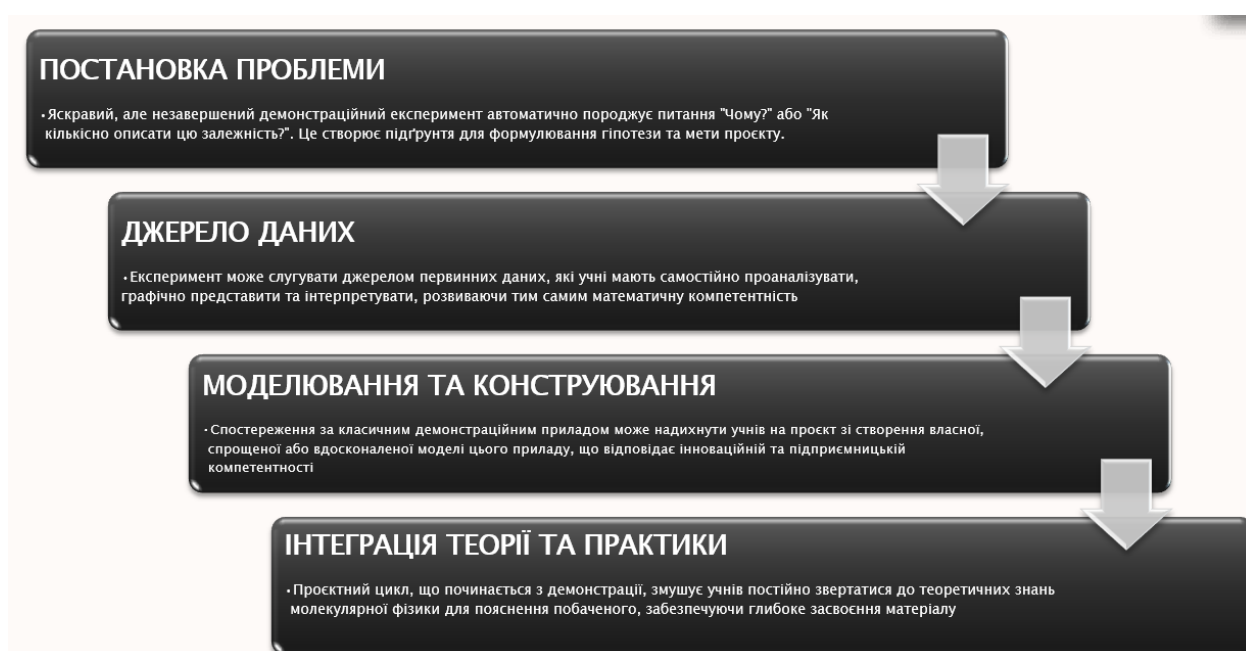


Рис. 1.3. Переваги використання демонстраційного експерименту як основи проєктної діяльності

На рисунку 1.3. наведено переваги використання демонстраційного експерименту як основи проєктної діяльності. Охарактеризуємо їх детальніше.

Постановка проблеми. Яскравий, але незавершений демонстраційний експеримент автоматично породжує питання «Чому?» або «Як кількісно описати цю залежність?». Це створює ґрунт для формулювання гіпотези та мети проєкту.

Джерело даних. Експеримент може слугувати джерелом первинних, «сирих» даних, які учні мають самостійно проаналізувати, графічно представити та інтерпретувати, розвиваючи тим самим математичну компетентність [19].

Моделювання та конструювання. Спостереження за класичним демонстраційним приладом може надихнути учнів на проєкт зі створення власної, спрощеної або вдосконаленої моделі цього приладу, що відповідає інноваційній та підприємницькій компетентності [15].

Інтеграція теорії та практики. Проєкт, що починається з демонстрації, змушує учнів постійно звертатися до теоретичних знань для пояснення побаченого, забезпечуючи глибоке засвоєння матеріалу.

НАОЧНІСТЬ ТА ВИДИМІСТЬ	ОПТИМАЛЬНОСТІ ЧАСУ	БЕЗПЕКА	ПРОБЛЕМНІСТЬ	ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДТРИМКА
Всі етапи досліду мають бачити УСІ учні.	Демонстрація має бути достатньо швидкою, щоб не відволікати від суті уроку, але й достатньо тривалою для усвідомлення.	Суворе дотримання правил техніки безпеки при роботі з тепловими процесами та хімічними речовинами.	Експеримент має містити елемент незавершеності або протиріччя між очікуваним і побаченим результатом, щоб стимулювати подальше дослідження в рамках проєкту.	Використання цифрових технологій для реєстрації параметрів, які неможливо виміряти класичними методами, підвищуючи точність і глибину проєктної роботи.

Рис. 1.4. Методичні вимоги до демонстраційного експерименту

Для того, щоб демонстраційний експеримент ефективно виконував функцію основи для проєкту, необхідно дотримуватися методичних вимог, наведених на рис. 1.4 [2]:

1. Всі етапи досліду має бачити кожен учень.
2. Демонстрація має бути достатньо швидкою, щоб не відволікати від суті уроку, але й достатньо тривалою для усвідомлення.
3. Суворе дотримання правил техніки безпеки при роботі з тепловими процесами (нагрівання, охолодження) та хімічними речовинами.
4. Експеримент має містити елемент незавершеності або протиріччя між очікуваним і побаченим результатом, щоб стимулювати подальше дослідження в рамках проєкту.
5. Використання цифрових технологій (цифрові лабораторії, датчики, відеокамери) для реєстрації параметрів, які неможливо виміряти класичними методами, підвищуючи точність і глибину проєктної роботи.

Демонстраційний експеримент часто виконує мотиваційну та пізнавальну функцію на початковому етапі, ініціюючи інтерес до проблеми. Проєктна діяльність підхоплює цей інтерес і використовує його для досягнення цілей компетентнісної та розвивальної функцій, дозволяючи учням самостійно провести дослідження.

1.3. СПЕЦИФІКА ВИВЧЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Молекулярна фізика та основи термодинаміки є одним з розділів курсу фізики, який зазвичай вивчається у 10-му класі (рівень стандарту) [17] або у 8-му класі (як вступні поняття) [16]. Цей розділ виконує роль містка, що поєднує механістичні моделі з уявленнями про теплові процеси, енергетичні перетворення та статистичні закономірності.

Основними фундаментальними поняття розділу є:

Молекулярно-кінетична теорія (МКТ), яка ґрунтується на трьох основних положеннях (дискретна будова речовини, хаотичний рух молекул, взаємодія між молекулами). Засвоєння цих положень є найбільш складним, оскільки молекули є невидимими, а їхній рух носить статистичний характер. Учні мають перейти від безпосереднього сприйняття (макросвіт) до розуміння невидимих мікроскопічних процесів.

Термодинаміка, яка вивчає енергетичні процеси. Ключові поняття: внутрішня енергія, робота газу, кількість теплоти та перший закон термодинаміки. Ці поняття вимагають інтеграції знань із механіки та математичного апарату для опису ізопроцесів.

Особливість вивчення молекулярної фізики полягає в її високій абстрактності та необхідності застосування статистичних методів. Явища, які вивчаються (дифузія, броунівський рух, капілярність), мають спостерігатися на макрорівні, але пояснюватися на мікрорівні, що вимагає від учнів розвиненого абстрактного та причинно-наслідкового мислення.



Рис. 1.5. Проблеми дослідницької роботи з молекулярної фізики

Організація якісної практичної та дослідницької роботи з молекулярної фізики стикається з низкою методичних та матеріально-технічних проблем (рис. 1.5) [8, 18].

Головний виклик – це невидимість об'єктів. Традиційні лабораторні роботи часто обмежуються вимірюванням макропараметрів без належного зв'язку з мікроскопічною моделлю. Це призводить до формального засвоєння матеріалу – зазубрювання формул без розуміння фізичної суті.

Багато класичних демонстраційних експериментів (наприклад, визначення числа Авогадро) вимагають складного обладнання або є надто тривалими для проведення у рамках одного уроку. Це обмежує евристичну функцію експерименту.

Існуюче навчально-методичне забезпечення часто пропонує готові інструкції до лабораторних робіт, які не вимагають від учня самостійного формулювання проблеми, гіпотези чи планування дослідження. Це суперечить принципам компетентнісного підходу, який передбачає формування дослідницьких, підприємницьких та інноваційних умінь.

Демонстраційний експеримент часто використовується лише як ілюстрація вчителем, а не як стартова точка для подальшого учнівського дослідження.

Таким чином, розробка навчально-методичного забезпечення, що інтегрує яскравий, проблемний демонстраційний експеримент із чіткою структурою проєктної діяльності, є актуальним завданням, спрямованим на подолання абстрактності молекулярної фізики та розвиток ключових компетентностей здобувачів освіти.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У першому розділі кваліфікаційної роботи було виконано теоретичне обґрунтування інтеграції проєктної діяльності та демонстраційного експерименту, зокрема, у контексті вивчення молекулярної фізики.

Проектний метод є ключовою педагогічною технологією, що відповідає компетентнісному підходу Нової української школи. У процесі проєктної діяльності при вивченні фізики відбувається формування таких ключових компетентностей:

- Природничо-наукова – через застосування наукових методів пізнання, пояснення природних явищ та формування відповідального ставлення до навколишнього середовища.
- Математична – через оперування фізичними величинами, застосування математичних моделей та обробку результатів експерименту.
- Інформаційно-цифрова – через пошук даних, моделювання процесів, обробку результатів у цифровому форматі та створення мультимедійного продукту.
- Інноваційність та підприємливість – через розробку нових, оригінальних рішень у проєктах та оцінку їхньої потенційної користі.

Визначено чотири ключові дидактичні функції проєктної діяльності: мотиваційна, розвивальна, інтеграційна та компетентнісна.

Демонстраційний експеримент є не лише засобом ілюстрації, а й вихідною платформою для проєктної діяльності. Він виконує пізнавальну, евристичну та мотиваційну функції.

Використання демонстраційного експерименту як основи проєкту має суттєві переваги, оскільки він: сприяє постановці проблеми та формуванню гіпотези, породжуючи питання «Чому?»; може бути джерелом первинних даних для аналізу та інтерпретації; надихає на моделювання та конструювання приладів; забезпечує інтеграцію теорії та практики.

Молекулярна фізика є абстрактним розділом, який вимагає переходу від макросприйняття до розуміння мікроскопічних процесів. Основні проблеми дослідницької роботи в цій галузі: невидимість об'єктів (проблема візуалізації), складність і тривалість класичних експериментів, недостатня проєктна орієнтованість наявного методичного забезпечення та слабкий зв'язок між демонстрацією та подальшим учнівським дослідженням.

Інтеграція демонстраційного експерименту з проєктною діяльністю є ефективним шляхом подолання абстрактності молекулярної фізики та розвитку ключових компетентностей учнів. Це вимагає розробки спеціального навчально-методичного забезпечення, що містить проблемно-орієнтовану систему демонстрацій та методичні рекомендації для вчителя.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЄКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ З МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ

2.1. СИСТЕМА ДЕМОНСТРАЦІЙНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ІЗ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ ЯК ОСНОВА НАВЧАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

Проаналізувавши навчальні програми з фізики для 10-11 класів рівня стандарту (авторський колектив під керівництвом В.М. Локтева та авторський колектив під керівництвом О.І. Ляшенка) [17], можна зробити висновок, що вони містять схожий, але не ідентичний перелік рекомендованих демонстраційних експериментів у розділі «Молекулярна фізика та термодинаміка» (розділ 3 у програмі Локтева та розділ 2 у програмі Ляшенка) (див. рис. 2.1).

Навчальна програма з фізики для 10-11 класів (авторський колектив під керівництвом В.М. Локтева)	Навчальна програма з фізики для 10-11 класів (авторський колектив під керівництвом О.І. Ляшенка)
1 Модель броунівського руху.	1 Властивості насиченої пари.
2 Ізопроцеси в газах.	2 Кипіння води за зниженого тиску.
3 Властивості насиченої пари.	3 Будова й принцип дії психрометра.
4 Будова психрометра.	4 Поверхневий натяг рідини.
5 Кипіння води за зменшеного тиску.	5 Скорочення поверхні мильних плівок.
6 Зменшення площі мильної плівки.	6 Капілярне піднімання рідини.
7 Капілярні явища.	7 Пружна й залишкова деформації.
8 Види деформацій твердих тіл.	8 Вирощування кристалів.
9 Теплове розширення твердих тіл.	9 Властивості та застосування рідких кристалів і полімерів.
10 Зміна температури газу під час адіабатного процесу.	10 Залежність між об'ємом, тиском і температурою.
11 Моделі різних видів теплових двигунів.	11 Зміна внутрішньої енергії тіла внаслідок виконання роботи.
	12 Необоротність теплових процесів.
	13 Принцип дії теплового двигуна.
	14 Моделі різних видів теплових двигунів.
	15 Будова холодильної машини.

Рис. 2.1. Перелік рекомендованих демонстраційних експериментів у розділі «Молекулярна фізика та термодинаміка»

Обидві програми використовують демонстраційний експеримент як ключовий елемент для формування компетентностей учнів, зокрема в умінні

проводити фізичні дослідження, аналізувати результати та усвідомлювати фізичний зміст явищ.

Вони мають значний перетин у вивченні основних явищ молекулярної фізики: властивості насиченої пари, кипіння води за зниженого тиску, будова/принцип дії психометра, зменшення площі плівки (поверхневий натяг), капілярні явища/піднімання рідини, моделі різних видів теплових двигунів.

Незважаючи на спільне ядро, програми мають різний акцент у викладенні матеріалу:

Програма В.М. Локтева виглядає більш зосередженою на класичних основах молекулярної фізики та термодинаміки: включено модель броунівського руху (п. 1), що є прямим підтвердженням кінетичної теорії, конкретно виділено ізопроцеси в газах (п. 2) та зміну температури газу під час адіабатного процесу (п. 10), більш детально розглядаються види деформацій твердих тіл (п. 8) та теплове розширення твердих тіл (п. 9).

Програма О.І. Ляшенка є більш розширеною і містить акценти на сучасних матеріалах та застосуванні термодинаміки: явно виділено поверхневий натяг рідини (п. 4), тоді як у Локтева це мається на увазі через зменшення площі плівки, включено теми, які тісно пов'язані з першим і другим законом термодинаміки – зміна внутрішньої енергії тіла внаслідок виконання роботи (п. 11), необоротність теплових процесів (п. 12), принцип дії теплового двигуна (п. 13) та будова холодильної машини (п. 15).

Включено теми, що виходять за рамки традиційної фізики 10-11 класів: Вирощування кристалів (п. 8) та властивості та застосування рідких кристалів і полімерів (п. 9).

Виділено залежність між об'ємом, тиском і температурою (п. 10), що є по суті рівнянням стану ідеального газу.

Обидві програми містять стандартний матеріал з молекулярної фізики та основ термодинаміки, однак акцент Локтева зміщений на більш традиційний і фундаментальний підхід та зосереджений на газових процесах і класичних

властивостях твердих тіл, а акцент Ляшенка більш прикладний, розширений і сучасний. Він включає детальніше вивчення термодинамічних законів (через їхні наслідки та застосування) і має сильніший акцент на фізиці матеріалів (кристали, полімери, рідкі кристали).

Незважаючи на наведене вище, демонстраційні експерименти спрямовані на те, щоб учні розуміли фізичний зміст законів, явищ, процесів і опановували методи практичного застосування теоретичних знань, що є методичною аксіомою навчання фізики.

Нами було проаналізовано основні підручники на наявність демонстраційних експериментів із молекулярної фізики.

Проаналізувавши підручник [1] можна зробити висновок, що у ньому передбачено проведення демонстраційних та експериментальних робіт, у тому числі з молекулярної фізики.

У розділі III «Молекулярна фізика і термодинаміка» вказано наступні теми експериментальних досліджень, які можуть слугувати основою для демонстраційних експериментів або більш детальних учнівських робіт:

- Залежність температури кипіння від зовнішнього тиску, наявності домішок тощо.
- Вирощування кристалів і вивчення їх фізичних властивостей.
- Дослідження капілярних явищ.
- Залежність швидкості випаровування води від різних факторів.

Крім того, підручник вивчає явища, які зазвичай супроводжуються демонстраціями: броунівський рух та його пояснення (хаотичний рух частинок), дифузія (наприклад, взаємне проникнення молекул), явища, пов'язані з поверхневим натягом і капілярністю, про що свідчать розрахункові завдання (наприклад, злипання волосків пензлика, надлишковий тиск у мильній бульбашці).

Проаналізувавши підручники [5, 6] можна зробити висновок, що демонстраційні експерименти з молекулярної фізики та термодинаміки (Розділ 2) безпосередньо не виділені в окремий список під заголовком.

Однак, зміст розділу містить посилання на класичні досліди та явища, які традиційно використовуються для демонстрацій, а також передбачає виконання практичних робіт.

У тексті параграфів згадуються або описуються явища, які є основою для демонстраційних експериментів і підтверджують основні положення молекулярно-кінетичної теорії.

Досліди, що підтверджують існування молекул та їхній розмір – згадується дослід, який дозволяє визначити середній розмір молекул гасу (за допомогою тонкої плівки гасу на поверхні води).

Дифузія – описано явище дифузії в газах (поширення запаху) та рідинах (наприклад, перемішування води і чорнила або води і розчину мідного купоросу).

Броунівський рух – зазначено, що броунівський рух є «найпереконливішим доказом існування хаотичного теплового руху молекул».

Зміна внутрішньої енергії шляхом виконання роботи – наводяться приклади нагрівання тіл внаслідок тертя (наприклад, нагрівання свердла і деталі під час свердління).

У підручнику [21] описано приклади дослідів та спостережень, які слугують експериментальним обґрунтуванням основних положень молекулярно-кінетичної теорії: спостереження броунівського руху; дослід, що демонструє сили відштовхування між молекулами рідини (неможливість стиснення); дослід, що демонструє сили притягання і відштовхування між молекулами твердого тіла (пружність).

Крім того, у розділі «Фізичні задачі навколо нас» є завдання, які пропонують пояснити повсякденні явища, що можуть бути використані як уявні експерименти або демонстрації для обговорення.

У підручниках [11, 12] демонстраційні експерименти з молекулярної фізики та термодинаміки не виділені в окремий розділ, проте, структурно організовані експериментальні роботи, які часто використовуються для демонстрацій або лабораторних робіт, і подані в розділі «Фізичний практикум»: дослідження ізопроцесів, визначення питомої теплоємності тіла, вимірювання поверхневого натягу рідини, визначення модуля пружності гуми.

Крім того, у тексті підручника згадується можливість демонстрації дослідів як форми оформлення результатів проєктної роботи, а також наводяться описи експериментальних підтверджень положень молекулярно-кінетичної теорії.

Формування ефективної системи демонстраційного експерименту базується на принципі проблемності та відкритості.

Кожен демонстраційний експеримент повинен містити «прогалину» або несподіваний ефект, який стимулює запитання: «Чому це відбувається?», «Як кількісно описати цей процес?», «Чи можна змінити результат, вплинувши на певну змінну?».



Рис. 2.2. Механізм переходу від демонстраційного експерименту до проєктної діяльності

В зв'язку з цим пропонуємо наступний механізм переходу від демонстраційного експерименту до проєктної діяльності (рис. 2.2): вчитель демонструє явище → фіксується проблема → учні висувають припущення → учням пропонується розробити власний міні-експеримент для перевірки однієї з гіпотез.

Для відбору демонстраційних експериментів, що мають найбільший потенціал для перетворення на проєкти, використовуються наступні критерії [10]:

Таблиця 2.1.

Критерії відбору демонстраційних експериментів.

Критерій	Зміст та обґрунтування
Проблемність	Демонстрація має викликати питання, яке не має очевидної відповіді на рівні шкільної програми.
Кількісний потенціал	Можливість вимірювання фізичних величин, отримання числових даних та їх математичної обробки.
Безпека та доступність	Використання доступного та безпечного обладнання, що може бути продубльовано учнями у домашніх або шкільних умовах під час їхнього проєкту.
Мотиваційний вплив	Ефектність, наочність, естетичність демонстраційних експериментів, що сприяє підвищенню інтересу до дослідження.
Зв'язок із реальністю	Явище має мати прикладне значення або пояснювати побутові/технічні процеси.

2.2. ЗМІСТ ТА МЕТОДИКА РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ ЗАВДАНЬ ІЗ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ НА БАЗІ ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Цей підрозділ присвячений безпосередньо методиці впровадження розробленого навчально-методичного забезпечення, фокусуючись на перетворенні спостережень за демонстраційним експериментом на індивідуальні або групові дослідницькі проєкти. Ключовим завданням є надання вчителю інструментів для якісного супроводу учнів у їхній самостійній роботі.

Проектні завдання формуються на основі ініціативних питань, які виникають після демонстрації явища (див. табл. 2.2). Тематика повинна бути диференційована за видом діяльності та рівнем складності.

Таблиця 2.2.

Типи проектів.

Тип проекту	Вид діяльності
Дослідницький	Кількісний аналіз, вимірювання, виведення залежностей.
Прикладний/Інженерний	Створення моделі, приладу, що ілюструє фізичний принцип.
Конструкторський (віртуальний)	Розробка математичної моделі, комп'ютерне моделювання процесів.
Інформаційний	Збір, аналіз та презентація історичних, наукових або екологічних даних.

Така типологія дозволяє охопити весь спектр навчальних інтересів здобувачів освіти та забезпечити реалізацію різних освітніх компетентностей.

Методика супроводу базується на моделі взаємодії, де вчитель виступає наставником, а не контролером.



Рис. 2.3. Етапи реалізації проекту

Процес реалізації проекту ділиться на чотири основні етапи (рис. 2.3):

Підготовчий етап, на якому вчитель після проведення демонстраційного експерименту задає одне чи декілька проблемних питань, формулює теми, які відповідають інтересам учня та формує робочі групи.

Планувальний етап, на якому вчитель надає консультації щодо вибору методів дослідження, допомагає у складанні логічної структури плану (гіпотеза → методи → очікувані результати → необхідне обладнання).

Виконавчий етап, на якому вчитель здійснює моніторинг процесу, коригує роботу (особливо на етапі збору даних та їхньої математичної обробки), забезпечує доступ до лабораторного обладнання, здійснює проміжні консультації.

Презентаційний та оцінювальний етап, на якому вчитель організовує публічний захист, забезпечує об'єктивне оцінювання та здійснює зворотній зв'язок.

Оцінювання проєктної діяльності здійснюється комплексно, охоплюючи як процес (формувальне оцінювання), так і кінцевий продукт (підсумкове оцінювання) (табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

Критерії оцінювання проєктної діяльності.

Компонент оцінювання	Критерії оцінювання	Максимальний бал
Організаційний	Самостійність роботи, дотримання термінів, якість планування, співпраця в групі (якщо проєкт груповий).	20
Науковий	Актуальність, науковість (фізична коректність), глибина опрацювання теоретичного матеріалу, коректність експериментальної методики.	30
Технічний	Якість оформлення кінцевого продукту (звіт, модель, презентація), логічність структури, оригінальність ідеї.	30
Презентаційний	Якість публічного захисту, відповіді на запитання, володіння матеріалом.	20
Разом		100

Використання цих критеріїв дозволяє оцінити не тільки знання учнів з молекулярної фізики, але й їхні ключові компетентності: дослідницьку, комунікативну та навички критичного мислення.

На основі проведеного аналізу навчальних програм та основних підручників з фізики ми пропонуємо перелік демонстраційних експериментів, які можуть слугувати основою для навчальних проєктів (рис. 2.4).

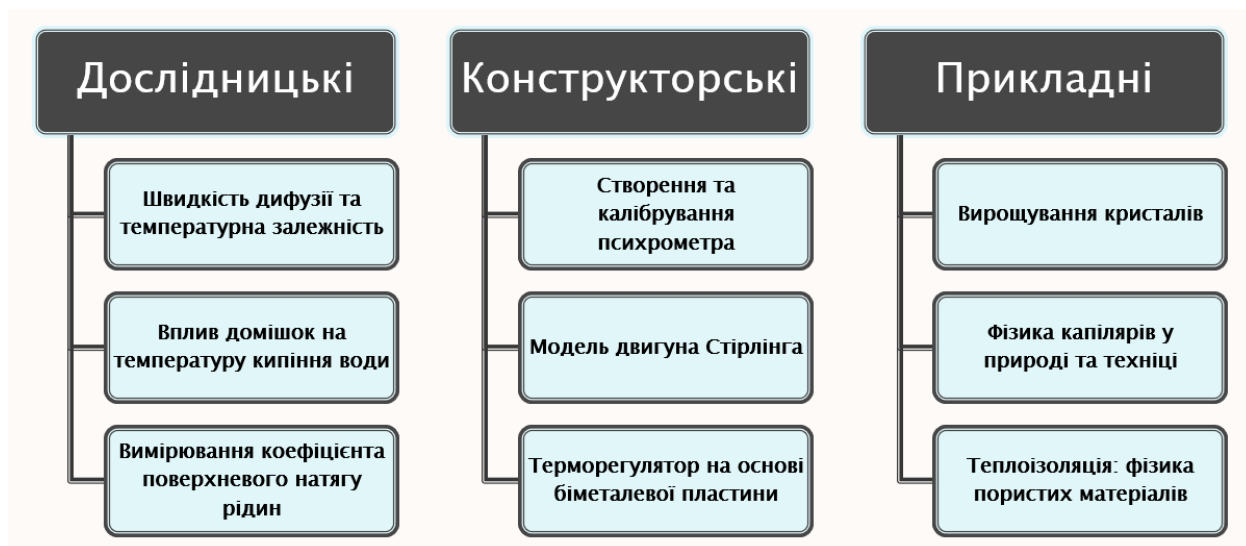


Рис. 2.4. Перелік демонстраційних експериментів для створення навчальних проєктів

Наведемо методику реалізації деяких навчальних проєктів, які базуються на проаналізованих демонстраційних експериментах.

Проект «ШВИДКІСТЬ ДИФУЗІЇ ТА ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ»

Демонстраційна основа: перед початком проєкту вчителю необхідно провести демонстрацію, яка візуалізує та доводить основний постулат молекулярно-кінетичної теорії: безладний хаотичний (тепловий) рух молекул. Прикладом цього руху є явище дифузії – процесу взаємного проникнення молекул однієї речовини між молекулами іншої, що відбувається внаслідок їхнього теплового (хаотичного) руху. Як приклад використовується розчинення кристалів перманганату калію (марганцівки) у воді.

Мета проєкту: встановити та графічно відобразити функціональну залежність часу дифузії від температури навколишнього середовища.

Етап 1. Організаційно-підготовчий

1. Сформулюйте гіпотезу_____

2. Підготовка обладнання.

Для проведення дослідження знадобляться:

- 4-5 однакових прозорих скляних ємностей,
- термометр,
- секундомір (мобільний телефон),
- нагрівальний прилад,
- барвник – кристали перманганату калію (KMnO_4) (харчовий барвник, купрум (II) сульфат (CuSO_4), «зеленка»)
- дистильована вода,
- лінійка для вимірювання.

Етап 2. Підготовка та проведення експерименту

Ключовим елементом є контроль змінних. Для всіх вимірювань необхідно використовувати однаковий об'єм води та однаковий за розміром кристал барвника.

1. *Задання температурного режиму.* Підготуйте чотири окремі зразки води з різною, чітко виміряною температурою. Рекомендовані значення:

Зразок 1: холодна вода (близько 5°C).

Зразок 2: вода кімнатної температури (близько 20°C).

Зразок 3: тепла вода (близько 40°C).

Зразок 4: гаряча вода (близько 60°C).

2. *Запуск дифузії.* У кожному склянці обережно опустіть один і той самий за розміром кристал барвника і одночасно увімкніть секундомір. Важливо не перемішувати воду!
3. *Вимірювання часу.* Зафіксуйте час t (у секундах), необхідний для того, щоб фарбування поширилося від початкової точки на заздалегідь визначену однакову відстань L (наприклад, 2 см) у кожній склянці. Якщо є можливість, то доцільно робити фото або відеофіксацію цього процесу.
4. *Запис даних.* Усі отримані дані (температура T та час поширення t) занесіть у таблицю.

$T, ^\circ\text{C}$	5 $^\circ\text{C}$	20 $^\circ\text{C}$	40 $^\circ\text{C}$	60 $^\circ\text{C}$
$t, \text{с}$				

Етап 3. Аналіз результатів та висновки

1. *Обчислення швидкості.* Для кожного вимірювання обчисліть середню швидкість дифузії v за формулою $v = L/t$.
2. *Запис даних.* Отримані результати (температура T та середня швидкість дифузії v) занесіть у таблицю.

$T, ^\circ\text{C}$	5 $^\circ\text{C}$	20 $^\circ\text{C}$	40 $^\circ\text{C}$	60 $^\circ\text{C}$
$v, \text{см/с}$				

3. *Побудова графіка.* Побудуйте графік залежності швидкості дифузії v (вісь ОУ) від температури T (вісь ОХ).
4. *Фізичне обґрунтування.* Проаналізуйте отриманий графік. Він має показати, що_____

_____.

Поясніть це явище з точки зору молекулярної теорії:

-
-
5. *Презентація.* Підготуйте фінальний звіт або презентацію, де послідовно викладіть мету, гіпотезу, методику, отримані експериментальні дані (фото або відеофіксацію дослідів), графік та висновки, які підтверджують або спростовуючи початкову гіпотезу.

Проект «ВИРОЩУВАННЯ КРИСТАЛІВ»

Демонстраційна основа:

- демонстрація вчителем явища утворення перенасиченого розчину та кристалізації, метою якої є показати учням, що таке насичений і перенасичений розчини, та продемонструвати, як охолодження перенасиченого розчину призводить до кристалізації;
- демонстрація кристалічної ґратки та анізотропії властивостей кристалів, метою якої є пояснити учням, чому кристали мають правильну геометричну форму і чому їхні властивості можуть залежати від напрямку.

Мета проекту: дослідити формування впорядкованих структур, вивчивши, як зовнішні умови впливають на ріст кристалів, і проаналізувавши їхні фізичні властивості.

Етап 1. Організаційно-підготовчий

1. *Сформулюйте гіпотезу* про вплив швидкості охолодження розчину на кінцевий розмір та якість кристала _____

-
-
-
2. *Підготовка обладнання.*

- речовина – мідний купорос (сульфат міді, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (альтернативні варіанти – цукор, кухонна сіль, харчова сода),
- дистильована вода,
- лабораторний посуд,
- фільтрувальний папір або ватний тампон,
- нагрівальний прилад,
- ваги,
- тонка нитка для підвішування.

Етап 2. Підготовка та проведення експерименту

1. *Створення розчину.* Нагрійте воду (наприклад, до 70°C) і поступово додавайте мідний купорос, постійно помішуючи. Додавання солі продовжуйте доти, доки вона не перестане повністю розчинятися і на дні залишиться невеликий осад. Це гарантує, що розчин є максимально насиченим при цій температурі. Обов'язково запишіть масу використаної солі та об'єм води для контролю концентрації.
2. *Очищення.* Гарячий перенасичений розчин потрібно відфільтрувати через фільтрувальний папір або ватний тампон у чисту скляну ємність. Це видалить нерозчинені частинки та пил, що можуть спричинити ріст багатьох дрібних кристалів замість одного великого (полікристала).
3. *Затравка.* Виберіть з готового розчину найкраще сформований, невеликий кристал. Це буде затравка – основа для подальшого росту. Обережно прив'яжуть до нього тонку нитку.
4. *Контрольований ріст.* Підвісьте затравку у відфільтрований розчин так, щоб вона не торкалася стінок чи дна ємності. Накрийте ємність папером або марлею (не кришкою), щоб захистити від пилу, але забезпечити повільне випаровування води. Помістіть ємність у місце, де температура стабільна і охолодження відбувається дуже повільно. Повільне охолодження є дуже важливим для якісного росту.

5. *Спостереження.* Протягом кількох днів або тижнів щодня фіксуйте зміни розміру та форми кристала (орієнтовна таблиця наведена нижче). Ведіть докладний щоденник і, якщо це можливо, створіть фотозвіт процесу.

<i>Дата</i>				
<i>Довжина, мм</i>				
<i>Ширина, мм</i>				
<i>Висота, мм</i>				

Етап 3. Аналіз результатів та висновки

1. *Кількісний аналіз.* Використовуючи зібрані дані щоденних вимірювань (довжина, ширина, висота кристала), обчисліть середню швидкість росту кристала v . Отримані результати занесіть у таблицю. Побудуйте графіки залежностей розмірів кристала від часу їх росту.
2. *Дослідження оптичних властивостей.* Вивчіть, як вирощений кристал взаємодіє зі світлом. Дослідіть його прозорість, колір та, за наявності обладнання, використовуйте поляризоване світло для виявлення ефекту подвійного променезаломлення, характерного для анізотропних кристалів.
3. *Фізико-хімічні висновки.* Проаналізуйте отриману форму кристала. Поясніть, чому кристал має саме таку геометричну форму, посиляючись на симетрію його кристалічної ґратки.
4. *Презентація.* Підготуйте фінальний звіт, який включає мету, гіпотезу, методику, дані вимірювань, графік росту та фотодокументацію. Підтвердіть або спростуйте початкову гіпотезу і сформулюйте висновки про зв'язок між мікроскопічною структурою та макроскопічними властивостями твердих тіл.

Проект «СТВОРЕННЯ ТА КАЛІБРУВАННЯ ПСИХРОМЕТРА»

Демонстраційна основа: перед початком проекту вчителю важливо провести демонстрацію, яка візуалізує та пояснює ключовий фізичний принцип роботи приладу: зв'язок між випаровуванням рідини та зниженням температури.

Демонстрація може бути наступною.

Вчитель бере два ідентичні термометри та фіксує їхні початкові покази, щоб переконатися, що вони однакові. Один термометр він залиште без змін, а колбу іншого термометра обгортає шматочком вати або тканини, змоченої рідиною. Для швидшого і більш вираженого ефекту рекомендується змочити вату спиртом (замість води). Учитель активно обмахує або обдуває обидва термометри (наприклад, за допомогою вентилятора), щоб імітувати рух повітря, який посилює випаровування. Покази «вологого» термометра стрімко знижуються, тоді як покази «сухого» термометра залишаються незмінними або змінюються незначно. Учитель пояснює, що під час випаровування молекули рідини переходять з рідкого стану в газоподібний. Цей перехід вимагає енергії, яка береться від навколишнього середовища, що призводить до зниження температури та створює різницю показів, яка називається психрометричною різницею.

Ця демонстрація дає учням пряме фізичне підтвердження того, чому різниця температур є мірою інтенсивності випаровування. Це, у свою чергу, дозволяє їм зрозуміти, що прилад вимірює не температуру безпосередньо, а наслідок випаровування, яке залежить від вмісту водяної пари в повітрі.

Мета проекту: створити саморобний психрометр, провести ним вимірювання в різних умовах і порівняти отримані показники з розрахунковими або стандартними даними.

Етап 1. Організаційно-підготовчий

1. Сформулюйте гіпотезу про зв'язок між випаровуванням рідини та зміною температури _____

2. Вибір матеріалів.

- два однакові термометри (спиртові), які будуть закріплені на невеликій вертикальній основі (наприклад, дерев'яній дощечці або штативі),
- гігроскопічна тканина (бавовняна марля, бинт)
- невеликий резервуар із дистильованою водою,

Важливо мати стандартну психрометричну таблицю, яка слугуватиме еталоном для калібрування саморобного приладу, наприклад, таку, що наведена на рисунку.

Психрометрична таблиця

Покази сухого термометра, °C	Різниця показів сухого і вологого термометрів, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	82	63	45	28	11	—	—	—	—	—
2	100	84	68	51	35	20	—	—	—	—	—
4	100	85	70	56	42	28	14	—	—	—	—
6	100	86	73	60	47	35	23	10	—	—	—
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	—	—
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4	—
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	—
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	50	45	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39
Відносна вологість, %											

Етап 2. Конструювання приладу

Конструкція психрометра передбачає створення двох вимірювальних каналів: сухого і вологого.

1. *Монтаж «сухого» термометра.* Один термометр, який залишиться без змін, закріплюється на основі. Він буде показувати фактичну температуру повітря (t_C).
2. *Монтаж «вологого» термометра.* Другий термометр закріплюється поруч. Його колбу (резервуар зі спиртом) потрібно обережно обгорнути підготовленою гігроскопічною тканиною.
3. *Система зволоження.* Нижній кінець цієї тканини опускається у невеликий резервуар із дистильованою водою. Завдяки капілярному ефекту вода буде постійно підійматися по тканині, забезпечуючи постійне зволоження колби термометра.

Етап 3. Вимірювання та калібрування

Вимірювання вимагають часу для встановлення теплової рівноваги.

1. *Встановлення рівноваги.* Залиште психрометр у місці вимірювання на 10-15 хвилин. За цей час вода почне випаровуватися з поверхні «вологого» термометра, забираючи тепло і знижуючи його показники. Це і є фізична основа методу.
2. *Збір перших даних.* Одночасно зафіксуйте покази обох термометрів: температуру сухого (t_C) та температуру вологого (t_B). Обчисліть психрометричну різницю – це основний показник в даній роботі:

$$\Delta t = t_C - t_B.$$

3. *Визначення вологості.* Використовуючи значення t_C та Δt , знайдіть відповідне значення відносної вологості повітря φ у психрометричній таблиці. Це і є калібрування приладу за еталоном.
4. *Повторні вимірювання.* Повторіть процес вимірювання у кількох різних місцях (наприклад, надворі та у приміщенні з високою вологістю (ванна кімната)), щоб підтвердити, що ваш прилад коректно реагує на зміну умов.

Етап 4. Аналіз та висновки

1. *Обґрунтування принципу.* Чим сухіше повітря (нижча вологість), тим _____ з поверхні «мокрого» термометра. _____ випаровування вимагає більше теплової енергії, що призводить до _____ температури та _____ психрометричної різниці Δt . Якщо вологість становить 100%, то випаровування _____, і Δt дорівнює _____.
2. *Оцінка точності.* Порівняйте свої вимірювання зі стандартним приладом (якщо доступний) і проаналізуйте можливі джерела похибок, якими можуть бути _____.
3. *Фінальний звіт.* Підготуйте фінальний звіт, включаючи фотографії сконструйованого психрометра, протоколи вимірювань та детальний висновок, що підтверджує фізичний принцип його дії.

Проект «ФІЗИКА КАПЛІВ У ПРИРОДІ ТА ТЕХНІЦІ»

Демонстраційна основа: перед початком цього проекту вчителю слід провести демонстрацію, яка фокусується на сили поверхневого натягу. Наприклад, показ того, як металева голка може плавати на поверхні води або як додавання мила миттєво руйнує цю плівку. Це допоможе учням зрозуміти, що саме сила поверхневого натягу є рушійною силою капілярних явищ.

Мета проекту: цей проект спрямований на дослідження універсальності капілярних явищ та їхнього впливу на навколишній світ і технології.

Етап 1. Організаційно-підготовчий

1. Для підготовки слід вивчити ключові поняття: поверхневий натяг, змочування, незмочування та, найголовніше, формулу Жюрена, яка є математичною основою для пояснення висоти підйому рідини. У випадку, якщо проект включає експеримент, потрібно підготувати

скляні капіляри різного діаметра, лінійку та рідини (наприклад, воду і спирт).

Етап 2. Дослідницький (збір та аналіз інформації)

Проект вимагає глибокого аналізу капілярних явищ у трьох взаємопов'язаних областях.

1. *Капіляри у фізиці.* Цей розділ має бути присвячений власне законам фізики. Необхідно проаналізувати, чи висота підняття рідини (h) обернено пропорційна радіусу капіляра (r). Також слід детально дослідити явища змочування (коли меніск увігнутий, і рідина піднімається) та незмочування (коли меніск опуклий, і рідина опускається), пояснивши це співвідношенням сил притягання між молекулами рідини і між молекулами рідини та твердого тіла.
2. *Капіляри у природі (біологія та геологія).* Тут фокус зміщується на живе середовище. Потрібно дослідити роль капілярів у рослинному світі, зокрема рух води та поживних речовин по тонких трубках в стовбурах дерев. Також важливим є аналіз капілярних явищ у ґрунті – як вода піднімається до поверхні та як цей процес впливає на сільське господарство.
3. *Капіляри у техніці.* Цей розділ охоплює інженерні та побутові застосування. Необхідно зібрати приклади використання капілярності: в гідроізоляції будівельних матеріалів (коли волога піднімається по порах), у принципі дії гноту (в олійних лампах чи свічках), а також у повсякденних предметах, наприклад, фломастери або певні текстильні матеріали.

Етап 3. Практичний етап (моделювання або експеримент)

Для підтвердження зібраної інформації необхідно провести візуальну демонстрацію.

1. *Експериментальний шлях.* Якщо було обрано експеримент, слід виміряти висоту підняття води в 3-4 капілярах різного діаметра, точно зафіксувавши показники. Потім ці дані слід нанести на графік залежності h від $1/r$. Очікується, що графік має бути прямою лінією, що підтверджує закон Жюрена.
2. *Моделювальний шлях.* Як альтернативу можна створити просту модель, наприклад, продемонструвати підйом води в різних типах ґрунту (пісок, глина) або наочно показати явище незмочування за допомогою парафінової трубочки, зануреної у воду.

Етап 4. Аналіз та презентація

1. *Аналіз і синтез.* Усі зібрані дані та результати експерименту (або моделювання) потрібно систематизувати за трьома основними блоками (фізика, природа, техніка). Проаналізуйте, наскільки результати дослідної частини відповідають теорії.
2. *Фінальний висновок.* Сформулюйте висновок, який підтвердить початкову гіпотезу та підкреслить універсальність капілярних явищ як важливого зв'язку між молекулярною фізикою, біологією та інженерією.
3. *Презентація.* Створіть презентацію (слайд-шоу, відео) для фінальної доповіді, включаючи ілюстрації, фотографії експериментів та інфографіку, що візуалізує застосування капілярів.

2.3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНИХ ПРОЄКТНИХ ЗАВДАНЬ

В ході написання кваліфікаційної роботи для підтвердження ефективності розробленого навчально-методичного забезпечення проєктної діяльності було проведено анкетування учнів, які безпосередньо працювали за новою методикою. Метою анкетування було отримання якісної та кількісної інформації за наступними напрямками:

- наскільки успішно учні засвоїли дослідницькі та експериментальні навички, необхідні для успішного виконання проєктів з молекулярної фізики;
- чи допомогли проєктні завдання, ініційовані демонстраційним експериментом, учням встановлювати міцний зв'язок між абстрактними теоретичними знаннями та їхнім реальним застосуванням у конкретних фізичних процесах.
- оцінка зростання пізнавального інтересу, навчальної мотивації та впевненості учнів до вивчення розділу «Молекулярна фізика та термодинаміка» внаслідок використання практико-орієнтованих завдань.
- оцінка ролі демонстраційного експерименту як стартової точки для проєктної діяльності та збір відгуків щодо зрозумілості та зручності використання нових завдань порівняно з традиційними лабораторними роботами.

В ході анкетування учням (34 здобувачі освіти) було поставлено ряд запитань.

1. Запропоновані проєктні завдання допомогли мені краще зрозуміти, як теоретичні закони та формули молекулярної фізики застосовуються для вирішення прикладних і дослідницьких задач.
2. Запропоновані завдання збільшили моє бажання проводити самостійні фізичні дослідження та поглиблювати знання з молекулярної фізики.
3. Проєктні завдання є більш зрозумілими та ефективними, ніж звичайні лабораторні роботи чи завдання з підручника.
4. Демонстраційний експеримент, який ініціював проєкт, був необхідним та допоміг мені сформулювати мету і гіпотезу власного дослідження.



Рис. 2.5. Результати анкетування

Проведене анкетування (рис. 2.5) підтвердило високу ефективність розробленого навчально-методичного забезпечення проєктної діяльності при вивченні молекулярної фізики.

Метою проєкту було допомогти учням встановити міцний зв'язок між абстрактними теоретичними знаннями та їхнім реальним застосуванням – переважна більшість учнів (близько 88,3%) відповіли «Так» або «Скоріше так». Це однозначно свідчить, що проєктні завдання успішно допомогли учням краще зрозуміти застосування теоретичних законів і формул молекулярної фізики у прикладних та дослідницьких задачах.

Більшість опитаних (приблизно 76,5%) позитивно оцінили вплив завдань на зростання навчальної мотивації. Ці дані підтверджують, що практико-

орієнтовані завдання значно збільшили бажання учнів проводити самостійні фізичні дослідження та поглиблювати знання з молекулярної фізики. Це вказує на успішне підвищення пізнавального інтересу.

Проведена оцінка зрозумілості та зручності нових завдань порівняно з традиційними лабораторними роботами показала, що значна частина учнів (приблизно 76,5%) вважають проєктні завдання більш зрозумілими та ефективними.

Оцінювання ролі демонстраційного експерименту як стартової точки для проєктної діяльності показала, що переважна більшість (приблизно 79,4%) учнів підтвердили, що демонстраційний експеримент був необхідним і допоміг їм сформулювати мету і гіпотезу власного дослідження. Це засвідчує успішність використання демонстраційного експерименту як потужного ініціюючого фактора, який сприяє розвитку дослідницьких та експериментальних навичок учнів.

Результати анкетування однозначно засвідчили ефективність проєктної діяльності на основі демонстраційного експерименту під час вивчення фізики, зокрема розділу «Молекулярна фізика та термодинаміка».

Учні не тільки засвоїли дослідницькі та експериментальні навички і краще зрозуміли застосування теорії (майже 88%), але й відчували значне зростання мотивації та інтересу до предмета (76,5%).

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У другому розділі кваліфікаційної роботи було розроблено та експериментально перевірено навчально-методичне забезпечення проєктної діяльності здобувачів освіти з молекулярної фізики на основі демонстраційного експерименту.

Розроблено систему навчально-методичного забезпечення проєктної діяльності з молекулярної фізики. Основою цієї системи є серія демонстраційних експериментів, які володіють високим проблемним та кількісним потенціалом та дозволяє використовувати їх для постановки проблем та формулювання гіпотез учнями.

Сформовано зміст та методику реалізації проєктних завдань, що охоплюють основні типи проєктів: дослідницькі, прикладні, конструкторські та інформаційні. Розроблено методичні рекомендації для вчителя, що деталізують чотири етапи супроводу проєкту (підготовчий, планувальний, реалізаційний, аналіз та презентація) та містять критерії оцінювання.

Проведено експериментальну перевірку ефективності розроблених проєктних завдань через анкетування учнів. Результати підтвердили, що переважна більшість учнів засвідчили, що проєктні завдання допомогли встановити міцний зв'язок між абстрактними теоретичними знаннями молекулярної фізики та їхнім реальним застосуванням. Більшість опитаних позитивно оцінили вплив практико-орієнтованих завдань на зростання навчальної мотивації та бажання проводити самостійні дослідження.

Таким чином, розроблене навчально-методичне забезпечення є ефективним інструментом для подолання абстрактності молекулярної фізики, підвищення пізнавального інтересу та формування ключових компетентностей здобувачів освіти.

ВИСНОВКИ

В ході виконання дослідження було виконано наступні завдання:

1. Проаналізувавши науково-педагогічну та методичну літературу щодо сутності, структури, функцій проєктної діяльності та ролі демонстраційного експерименту у вивченні фізики, встановлено, що проєктна діяльність є ефективним засобом формування ключових компетентностей учнів, а демонстраційний експеримент виступає важливою мотиваційною основою та джерелом емпіричних даних для організації дослідницьких проєктів із фізики.
2. Проведений аналіз навчальної програми з фізики (розділ «Молекулярна фізика та термодинаміка») з метою визначення ключових понять та демонстраційних експериментів, які мають найбільший дослідницький потенціал, дозволив виокремити перелік тем і відповідних експериментів, які можуть бути успішно покладені в основу учнівських проєктів різного типу.
3. Розроблено систему демонстраційних експериментів із молекулярної фізики, які є основою для створення навчальних проєктів різного типу, що охоплює репродуктивні, пошукові та дослідницькі проєкти. Ця система спрямована на поглиблення теоретичних знань, розвиток практичних навичок та формування навичок планування, проведення та аналізу фізичного експерименту.
4. Розроблено зміст та структуру методичних рекомендацій для вчителя щодо супроводу проєктної діяльності учнів на основі демонстраційного експерименту, які включають: теоретичні основи, поетапний алгоритм організації проєктної діяльності, критерії оцінювання, а також детальні приклади проєктних завдань та відповідного демонстраційного забезпечення.

5. Здійснено експериментальну перевірку ефективності розроблених методичних рекомендацій для покращення рівня сформованості дослідницьких умінь та засвоєння навчального матеріалу учнів, яка підтвердила, що впровадження запропонованої методики у навчальний процес сприяло підвищенню рівня сформованості дослідницьких умінь (зокрема, планування експерименту, формулювання гіпотез, обробка та інтерпретація результатів) та підвищенню якості засвоєння учнями навчального матеріалу з розділу «Молекулярна фізика та термодинаміка».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бар'яхтар, В. Г. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтєва В. М.) : підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти / В. Г. Бар'яхтар, С. О. Довгий, Ф. Я. Божинова, О. О. Кірюхіна; за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. — Харків : Ранок, 2018. — 272 с. : іл.
2. Бугайов, В. І. Методика викладання фізики : навч. посібник. Київ : Освіта, 2007. 384 с.
3. Величко, С. П. Фізичний експеримент у середній школі. Київ : Радянська школа, 1988. 208 с.
4. Головань, М. С. Математична компетентність: сутність та структура / Микола Степанович Головань. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету*. 2014. № 1. С. 35–39.
5. Головки, М. В. Фізика і астрономія (рівень стандарту) : підруч. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти / М. В. Головки, І. П. Крячко, Ю. С. Мельник та ін. Київ : Педагогічна думка, 2019. 288 с.
6. Головки, М. В. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Ляшенка О.І.) : підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти / Головки М. В., Мельник Ю. С., Непорожня Л. В., Сіпій В. В. Київ : Педагогічна думка, 2018. 256 с.
7. Державний стандарт базової середньої освіти : Постанова Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/KP200898> (дата звернення: 11.12.2025).
8. Женжера, Ю. О. Дослідницька компетентність учня в системі навчання фізики основної школи / Юлія Олександрівна Женжера. *Науковий часопис національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова*. 2014. № 50. С. 48–52.

9. Запорожцева, Ю. С. Інформаційно-цифрова компетентність як складник сучасного навчально-виховного процесу. *Інноваційна педагогіка*. 2019. Вип. 12, т. 1. С. 79-82. DOI: <https://doi.org/10.32843/2663-6085.2019.12-1.15>.
10. Засєкіна, Т. М. Використання системи дидактичних засобів в умовах диференційованого навчання фізики : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теорія і методика навчання (фізика) / Засєкіна Тетяна Миколаївна ; наук. керівник Сиротюк Володимир Дмитрович ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. Київ, 2009. 241 с.
11. Засєкіна, Т. М. Фізика (рівень стандарту) : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти / Т. М. Засєкіна, Д. О. Засєкін. Київ : УОВЦ «Оріон», 2018. 208 с. : іл.
12. Засєкіна, Т. М. Фізика і астрономія (рівень стандарту) : підруч. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти / Т. М. Засєкіна, Д. О. Засєкін. Київ : УОВЦ «Оріон», 2019. 272 с.
13. Зязюн, І. А. Філософія педагогічної дії : монографія / І. А. Зязюн. Київ–Черкаси : В-во ЧНУ, 2008. 605 с.
14. Концепція Нової української школи. Міністерство освіти і науки України. Київ. URL: <https://mon.gov.ua/ua/tag/nova-ukrayinska-shkola> (дата звернення: 11.12.2025).
15. Мадзігон, В. М. Формування природничо-наукової компетентності учнів основної школи у процесі навчання фізики / В. М. Мадзігон, Л. В. Корецька. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: Педагогіка*. 2018. № 3. С. 98-104.
16. Навчальні програми для 8–9 класів : Електронний ресурс. Міністерство освіти і науки України. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi-dlya-8-9-klasiv> (дата звернення: 11.12.2025).

17. Навчальні програми для 10–11 класів : Електронний ресурс. Міністерство освіти і науки України. URL: <https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/osvitni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv> (дата звернення: 11.12.2025).
18. Поліхун, Н. І. Розвиток творчої діяльності старшокласників у процесі навчання фізики з використанням проектної технології : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Поліхун Н. І. ; НПУ ім. М. П. Драгоманова. Київ, 2007. 20 с.
19. Раков, С. А. Компетентнісний підхід до формування математичної компетентності учнів. *Педагогіка і психологія*. 2005. № 3. С. 104-108.
20. Савченко, О. Я. Дидактика початкової школи : підручник для студентів педагогічних факультетів. Київ : Абрис, 1997. 416 с.
21. Сиротюк, В. Д. Фізика (рівень стандарту, за навч. програмою авт. колективу під керівництвом Ляшенка О.І.) : підруч. для 10-го кл. закл. заг. серед. освіти / В. Д. Сиротюк. Київ : Генеза, 2018. 256 с. : іл.
22. Федчишин, О. М. Тестові завдання міжпредметного змісту для формування природничо-наукової компетентності учнів на уроках фізики / О. М. Федчишин, С. В. Мохун. *Фізико-математична освіта*. 2020. Вип. 1(23). С. 129-133.
23. Шарко, В. Д. Методика навчання фізики : підручник для студентів педагогічних вузів. Київ : Педагогічна думка, 2002. 300 с.
24. Burton, J. M. Entrepreneurial attitudes of university students / J. M. Burton, L. A. Swanson. *International Journal of Entrepreneurship & Small Business*. 2011. Vol. 16, no. 3. P. 283-298.
25. Kosheliev, Oleksandr. Формування математичної компетентності майбутніх учителів початкової школи в дослідницькій діяльності. *Професіоналізм педагога: теоретичні й методичні аспекти*. 2018. С. 100-108. DOI: 10.31865/2414-9292.8(1).2018.153743.