

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

Кафедра експериментальної фізики,
інформаційних та освітніх технологій

На правах рукопису

САВІЦЬКА НАТАЛІЯ ВАСИЛІВНА

STEM-ПРОЄКТИ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ
КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ НА УРОКАХ ФІЗИКИ В УМОВАХ
НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ

Спеціальність: 014.08 «Середня освіта (Фізика та астрономія)»

Освітньо-професійна програма «Середня освіта. Фізика»

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Науковий керівник:
ГОЛОВІНА НІНА АНАТОЛІЇВНА,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № _____

засідання кафедри _____

від _____ 202_ р.

Завідувач кафедри

(_____) _____
підпис ПІБ

ЛУЦЬК-2025

АНОТАЦІЯ

Савіцька Н.В. STEM-проекти як засіб формування ключових компетентностей учнів на уроках фізики в умовах Нової української школи

Здійснено комплексне теоретичне та експериментальне дослідження застосування STEM-проектів як засобу формування ключових компетентностей учнів у процесі вивчення фізики в умовах реалізації Концепції Нової української школи. Актуальність роботи зумовлена потребою модернізації природничої освіти, посиленням міжпредметної інтеграції та впровадженням діяльнісних підходів, що відповідають вимогам сучасного суспільства та викликам STEM-орієнтованого розвитку.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування й розроблення методики формування міжпредметних зв'язків фізики та хімії на основі STEM-проектів, а також експериментальна перевірка її ефективності в закладах загальної середньої освіти. У роботі визначено дидактичний потенціал інтеграції фізичних і хімічних понять, систематизовано принципи STEM-освіти, проаналізовано досвід її впровадження в Україні та світі.

Розроблено комплекс навчальних STEM-проектів, що передбачають діяльнісний, дослідницький і практико-орієнтований підходи до вивчення природничих явищ. Запропоновано алгоритм їх реалізації та критерії оцінювання результатів проектної діяльності. Надано методичні рекомендації для вчителів щодо організації групової роботи, добору обладнання та ролі педагога як фасилітатора навчання.

Ключові слова: STEM-освіта; STEM-проекти; міжпредметні зв'язки; Нова українська школа; ключові компетентності; проектна діяльність; дослідницький підхід; інтегроване навчання; педагогічний експеримент.

ABSTRACT

Savitska N.V. STEM-projects as a Means of Forming Students' Key Competencies in Physics Lessons within the New Ukrainian School Framework

A comprehensive theoretical and experimental study has been conducted on the use of STEM projects as a tool for developing students' key competencies in the process of learning physics within the implementation of the New Ukrainian School Concept. The relevance of the research is determined by the need to modernize science education, strengthen interdisciplinary integration, and introduce activity-based approaches that meet the demands of contemporary society and the challenges of STEM-oriented development.

The aim of the study is to theoretically substantiate and develop a methodology for forming interdisciplinary connections between physics and chemistry through STEM projects, as well as to experimentally verify its effectiveness in general secondary education institutions. The thesis identifies the didactic potential of integrating physical and chemical concepts, systematizes the principles of STEM education, and analyzes the national and international experience of its implementation.

A set of educational STEM projects has been developed, incorporating activity-based, inquiry-driven, and practice-oriented approaches to the study of scientific phenomena. An algorithm for their implementation and criteria for assessing project-based learning outcomes are proposed. Methodological recommendations for teachers are provided regarding the organization of group work, selection of equipment, and the role of the teacher as a facilitator of the learning process.

Keywords: STEM education; STEM projects; interdisciplinary connections; New Ukrainian School; key competencies; project-based learning; inquiry-based approach; integrated instruction; pedagogical experiment.

Зміст

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ТА STEM-ОСВІТИ В НУШ	
1.1. Концепція НУШ та її реалізація у викладанні природничих дисциплін.....	7
1.2. STEM-освіта як інноваційний підхід до навчання.....	11
1.3. Міжпредметні зв'язки фізики та хімії як основа для інтегрованого навчання.....	16
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ПРОЄКТІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ	
2.1. Алгоритм розробки та реалізації STEM-проектів.....	20
2.2. Приклади STEM-проектів, що інтегрують знання з фізики та хімії.....	23
2.3. Методичні рекомендації для вчителів щодо використання STEM- проектів.....	27
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ	
3.1. Організація та етапи педагогічного експерименту.....	31
3.2. Аналіз та узагальнення результатів експерименту.....	33
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	40
ДОДАТКИ.....	42

ВСТУП

Сучасні трансформації в українській освіті, зокрема впровадження концепції Нової української школи, визначають нові підходи до організації освітнього процесу, спрямовані на формування конкурентоспроможного, творчого та відповідального здобувача освіти. В умовах стрімкого розвитку науки й технологій особливої ваги набуває інтеграція STEM-освіти, що поєднує природничі дисципліни, інженерію та технології у практично орієнтоване навчання. Її впровадження дозволяє створити навчальне середовище, яке стимулює дослідницьку діяльність учнів, розвиває вміння працювати з інформацією, застосовувати знання в нових ситуаціях та усвідомлювати зв'язок між науковими явищами й реальними технологічними процесами.

Особливо важливим у цьому контексті є формування міжпредметних зв'язків між фізикою та хімією, адже саме ці дисципліни закладають основи природничо-наукового світогляду. Їх інтеграція у форматі STEM-проектів створює можливість для учнів не лише глибше зрозуміти теоретичні закономірності, а й навчитися застосовувати їх у практичних дослідженнях, моделюванні та розв'язанні прикладних задач. Такий підхід сприяє розвитку ключових компетентностей Нової української школи, зокрема критичного та системного мислення, креативності, комунікації й співпраці - навичок, що є визначальними для успішної самореалізації в умовах динамічного суспільства.

З огляду на зазначене, **актуальність дослідження** зумовлена потребою розроблення ефективної методики інтеграції STEM-проектів у навчання фізики та хімії, що забезпечить цілісність освітнього процесу та відповідатиме сучасним вимогам до якості природничої підготовки учнів.

Мета роботи полягає в теоретичному обґрунтуванні та розробленні методики формування міжпредметних зв'язків на уроках фізики та хімії засобами STEM-освіти в умовах Нової української школи.

Завдання дослідження

- Проаналізувати концептуальні засади STEM-освіти в контексті Нової української школи.

- Визначити дидактичний потенціал міжпредметних зв'язків фізики та хімії.
- Розробити комплекс навчальних STEM-проектів та завдань, що інтегрують знання з обох предметів.
- Розробити методичні рекомендації для вчителів щодо реалізації STEM-проектів.
- Експериментально перевірити ефективність запропонованої методики.

Об'єкт дослідження: Процес формування міжпредметних зв'язків фізики та хімії у середній школі.

Предмет дослідження: Методика реалізації STEM-проектів на уроках фізики та хімії в умовах НУШ.

Методи дослідження: Теоретичний аналіз, синтез, моделювання, педагогічний експеримент, статистична обробка даних.

Практичне значення результатів: Матеріали кваліфікаційної роботи можуть бути використані у майбутній професійній діяльності автора, при написанні наукових та методичних публікацій. Результати роботи можуть бути використані вчителями фізики та хімії з метою успішного оволодіння їхніми учнями знаннями.

Апробація результатів дослідження. Результати наукових досліджень оприлюднено на VI Міжнародній конференції присвяченої пам'яті Джордано Бруно «Актуальні проблеми фундаментальних наук»:

1. Головіна Н.А., Назаровець Д.П., Савіцька Н.В., Троцюк О.Ю. Міжпредметні зв'язки фізики та хімії як інструмент для актуалізації пізнавальної діяльності здобувачів освіти. Матеріали шостої міжнародної конференції, присвяченої пам'яті Джордано Бруно «Актуальні проблеми фундаментальних наук». (Луцьк – Світязь, 09 – 12 червня 2025 року) Луцьк.: Вежа-Друк, 2025. С.76-78. [1].

Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ТА STEM-ОСВІТИ В НУШ

1.1. Концепція Нової української школи та її реалізація у викладанні природничих дисциплін

Концепція Нової української школи (НУШ) – це ключова реформа середньої освіти в Україні, спрямована на перехід від школи знань до школи компетентностей. У викладанні природничих дисциплін (біологія, хімія, фізика, географія) НУШ вимагає зміщення акценту з відтворення фактів на формування практичних умінь, критичного мислення та застосування наукових знань у реальному житті [2].

Головна мета НУШ — виховання інноватора та громадянина, здатного до навчання протягом життя. Це досягається через розвиток 10 ключових компетентностей, які є основою для викладання природничих дисциплін.

Реформа НУШ спрямована на перетворення процесу навчання природничих дисциплін (біологія, хімія, фізика, географія) з пасивного засвоєння фактів на активне використання знань у житті. Цей підхід базується на розвитку десяти ключових компетентностей, які в сукупності формують цілісного, інноваційного та відповідального громадянина [2, 3].

1. Спілкування державною (і рідною в разі відмінності) мовами. У природничій галузі ця компетентність критично важлива для опанування науковою термінологією, чіткого формулювання гіпотез, ведення лабораторних журналів та складання аргументованих звітів про проведені дослідження. Учень має вміти пояснити складні явища простою мовою.

2. Спілкування іноземними мовами. Ця компетентність дозволяє учням працювати з міжнародними науковими джерелами, читати інструкції до сучасного обладнання та брати участь у міжнародних наукових проєктах, що є необхідною умовою для інтеграції в глобальний науковий простір.

3. Математична компетентність. Є наріжним каменем для точних природничих наук. Вона включає здатність оперувати формулами, здійснювати розрахунки (наприклад, концентрації розчинів у хімії чи

швидкості у фізиці), моделювати процеси та аналізувати статистичні дані експериментів.

4. Основні компетентності у природничих науках і технологіях. Це центральна компетентність, яка означає розуміння методів наукового пізнання (спостереження, експеримент, моделювання), здатність пояснювати природні явища та технологічні процеси, а також застосовувати знання для розв'язання практичних проблем. Вона формує науковий світогляд [4].

5. Інформаційно-цифрова компетентність. Вона передбачає вміння ефективно використовувати цифрові інструменти (симулятори, бази даних, програми для аналізу), а також критично оцінювати інформацію, отриману з інтернету. Це стосується як віртуальних лабораторних робіт, так і захисту від неперевіраних наукових фейків.

6. Уміння навчатися впродовж життя. У природничих науках, які постійно розвиваються, це означає здатність самостійно шукати, засвоювати та критично оцінювати нову інформацію (наприклад, про нові технології, віруси чи відкриття). Це стимулює самоосвіту та особистісний розвиток.

7. Ініціативність і підприємливість. Ця компетентність виявляється у здатності планувати та реалізовувати власні дослідницькі або інженерні проєкти (наприклад, STEM-проєкти), а також умінні застосовувати наукові знання для створення інновацій або розв'язання місцевих екологічних проблем.

8. Соціальна та громадянська компетентності. Вони формують відповідальність за спільні результати роботи в групі (під час лабораторних робіт) та розуміння соціального впливу науково-технічного прогресу. Учень вчиться обговорювати етичні аспекти, наприклад, генетичної інженерії.

9. Обізнаність і самовираження у сфері культури. Хоча це здається віддаленим від природничих наук, ця компетентність сприяє розвитку креативного підходу до наукового пізнання та естетичного сприйняття природи. Вона також пов'язана з історією науки та внеском видатних учених.

10. Екологічна грамотність і здорове життя. Одна з найважливіших для природничої галузі. Вона включає усвідомлення взаємозв'язків у екосистемах, необхідність раціонального природокористування та формування відповідального ставлення до власного здоров'я (біологічні та хімічні основи здорового харчування, фізична активність) [5].

Впровадження цих компетентностей перетворює природничі предмети на інструмент для підготовки учнів до викликів XXI століття, де вміння діяти важливіше за вміння запам'ятовувати.

Основні принципи реалізації Нової української школи:

- Дитиноцентризм: Навчання, орієнтоване на потреби та інтереси учня (наприклад, STEM-проекти, обрані самими учнями).
- Партнерство: Співпраця між учнем, вчителем та батьками.
- Інтеграція: Подолання бар'єрів між предметами, особливо між природничими та математичними науками.
- Свобода вибору: Використання вчителем різних методів та форм навчання, варіативність навчального матеріалу [4].

Реалізація НУШ у природничій галузі тісно пов'язана з інтеграцією та міжпредметними зв'язками. Сучасний світ не поділений на окремі дисципліни, тому учень має бачити, як знання з різних галузей взаємодіють.

Приклади міжпредметної інтеграції:

1. Фізика + Біологія: Вивчення оптики (як працює око) або біомеханіки (рух суглобів) [5].
2. Хімія + Географія: Дослідження кислотних дощів (хімічні реакції, спричинені викидами) та їхнього географічного поширення і впливу на ґрунти.
3. Біологія + Математика: Розрахунок площі поверхні клітин, аналіз статистичних даних екологічних досліджень.
4. STEM-освіта (Science, Technology, Engineering, Mathematics): Це інтегрований підхід, який найбільш повно втілює НУШ у природничих науках. Учні не просто вивчають теорію, а розробляють

і тестують практичні проєкти (наприклад, створення моделі сонячної електростанції, що поєднує знання з фізики, технології та математики) [6].

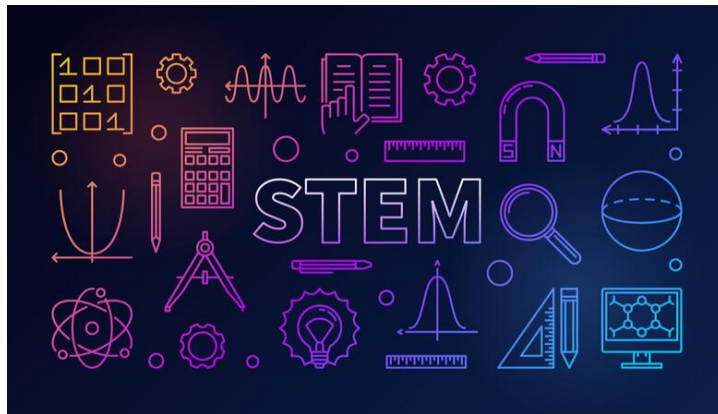
Значення міжпредметних зв'язків:

- Цілісність: учень формує єдину, а не фрагментарну картину світу. Він розуміє, що хімічні процеси відбуваються в живих організмах (біологія) та в земній корі (географія) за законами фізики.
- Мотивація: навчання стає більш практичним та зрозумілим, коли учні бачать, як абстрактні формули та закони вирішують реальні проблеми.
- Критичне мислення: потреба застосовувати знання з різних галузей для вирішення комплексного завдання стимулює аналіз, синтез та оцінку інформації.

НУШ перетворює викладання природничих дисциплін із монологу про природу на діалог із природою через дослідницьку та проєктну діяльність.

1.2. STEM-освіта як інноваційний підхід до навчання

STEM-освіта (Science, Technology, Engineering, Mathematics — Наука, Технології, Інженерія, Математика) є одним із ключових інноваційних інструментів реалізації Концепції Нової української школи (НУШ), оскільки вона безпосередньо втілює компетентнісний та діяльнісний підходи [1]. Цей підхід забезпечує синтез теоретичних знань із природничих дисциплін із практичними навичками для вирішення реальних проблем, формуючи в учнів критично важливі навички XXI століття.



Сутність STEM-освіти полягає у виході за межі викладання предметів як ізольованих одиниць. Натомість, вона фокусується на інтегрованому навчанні, де науки, технології, інженерія та математика вивчаються у взаємозв'язку, як єдиний потік знань, необхідний для проєктування та створення чогось нового або розв'язання технологічної задачі [2].

Основні принципи STEM-освіти:

1. Інтеграція та міждисциплінарність: навчання ґрунтується на комплексних завданнях, які вимагають одночасного застосування знань з фізики, хімії, біології, математики та інформатики. Наприклад, проєктування теплиці вимагає знань з біології (потреби рослин), фізики (теплообмін, освітлення), математики (розрахунки площі та об'єму) та інженерії (вибір конструкції).
2. Практико-орієнтований та проєктний підхід (Learning by Doing): Учні вчаться через практику, створюючи моделі, роботів, пристрої чи рішення.

Це перетворює їх з пасивних споживачів інформації на активних інженерів-дослідників.

3. Критичне мислення та вирішення проблем: STEM-завдання є відкритими та не мають одного правильного рішення, стимулюючи учнів до пошуку, аналізу, тестування та вдосконалення своїх ідей (цикл Design Thinking).

4. Співпраця (Collaboration) та комунікація: більшість STEM-проектів виконується в командах, що розвиває навички командної роботи, розподілу ролей та ефективного спілкування [3].

Аналіз світового та вітчизняного досвіду впровадження STEM-підходу

STEM-освіта виникла у США на початку 2000-х років як стратегічна відповідь на потребу в кваліфікованих фахівцях для високотехнологічної економіки. У США та Канаді урядові програми спрямовані на значне збільшення фінансування STEM-шкіл та створення ресурсних центрів. Основний акцент робиться на ранньому впровадженні (початкова школа) через ігрові та дослідницькі форми, а також на заохоченні до участі дівчат та меншин (ініціативи STEAM, де "A" — Art/Мистецтво, для розвитку креативності).



Рис. 1.

Американські школи активно впроваджують STEM Labs, Makerspaces, робототехнічні платформи, а співпраця з індустрією (NASA, Intel, Microsoft,

Boeing) забезпечує практичну спрямованість STEM-проектів. Учні працюють над прототипами, моделюють фізичні системи, проводять хімічні та інженерні експерименти. Навчання переважно організоване у формі міждисциплінарних модулів, де фізика, математика і технології інтегруються навколо реальної проблеми.

Європейський Союз розвиває STEM-освіту через масштабні проекти: STEM Alliance, Scientix, Horizon 2020 / Horizon Europe, Erasmus+.

Європейська модель орієнтована на формування культурно осмисленої науки, де технічний прогрес пов'язаний із соціальною відповідальністю, екологією та етичними аспектами.

Європейська модель STEM:

<i>Наука+Етика+Технології</i>
- Стійкий розвиток
- Екологічні інновації
- Соціальна відповідальність

У Фінляндії та Естонії активно застосовуються інтегровані навчальні модулі (phenomenon-based learning), де міжпредметність не просто рекомендована, а закладена в саму структуру навчального плану.

У Німеччині та Франції велика увага приділяється шкільним лабораторіям та партнерству з науково-дослідними центрами, що дає учням можливість працювати з реальними експериментальними установками.

Країни Азії - Південна Корея, Японія, Сінгапур, Китай - демонструють найвищі результати у міжнародних дослідженнях PISA, значною мірою завдяки масовому впровадженню STEM-навчання.

Ці країни інтегрували STEM-підходи у свої національні навчальні плани, роблячи акцент на навчанні, орієнтованому на феномени (Phenomenon-Based Learning), коли вся тема вивчається через призму одного комплексного явища, залучаючи всі природничі та математичні дисципліни [4].

Основні тенденції:

- акцент на робототехніці та цифрових технологіях
- створення спеціалізованих STEM-шкіл
- державні інвестиції у лабораторне обладнання
- підготовка вчителя як інженера-дослідника

<i>STEM в Азії</i>
- робототехніка
- цифрові лабораторії
- програмування з молодших класів
- 3D-друк, IoT, VR

Особливість азійського підходу — висока технологічність та системність, поєднання традиційної дисципліни з інноваційними методами навчання.

Світовий досвід довів, що впровадження STEM-підходу: а) збільшує мотивацію учнів до вивчення точних наук; б) покращує якість знань, оскільки вони відразу застосовуються на практиці; в) готує кадри, затребувані на ринку праці.

В Україні STEM-освіта активно розвивається саме як інструмент НУШ і є стратегічним напрямом державної освітньої політики [5].

- Реалізація на рівні НУШ: державні стандарти базової середньої освіти (2020) закладають інтегрований зміст природничої освітньої галузі, що є прямою вимогою для STEM-підходу. Впроваджуються інтегровані курси, наприклад, "Пізнаємо природу".

- Створення інфраструктури: відбувається активне відкриття STEM-лабораторій та робототехнічних гуртків на базі шкіл та закладів позашкільної освіти (МАН). Ці центри стають осередками для проєктної діяльності.

- Підготовка кадрів: розвиваються програми підвищення кваліфікації для вчителів, оскільки викладання STEM-інтегрованих курсів вимагає від педагогів володіння міждисциплінарними знаннями та навичками тьюторства (супроводу проєкту, а не прямого викладання).

Хоча український досвід ще формується, він чітко засвідчує, що STEM-освіта є ефективним способом розвитку всіх десяти ключових компетентностей НУШ, перетворюючи школу на простір для практичного наукового та інженерного креативу.

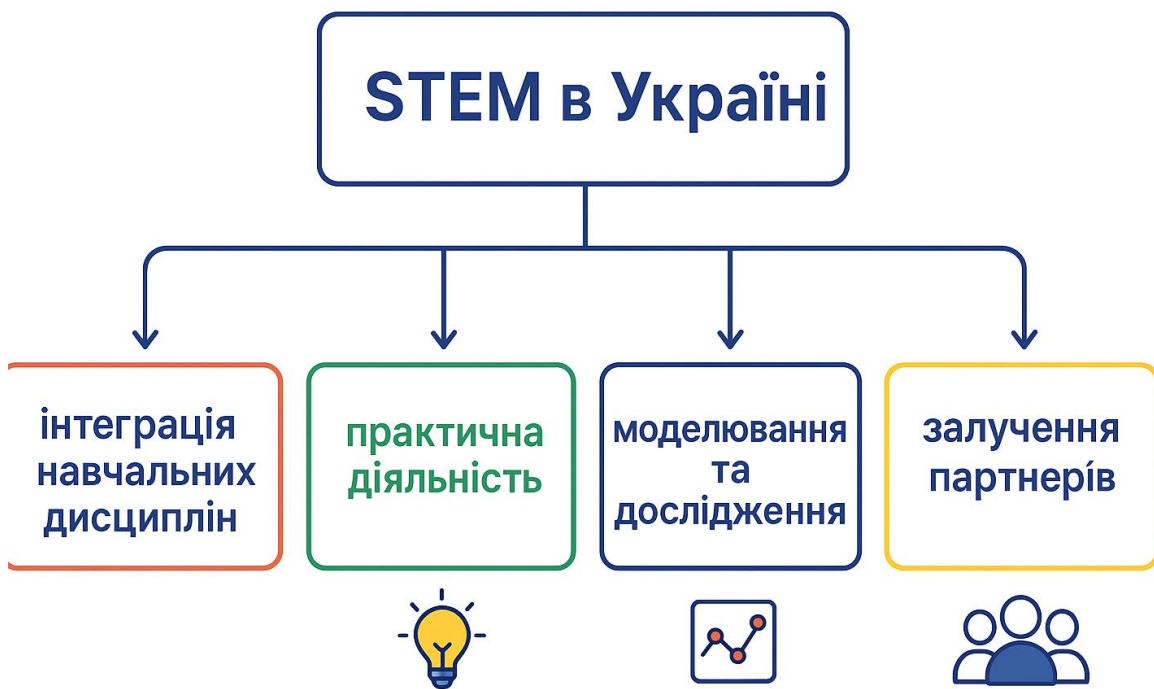


Рис. 2.

STEM-освіта сьогодні розглядається як один із ключових підходів до модернізації навчання, що відповідає вимогам Нової української школи та світових освітніх трендів. Аналіз сучасних міжнародних досліджень демонструє, що STEM-підходи мають значний позитивний вплив як на академічні результати, так і на розвиток ключових компетентностей учнів.

Однією з основних переваг STEM-навчання є підвищення навчальних досягнень з природничо-математичних дисциплін. Метааналізи та огляди свідчать, що інтегровані STEM-програми забезпечують глибше розуміння взаємозв'язків між явищами, сприяють застосуванню знань у практичних ситуаціях і підвищують якість засвоєння матеріалу. Найбільш ефективними є підходи, що містять експериментальні дослідження, практичні роботи та міждисциплінарні проєкти [10; 11; 14].

Важливою перевагою STEM є формування ключових компетентностей XXI століття, зокрема критичного мислення, творчості, комунікації та уміння працювати в команді. Проектно-орієнтоване навчання (PBL), яке є фундаментом STEM-підходу, доведено розвиває здатність учнів планувати дослідження, аналізувати дані та презентувати отримані результати [13; 14]. Це робить STEM ефективним інструментом розвитку навичок, необхідних у сучасному технологічному суспільстві.

Дослідження також підкреслюють позитивний вплив STEM-ініціатив на мотивацію та професійне самовизначення учнів. Участь у STEM-проектах підвищує інтерес до технічних і природничих спеціальностей, зміцнює самоефективність та сприяє усвідомленому вибору майбутньої професії [18].

Окремий блок сучасних досліджень стосується використання цифрових технологій у STEM-освіті. Застосування симуляцій, AR/VR-середовищ, штучного інтелекту та адаптивних навчальних систем робить складні навчальні поняття більш зрозумілими, сприяє персоналізації та активному залученню учнів до навчального процесу. У викладанні фізики такі засоби особливо ефективні для демонстрації абстрактних явищ та проведення віртуальних експериментів.

Водночас багато дослідників наголошують на важливості підготовки педагогів до роботи зі STEM-технологіями та інтегрованими методиками. Звіти міжнародних організацій акцентують, що якість впровадження STEM залежить від професійних умінь учителя, здатності інтегрувати предмети, застосовувати цифрові інструменти та організовувати командну роботу учнів [19].

STEM-навчання є потужним інструментом розвитку академічних і життєвих компетентностей учнів, їх мотивації та інтересу до науки й технологій. За умови належної методичної підтримки та наявності ресурсів STEM суттєво підсилює якість освіти та відповідає викликам сучасного освітнього середовища.

1.3. Міжпредметні зв'язки фізики та хімії як основа для інтегрованого навчання

У рамках компетентнісного підходу НУШ, де головною метою є формування цілісного наукового світогляду, викладання фізики та хімії вимагає глибокої інтеграції. Ці дисципліни не є окремими сферами, а, по суті, становлять єдину науку про матерію та енергію: фізика вивчає фундаментальні закони взаємодії матерії та її рух, а хімія вивчає перетворення речовин, що підпорядковуються цим фізичним законам. Інтегроване навчання допомагає учням усвідомити цю єдність, відходячи від фрагментарного сприйняття знань [2].

В основі інтеграції фізики та хімії лежать ключові спільні концепції, які необхідно вивчати синхронно:

1. Будова атома та квантові уявлення.

Це фундаментальна спільна тема. Фізика надає теоретичну базу: розглядає моделі атома (Резерфорда, Бора), пояснює природу електронних оболонок як енергетичних рівнів, і вводить поняття квантової механіки. Хімія негайно використовує ці знання для пояснення періодичного закону (чому елементи мають подібні властивості), природи хімічних зв'язків (як атоми обмінюються чи усупільнюють електрони) та валентності. Без фізичного розуміння квантування енергії неможливо пояснити, чому і як відбуваються хімічні реакції [3].

2. Термодинаміка.

Закони термодинаміки, особливо Закон збереження енергії (Перший закон термодинаміки), є універсальними. Фізика вивчає теплові явища, роботу та внутрішню енергію в макросистемах. Хімія застосовує ці закони у термохімії, досліджуючи теплові ефекти хімічних реакцій (екзо- та ендотермічні процеси), і в хімічній термодинаміці, прогножуючи спрямованість і рівновагу реакцій. Це дозволяє учням розуміти, чому одні реакції відбуваються спонтанно, а інші потребують підведення енергії.

3. Кінетика.

У той час як фізична кінетика вивчає механічний рух, хімічна кінетика зосереджується на швидкості хімічних реакцій. Ці науки пов'язані через молекулярно-кінетичну теорію: швидкість реакції (хімія) залежить від частоти та енергії зіткнень молекул, які, своєю чергою, залежать від температури та тиску (фізика) [4].

4. *Електромагнетизм та електрохімія.*

Явища електричного струму (фізика) є основою для розуміння електролізу (хімічний процес, спричинений струмом) та роботи гальванічних елементів (батарейок), які перетворюють хімічну енергію на електричну і навпаки. Це ідеальний приклад перетину дисциплін у сучасних технологіях.

Потреба в інтегрованому вивченні цих спільних понять впливає безпосередньо з вимог компетентнісного підходу НУШ: знання має бути не самоціллю, а інструментом для вирішення практичних, реальних завдань. Жодна технологія чи природний процес не є суто фізичним чи суто хімічним [5].

Практико-орієнтовані завдання, що вимагають інтеграції:

- Енергоефективність та відновлювані джерела енергії: щоб спроектувати ефективну сонячну панель (чисте джерело енергії), необхідно розуміти фотохімічні процеси (як речовини поглинають світло — хімія) та закони оптики та електрики (як перетворюється енергія — фізика). Приклад: розрахунок ККД сонячної батареї вимагає знань з обох предметів.

- Новітні матеріали (Нанотехнології): створення матеріалів із заданими властивостями (наприклад, надміцних сплавів чи біосумісних полімерів) вимагає розуміння хімічних зв'язків та молекулярної структури (хімія) у поєднанні з фізичними властивостями матеріалу, такими як міцність, провідність і теплоємність.

- Екологічний моніторинг: дослідження проблеми кислотних дощів чи парникового ефекту вимагає знань про хімічні реакції в атмосфері (утворення сірчаної/азотної кислот) та законів фізики, що регулюють теплопередачу, конвекцію та поширення забруднювачів у повітрі.

Інтегрований підхід через такі завдання підвищує мотивацію, оскільки учні бачать, як абстрактні закони втілюються в реальному житті. Це безпосередньо розвиває критичне та системне мислення, змушуючи учня не просто пригадати формулу, а синтезувати знання з різних галузей, щоб знайти оптимальне рішення. Інтеграція фізики та хімії — це не просто зручний метод, а необхідна умова для підготовки випускників, які відповідають вимогам STEM-орієнтованого ринку праці та здатні розв'язувати комплексні проблеми сучасної цивілізації [5].

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ПРОЄКТІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ

2.1. Алгоритм розробки та реалізації STEM-проектів

Ефективність STEM-освіти як інноваційного підходу до формування міжпредметних зв'язків у природничих дисциплінах залежить від чітко структурованого алгоритму реалізації проектів. Цей алгоритм перетворює пасивне засвоєння теорії на активний процес інженерного розв'язання проблем, імітуючи реальний науково-технічний цикл. Покроковий опис етапів роботи над STEM-проектом охоплює всі чотири компоненти акроніма (Наука, Технології, Інженерія, Математика) та забезпечує досягнення ключових компетентностей НУШ [2].

Покроковий опис етапів роботи над проектом:

1. Ідея та проблематизація (Наука, Математика, Комунікація)

Мета: Визначити реальну, актуальну проблему, яка може бути розв'язана за допомогою наукових та інженерних методів. Проблема має бути комплексною і вимагати знань із кількох дисциплін (наприклад, "Як очистити місцеву річку від мікропластику?" або "Як створити екологічний датчик вологості ґрунту?").

Дії: Формулювання проблеми та гіпотези, збір вхідних даних, постановка чітких, вимірних цілей проекту (визначення технічного завдання).

На цьому етапі застосовуються методи:

- мозкового штурму;
- дискусії;
- аналізу ситуацій (case-study);
- перегляду прикладів STEM-розробок.

2. Дослідження та планування (Наука, Математика)

Мета: Зібрати необхідну теоретичну базу та розробити інженерний план.

Дії: Глибоке вивчення наукових засад проблеми (Наука — закони фізики, хімічні реакції), проведення необхідних математичних розрахунків (бюджет,

розміри, параметри), вибір матеріалів, технологій та інструментів. На цьому етапі відбувається розподіл ролей у команді та деталізація графіка робіт.

3. Конструювання та прототипування (Технології, Інженерія)

Мета: Створення робочого прототипу або моделі, що розв'язує поставлену проблему.

Дії: Застосування інженерних навичок (Інженерія) для проєктування структури та використання відповідних Технологій (3D-друк, програмування мікроконтролерів, складання електронних схем). Це етап втілення абстрактних ідей і формул у фізичний об'єкт.

4. Тестування та вдосконалення (Наука, Інженерія)

Мета: Об'єктивна перевірка функціональності та ефективності прототипу.

Дії: Проведення систематичних наукових вимірювань і тестів, порівняння отриманих результатів із початковими гіпотезами та технічним завданням. На основі аналізу недоліків відбувається ітераційне вдосконалення (циклічне внесення змін до конструкції), що є ключовим для інженерного мислення.

5. Презентація та захист (Комунікація, Технології)

Мета: Представити результати роботи, обґрунтувати прийняті інженерні рішення та продемонструвати практичну цінність проєкту.

Дії: Створення візуальних матеріалів (слайди, відео), демонстрація роботи прототипу, відповіді на запитання, рефлексія щодо набутого досвіду та аналіз труднощів [3].

Цей етап формує навички комунікації та публічного виступу.

Розробка критеріїв оцінювання проєктної діяльності

Оцінювання STEM-проєктів має бути комплексним і відображати не лише кінцевий результат, а й процес роботи, а також рівень розвитку ключових компетентностей НУШ [7]. Критерії мають бути прозорими та завчасно доведеними до відома учнів.

<i>Критерії оцінювання</i>	<i>Фокус компетентностей НУШ</i>	<i>Опис (Що оцінюється)</i>
<i>Змістовий компонент</i>	Основна природнича, Математична	Наукова обґрунтованість гіпотез, точність застосованих формул і розрахунків, глибина міжпредметної інтеграції (чи були задіяні і фізика, і хімія, і математика).
<i>Інженерно-технологічний компонент</i>	Технологічна, ініціативність	Функціональність та працездатність прототипу, оригінальність конструкторського рішення, якість виконання, дотримання техніки безпеки та економічна обґрунтованість вибору матеріалів.
<i>Процесуально-організаційний компонент</i>	Соціальна, уміння навчатися	Ефективність співпраці в команді, дотримання плану та термінів, здатність до рефлексії та самооцінки (самостійне виявлення та виправлення помилок на етапі тестування).
<i>Презентаційно-комунікативний компонент</i>	Комунікативна, інформаційно-цифрова	Чіткість та логічність захисту проєкту, якість візуалізації даних, вільне володіння науковою термінологією, аргументованість відповідей на запитання.

Такий багатоаспектний підхід до оцінювання стимулює учнів розвивати не лише знання, але й м'які навички (soft skills), які є критично важливими для майбутніх інженерів та науковців.

2.2. Приклади STEM-проектів, що інтегрують знання з фізики та хімії

У сучасній освіті міжпредметна інтеграція стає ключовим інструментом розвитку наукового мислення, а STEM-проекти, що поєднують фізику й хімію, відкривають учням можливість по-справжньому зрозуміти, як працюють технології навколо нас. Ці дві науки мають спільну фундаментальну основу — вони описують будову матерії, властивості речовин та закономірності взаємодії енергії і частинок. Саме тому значна частина сучасних інженерних розробок базується одночасно на хімічних реакціях і фізичних процесах, що робить їх ідеальними темами для практичних досліджень у школі.

STEM-проекти, побудовані на інтеграції цих дисциплін, навчають учнів спостерігати проблему комплексно: оцінювати не лише хімічний склад матеріалів, а й фізичні умови їхньої роботи — температуру, тиск, електричні властивості, теплопровідність чи оптичні характеристики. Наприклад, робота над паливними елементами демонструє перетворення хімічної енергії водню в електричну та знайомить із принципами електрохімії і фізики струму. У проєктах із очищення води органічно поєднуються фізичні методи механічної фільтрації та хімічні процеси адсорбції, окиснення й нейтралізації. Ще один поширений напрям — дослідження альтернативних джерел енергії: термоелектричні генератори, барвникові сонячні елементи чи батареї на основі електролітів — усі вони одночасно залежать від хімічної природи матеріалів і фізичних механізмів перенесення заряду.

Такі проєкти формують у здобувачів освіти важливі компетентності: уміння експериментувати, аналізувати властивості речовин, будувати та випробовувати моделі, працювати з вимірювальним обладнанням, робити висновки на основі даних. Вони показують, що знання з підручника мають пряме практичне застосування - від екологічних рішень, спрямованих на

очищення довкілля, до створення компактних енергетичних систем чи сенсорів для контролю стану середовища.

Проект "Створення паливного елемента"

Цей проєкт є чудовим прикладом глибокої інтеграції електрохімії (хімія) та електрики (фізика) (рис.5).

Дисциплінарний фокус	Наукові основи та завдання
Хімія (Електрохімія)	Вивчення окисно-відновних реакцій (ОВР) та процесу перетворення хімічної енергії в електричну. Дослідження властивостей електроліту та каталізаторів (платина, нікель) на швидкість реакції.
Фізика (Електрика, Термодинаміка)	Розрахунок потужності та напруги елемента. Вимірювання ККД (коефіцієнта корисної дії) елемента та аналіз теплових втрат відповідно до законів термодинаміки. Вивчення явища електропровідності
Інженерія/Технології	Проектування та створення прототипу елемента (наприклад, воднево-кисневого або елемента на основі сольових розчинів), оптимізація площі поверхні електродів для максимальної продуктивності

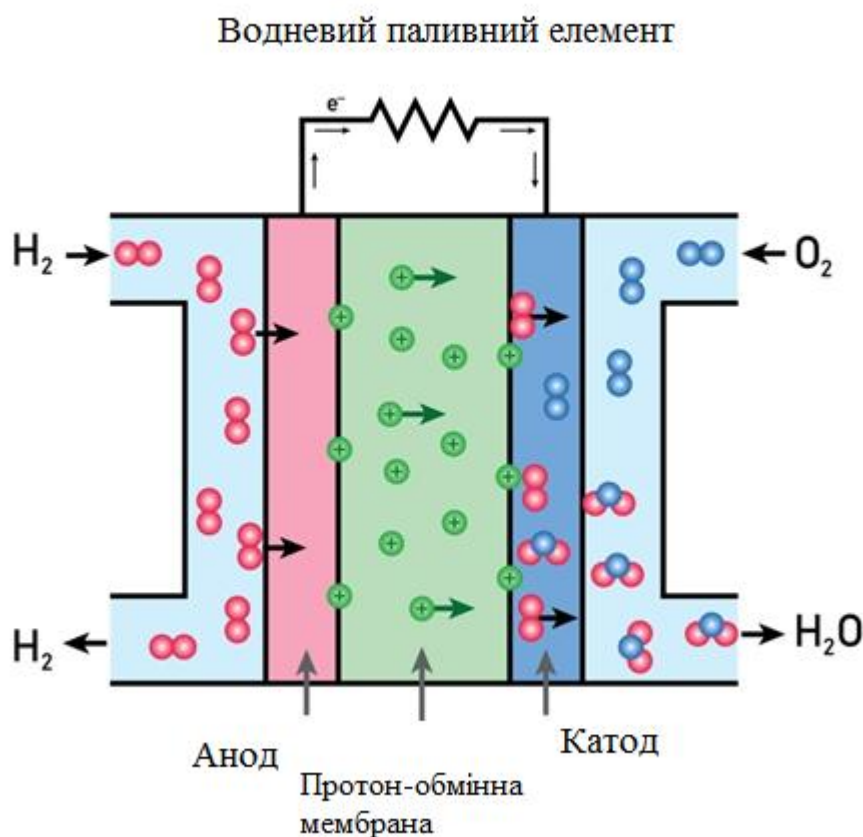


Рис. 5. Водневий паливний елемент

Практична цінність: Розуміння принципів роботи екологічно чистих джерел енергії, які є основою для електромобілів та автономних енергосистем.

Проект "Вивчення фізико-хімічних властивостей розчинів"

Цей проєкт дозволяє учням практично дослідити, як хімічний склад впливає на фізичні параметри систем.

Дисциплінарний фокус	Наукові основи та завдання
Хімія (Розчини, Хімічна кінетика)	Визначення концентрації розчинів. Дослідження явища дисоціації електролітів. Вивчення залежності швидкості розчинення від температури та природи розчинника.
Фізика (Колігативні властивості, Оптика)	Дослідження колігативних властивостей, а саме: залежності температури кипіння/замерзання розчину від концентрації (наприклад, чому антифриз не замерзає). Вимірювання

	електричної провідності розчинів (через наявність іонів) та використання рефрактометрії (оптичні властивості) для визначення концентрації .
Математика/Технології	Графічне представлення залежностей (наприклад, провідності від концентрації), математичне моделювання.

Практична цінність: Застосування знань у медицині (фізіологічні розчини), інженерії (антифризи, теплоносії) та екології (аналіз забруднення води).

Проект "Розробка пристрою для очищення води"

Цей STEM-проект є комплексним і часто використовується як приклад ідеальної інтеграції природничих наук, інженерії та екології.

Дисциплінарний фокус	Наукові основи та завдання
Хімія (Очищення, Реакції)	Вивчення методів коагуляції, флокуляції та адсорбції (використання активованого вугілля). Дослідження кислотно-лужного балансу (рН) та застосування хімічних реагентів для нейтралізації домішок.
Фізика (Фільтрація, Механіка рідин)	Вивчення принципів фільтрації та осмосу (зворотний осмос). Розрахунок швидкості потоку води (гідродинаміка) та оптимального тиску для роботи фільтру. Використання УФ-випромінювання для знезараження .
Інженерія/Технології	Проектування багатоступеневої системи фільтрації (пісок, гравій, вугілля) або прототипу

	очисної станції, що поєднує механічні та хімічні методи.
--	--

Практична цінність: Розвиток екологічної свідомості, проєктування рішень для доступу до чистої питної води, що є глобальною ціллю сталого розвитку.

Усі ці проєкти демонструють, як STEM-підхід реалізує міжпредметні зв'язки: фізика дає знання про енергію та рух, хімія — про перетворення речовин, а інженерія поєднує їх для створення технологічного рішення [7].

Інтегровані STEM-проєкти з фізики та хімії не лише поглиблюють розуміння природничих наук, а й розвивають творчість, наукову інтуїцію та інженерне мислення, що робить їх надзвичайно важливими для сучасної української освіти та підготовки учнів до майбутніх технологічних викликів.

2.3. Методичні рекомендації для вчителів щодо використання STEM-проєктів

У сучасній системі освіти вчитель уже не виступає лише носієм знань, а стає організатором освітнього середовища, де учні здобувають досвід дослідження, аналізу та створення власних інженерних рішень. У STEM-проєктах роль педагога значно розширюється: він допомагає учням ставити проблему, планувати експеримент, здійснювати вимірювання, узагальнювати результати та презентувати їх. Вчитель діє не як керівник, що диктує кроки, а як фасилітатор — людина, яка створює умови для максимально самостійної, активної та творчої діяльності учнів.

Такий підхід відповідає принципам компетентнісного навчання, сприяє розвитку критичного мислення, вміння працювати в команді, аналізувати дані, застосовувати фізичні та хімічні знання в реальних ситуаціях. Учні не просто засвоюють окремі формули чи визначення — вони вчаться діяти як дослідники й інженери.

Основні функції вчителя-фасилітатора у STEM-проєктах

Створення проблемного середовища

Учитель формулює реальну чи наближену до реальної проблему, не пропонуючи готового алгоритму розв'язання. Наприклад:

- очищення забрудненої води;
- побудова простого сенсора;
- створення енергоефективного джерела живлення;
- визначення оптимального матеріалу для конструкції.

Він мотивує учнів до пошуку інформації, аналізу даних, висунення гіпотез і планування власного дослідження.

Організація ресурсного середовища

Учитель забезпечує доступ до матеріалів, обладнання, інструментів і джерел інформації. Він відповідає за техніку безпеки, але надає учням свободу вибору щодо того, як саме використовувати ці ресурси. Таким чином діти вчаться планувати роботу, розподіляти матеріали та відповідати за отриманий результат.

Модерація групової та індивідуальної роботи

Учитель допомагає учням організувати роботу в команді, визначити ролі, уникнути конфліктів, знайти компроміс. Замість командного стилю управління фасилітатор застосовує модерацію — м'яке спрямування діяльності учнів за допомогою запитань, підказок і спостережень.

Підтримка дослідницької та інженерної діяльності

Під час роботи над проєктом учитель стимулює учнів до самостійного формулювання гіпотез, проведення експериментів, визначення параметрів, аналізу помилок і вдосконалення моделі. Він заохочує використати як теоретичні знання з фізики й хімії, так і практичні навички роботи з приладами.

Стимулювання рефлексії та самооцінювання

Учитель організовує рефлексивні паузи, під час яких учні аналізують власні досягнення, труднощі, помилки та шляхи їх подолання. Це дозволяє учням глибше зрозуміти власний прогрес і побудувати конструктивні стратегії навчання.

Оцінювання процесу та результату

Фасилітатор оцінює не лише кінцевий продукт, а й процес: залученість учнів, самостійність рішень, логічність дій, обґрунтованість вибору матеріалів та методів. Такий підхід формує в учнів відповідальність за всі етапи роботи, а не лише за презентацію.

Приклади конкретної діяльності вчителя-фасилітатора

Організація роботи на етапі постановки проблеми

- створює ситуацію «інженерного виклику»;
- пропонує учням самостійно визначити, які фізичні та хімічні явища слід дослідити;
- ставить відкриті запитання, що ведуть до самостійного формування завдань.

Упорядкування середовища дослідження

- готує лабораторне обладнання, але не визначає наперед послідовність дій;
- нагадує правила техніки безпеки;
- забезпечує доступ до довідників, моделей, карт, цифрових датчиків.

Спрямування групової роботи

- допомагає сформувати команди;
- стежить за участю кожного учасника;
- втручається лише при порушенні безпеки або гальмуванні роботи;
- вчить учнів аргументувати свої позиції.

Супровід експериментальної діяльності

- пояснює, як користуватися приладами, не виконуючи роботу замість учнів;
- пропонує відшукати альтернативні способи вирішення проблеми;
- допомагає побачити логічні зв'язки між результатами експерименту та теоретичними положеннями.

Стимулювання творчих рішень

- заохочує пропонувати різні варіанти конструкції;

- підтримує учнів у випадку невдач, пояснюючи цінність помилки;
- організовує міні-дискусії щодо «інженерних компромісів» (міцність, швидкість, точність, вартість).

Підготовка до захисту проєкту

- допомагає структурувати презентацію;
- навчає презентувати результати вимірювань;
- формує навички наукової комунікації.

Для успішної реалізації ролі вчителя-фасилітатора важливо забезпечити такі умови:

1. *Відкритість до варіативності рішень* — учитель визнає, що один проєкт може мати кілька правильних реалізацій.
2. *Підтримка дослідницької свободи* — учні мають право на гіпотези, експерименти та навіть помилки.
3. *Безпечне середовище* — чітке дотримання правил техніки безпеки під час роботи з фізичними та хімічними матеріалами.
4. *Доступ до сучасних освітніх ресурсів* — датчики, цифрові лабораторії, моделі, довідники, симулятори.
5. *Регулярна рефлексія* — обговорення результатів та утруднень, корекція планів проєкту.
6. *Співпраця між учнями* — підтримка командної роботи, взаємодопомоги та колективного мислення.

Роль учителя-фасилітатора у STEM-проєктах є ключовою для розвитку дослідницьких, інженерних і аналітичних компетентностей учнів. Завдяки фасилітації учні навчаються працювати автономно, обґрунтовувати власні рішення, використовувати фізичні та хімічні знання для розв'язання практичних задач. Учитель, який володіє фасилітаторськими методиками, створює умови, де кожен учень має можливість розвиватися, мислити критично й творчо та досягати успіху в навчанні [20].

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ

3.1. Організація та етапи педагогічного експерименту

Практичний розділ роботи присвячений апробації та оцінці ефективності розробленої методики інтегрованого використання STEM-проектів на уроках фізики та хімії. Основна мета цієї роботи - емпірично довести, що систематичне залучення учнів до проектування та розв'язання прикладних міждисциплінарних задач значно підвищує рівень їхніх ключових компетентностей.

Мета дослідження полягала у проведенні педагогічного експерименту для визначення впливу розробленої методики STEM-проектів на формування ключових компетентностей учнів.

Формування ключових компетентностей учнів 7–8 класів (зокрема, здатності до командної роботи, критичного аналізу інформації та вирішення проблем) буде більш успішним та стійким, якщо в навчальному процесі цілеспрямовано впроваджувати систему STEM-проектів, які вимагають інтеграції знань з різних природничих та технічних дисциплін.

Експериментальна робота проводилася на базі закладу загальної середньої освіти «Ліцей села Кременець» Копачівської сільської ради Волинської області.

Група	Кількість осіб (N)	Характеристика освітнього процесу
Експериментальна Група (ЕГ)	22	Навчання з використанням авторської методики STEM-проектів як основного засобу розвитку компетентностей
Контрольна Група (КГ)	22	Навчання за традиційною програмою, орієнтоване на засвоєння предметних знань

Педагогічне дослідження було структуроване за класичною схемою і включало три послідовні етапи:

1. Констатувальний Етап (Початковий Зріз)

Встановити вихідний, доекспериментальний рівень розвитку ключових компетентностей у КГ та ЕГ.

Проведено початкове тестування та анкетування з метою підтвердження однорідності (еквівалентності) груп на старті. Використаний діагностичний інструментарій дозволяє визначити, що різниця в показниках учнів обох груп є статистично несуттєвою.

2. Формувальний Етап (Впровадження Методики)

Реалізувати розроблену систему STEM-проектів у навчальній діяльності ЕГ. Упродовж цього етапу в ЕГ систематично застосовувалися міждисциплінарні проекти, які вимагали від учнів не лише використання знань з фізики та хімії, але й навичок програмування, інженерного конструювання та спільного пошуку рішень. КГ продовжувала працювати за традиційними навчальними планами.

3. Контрольний Етап (Підсумкова Оцінка)

Оцінити результати експериментального впливу та підтвердити гіпотезу. Здійснено повторний зріз за допомогою тих самих діагностичних методик. Отримані дані піддавалися математико-статистичній обробці для виявлення та кількісного підтвердження позитивної динаміки формування ключових компетентностей в ЕГ порівняно з КГ.

Для забезпечення наукової достовірності отриманих результатів і підтвердження статистичної значущості виявлених відмінностей були використані:

- Описова статистика (середнє арифметичне, стандартне відхилення).
- *t*-критерій Стюдента для незалежних вибірок, що дозволяє оцінити достовірність різниці між середніми значеннями показників ЕГ та КГ.

3.2. Аналіз та узагальнення результатів експерименту

Контрольний етап експерименту був кульмінаційним моментом усієї роботи, оскільки саме він мав забезпечити емпіричне підтвердження або спростування висунутої гіпотези. Після завершення формульовального етапу, де в експериментальній групі (ЕГ) систематично впроваджувалася розроблена нами методика STEM-проектів, ми провели фінальний зріз. Для забезпечення чистоти експерименту використовувався ідентичний діагностичний інструментарій (набір тестів, анкет та критеріїв спостереження), який застосовувався і на констатувальному етапі, що дозволило максимально коректно порівняти динаміку змін.

Для оцінки рівня сформованості ключових компетентностей використовувалася адаптована 12-бальна шкала оцінювання, що дозволяє за сумарним балом визначити рівень компетентності: низький (1–3), середній (4–6), достатній (7–9) та високий (10–12). Контрольне тестування складалося із завдань, які охоплювали знання з фізики та хімії, практичні навички проведення експериментів, а також уміння аналізувати та робити висновки на основі отриманих результатів.

Результати контрольного тестування відображаються у таблиці 1

Таблиця 1

Розподіл учнів КГ та ЕГ за рівнями сформованості ключових компетентностей (контрольний етап, 12-бальна шкала)

Рівень компетентності	Контрольна група, %	Експериментальна група, %
Низький (1–3)	9,1	0
Середній (4–6)	45,5	18,2
Достатній (7–9)	36,4	54,5
Високий (10–12)	9,0	27,3
Середній бал (М)	5,27	7,18
Стандартне відхилення (S)	0,48	0,62

Як видно з таблиці, у ЕГ суттєво зменшилася частка учнів із середнім і низьким рівнями, водночас значно зросла частка тих, хто досяг достатнього та високого рівнів. Зокрема, середній бал учнів ЕГ зріс із 5,00 на початковому етапі до 7,18 на контрольному, що становить приріст близько 43,6 %. У КГ середній бал залишився практично на тому самому рівні (5,27), що свідчить про відсутність суттєвого прогресу при традиційному навчанні.

Для більш наочного аналізу результати представлені на графіку 3.1, який демонструє зміну розподілу учнів за рівнями компетентностей у КГ та ЕГ. На ньому помітна чітка тенденція до підвищення рівня компетентностей у ЕГ та відносна стабільність показників у КГ.

Для підтвердження статистичної значущості отриманих відмінностей між групами було застосовано t-критерій Стьюдента для незалежних вибірок. Розрахунки здійснювалися за стандартною формулою:

$$t_{\text{емп}} = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

де M_1 та M_2 – середні значення балів ЕГ та КГ, S_1 і S_2 – стандартні відхилення, n_1 та n_2 – кількість учнів у групі.

Підставляючи дані: $M_1 = 7,18$, $S_1 = 0,62$, $n_1 = 22$; $M_2 = 5,27$, $S_2 = 0,48$, $n_2 = 22$

$$t_{\text{емп}} = \frac{7,18 - 5,27}{\sqrt{\frac{0,62^2}{22} + \frac{0,48^2}{22}}} \approx 11,9$$

Критичне значення t для рівня значущості $p \leq 0,05$ і ступенів свободи $df = n_1 + n_2 - 2 = 42$ складає приблизно 2,02. Оскільки емпіричне значення t (11,9) значно перевищує критичне, різницю між результатами ЕГ і КГ можна вважати статистично значущою. Це підтверджує ефективність використання STEM-проектів у навчанні фізики та хімії для учнів.

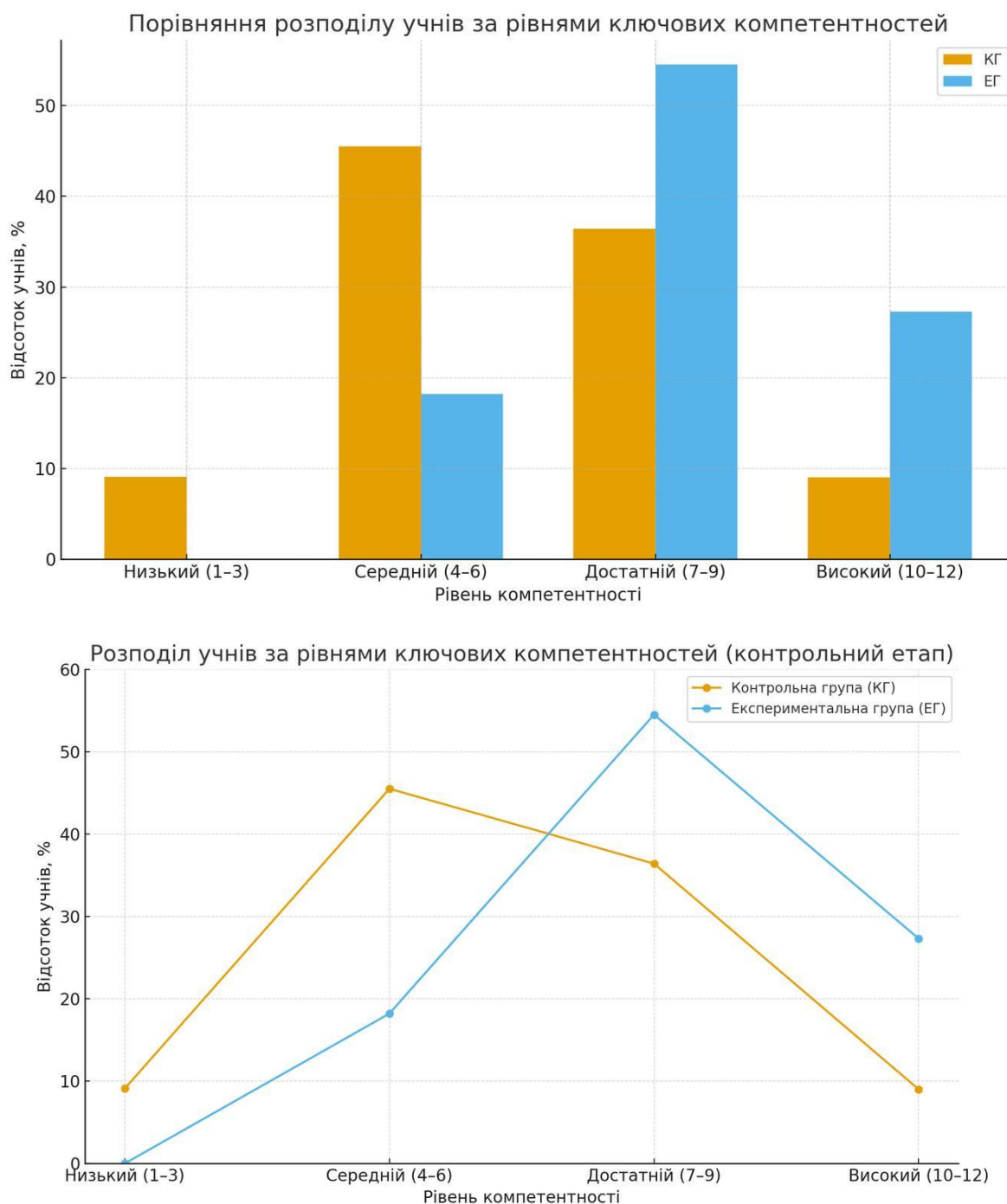


Рис.3.1. Зміна розподілу учнів за рівнями компетентностей у КГ та ЕГ

Розподіл балів по учнях дозволяє стверджувати, що STEM-проекти сприяли розвитку практичних, аналітичних та дослідницьких навичок, а також критичного мислення та самостійності.

Проекти, такі як «Хімічна батарея власного виробництва» та «Теплові процеси та енергоефективність», сприяли формуванню компетентностей у трьох основних напрямках. Перший – практичні навички експериментальної діяльності, де учні вчаться працювати з лабораторним обладнанням,

проводити вимірювання, будувати графіки та аналізувати результати. Другий напрям – аналітичне та критичне мислення, коли учні оцінюють ефективність різних матеріалів, аналізують причини різних результатів експериментів та роблять висновки на основі даних. Третій напрям – інтеграція знань, що передбачає поєднання фізики та хімії для розуміння процесів енергообміну, термодинаміки, електрохімії та механіки руху тіл.

Експеримент показав, що учні ЕГ активніше включалися у навчальну діяльність, проявляли цікавість, творчість та ініціативність, що відображено у високих оцінках за ключові компетентності. У КГ подібного зростання не спостерігалось, що підтверджує обмеженість традиційного підходу у формуванні комплексних практичних та аналітичних навичок.

Таким чином, контрольний етап дослідження підтвердив, що використання STEM-проектів значно підвищує рівень ключових компетентностей учнів. Статистична обробка показала, що приріст середніх балів у ЕГ є значущим і достовірним, а результати КГ залишилися на початковому рівні. Експеримент довів ефективність запропонованої методики, показав практичну значущість інтеграції фізики та хімії через проектну діяльність для учнів та дав підстави для подальшого використання STEM-підходів у школі.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження дало можливість глибоко й комплексно охарактеризувати теоретичні, методологічні та практичні аспекти застосування STEM-проектів як засобу формування ключових компетентностей учнів у процесі вивчення фізики в умовах реалізації концепції Нової української школи. Уточнення сутності STEM-освіти, виявлення потенціалу міжпредметних зв'язків фізики та хімії, а також розроблення й апробація авторської методики впровадження STEM-проектів дали підстави для формулювання узагальнених висновків, які відображають ступінь досягнення поставленої мети та виконання всіх завдань роботи.

Насамперед було встановлено, що модернізація української освіти, закладена в Концепції Нової української школи, передбачає переорієнтацію навчального процесу на всебічний розвиток особистості, формування здатності до самостійного мислення, розв'язування практичних завдань, співпрацю в команді й ефективне використання інформаційних технологій. У такому контексті інтеграція STEM-підходу постає не лише інноваційним, а й стратегічно необхідним напрямом оновлення змісту й методів навчання природничих дисциплін. STEM-освіта забезпечує створення освітнього середовища, в якому наукові знання здобуваються через діяльнісний, дослідницький та проєктний підходи, що узгоджується з вимогами сучасного суспільства та потребами ринку праці.

Особливе місце в дослідженні посідає аналіз міжпредметних зв'язків фізики та хімії, які виступають підґрунтям для організації інтегрованого навчання. Суттєвою характеристикою цих зв'язків є їх здатність структурувати знання учнів навколо фундаментальних законів природи, забезпечувати перенесення знань між предметами та сприяти формуванню цілісного наукового світогляду. З'ясовано, що інтеграція фізичних і хімічних понять у межах STEM-проектів (зокрема таких, як моделювання електрохімічних процесів, дослідження механізмів взаємодії речовин чи вивчення енергетичних перетворень) має значний дидактичний потенціал.

Вона забезпечує підвищення рівня розуміння учнями наукових явищ, формує здатність працювати з експериментальними даними, інтерпретувати результати й застосовувати їх у практичних ситуаціях.

Важливою складовою магістерської роботи стала розробка структурованої методики впровадження STEM-проектів у процес навчання фізики та хімії. Обґрунтований алгоритм реалізації проектів охоплює такі етапи, як: постановка проблеми, обговорення можливих способів її розв'язання, планування експерименту, виконання дослідницьких процедур, аналіз отриманих даних, формулювання висновків і презентація результатів. Зазначений алгоритм сприяє розвитку в учнів дослідницької культури, навичок критичної оцінки інформації, умінь працювати в групах та відповідально ставитися до виконання практичних завдань. Розроблені критерії оцінювання проектної діяльності забезпечують об'єктивність і прозорість оцінювання, зокрема враховують рівень залученості учнів, якість дослідницьких процедур, аргументованість висновків та уміння презентувати результати.

Створений комплекс STEM-проектів, що інтегрує зміст фізики та хімії («Створення паливного елемента», «Вивчення фізико-хімічних властивостей розчинів», «Розробка пристрою для очищення води» тощо), доводить практичну можливість поєднання теоретичного матеріалу з діяльнісно-орієнтованим навчанням. Усі проекти передбачають проведення реальних експериментів, конструювання моделей або пристроїв, аналіз даних, що сприяє розвитку технічної, інженерної та природничої компетентностей. Робота над зазначеними проектами мотивує учнів до самостійного пошуку інформації, творчих рішень і міждисциплінарного мислення.

Значну увагу було приділено методичним рекомендаціям для вчителів, які розкривають специфіку викладання природничих дисциплін у форматі STEM та визначають роль педагога як фасилітатора навчального процесу. Показано, що ефективність STEM-проектів значною мірою залежить від уміння вчителя організувати роботу в командах, створити атмосферу

дослідження, забезпечити доступ до необхідних матеріалів та обладнання, а також надати консультативну підтримку без надмірного втручання. Саме така модель взаємодії формує в учнів відповідальність, організованість та готовність до співпраці.

Експериментальна частина роботи підтвердила результативність запропонованої методики. Порівняльний аналіз результатів навчання в експериментальній і контрольній групах засвідчив статистично значуще зростання рівня сформованості ключових компетентностей у тих учнів, які працювали за STEM-підходом. Вони продемонстрували вищу успішність у розв'язуванні комплексних завдань, глибше розуміння теоретичних понять, більшу впевненість у проведенні експериментів і вираженішу мотивацію до вивчення природничих наук. Крім того, було зафіксовано зростання готовності учнів до творчого пошуку й застосування знань у нестандартних ситуаціях, що є важливим індикатором розвитку навичок XXI століття.

Таким чином, STEM-проекти виступають ефективним засобом формування ключових компетентностей учнів, сприяючи модернізації змісту і структури навчання, підвищенню дослідницької активності та розвитку інженерного мислення школярів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на удосконалення методики з урахуванням цифрових та робототехнічних технологій, адаптацію STEM-проектів до інклюзивного середовища та розширення міждисциплінарних зв'язків із математикою, біологією, інформатикою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Головіна Н.А., Назаровець Д.П., Савіцька Н.В., Троцюк О.Ю. Міжпредметні зв'язки фізики та хімії як інструмент для актуалізації пізнавальної діяльності здобувачів освіти. Матеріали шостої міжнародної конференції, присвяченої пам'яті Джордано Бруно «Актуальні проблеми фундаментальних наук». (Луцьк – Світязь, 09 – 12 червня 2025 року) Луцьк.: Вежа-Друк, 2025. С.76-78.
2. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державного стандарту базової середньої освіти» від 21.10.2020 № 955. Офіційний вісник України, 2020. № 85. С. 4–63.
3. Бугайов О. І. Зв'язок фізики та хімії у процесі формування природничо-наукової компетентності : навч.-метод. посіб. Київ : Педагогічна думка, 2015. 152 с.
4. Клочко В. І., Прокопенко І. П. Міжпредметні зв'язки у процесі формування природничо-математичних компетентностей учнів : монографія. Харків : ХНПУ ім. Г. С. Сковороди, 2018. 198 с.
5. Нова українська школа: порадник для вчителя / за ред. Н. М. Бібік. Київ : Плеяди, 2018. 206 с.
6. STEM-освіта: інтеграція природничо-наукових та інженерно-технологічних знань / за ред. Б. М. Терещука. Київ : НЦ «МАНУ», 2019. 240 с.
7. Ващенко Л. М. STEM-освіта: світовий досвід та перспективи в Україні : аналіт. огляд. Київ : Інститут модернізації змісту освіти, 2018. 120 с.
8. STEM-освіта: інтеграція науки, техніки, інженерії та математики в сучасній школі : метод. рек. / М. І. Бурда, А. Г. Мерзляк, В. Г. Павлов та ін. Київ : Освіта, 2020. 160 с.
9. Гуревич Р. С., Уманець В. А., Комаровська О. А. Інтеграція природничих наук у STEM-навчанні : навч. посіб. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 184 с.

10. English L. D., King D. STEM education: A review of international research. *International Journal of STEM Education*. 2019. Vol. 6, No. 1. P. 1–15.
11. Li Y., Schoenfeld A. Problematizing STEM: An overview. *International Journal of STEM Education*. 2019. Vol. 6, No. 1. P. 1–10.
12. Фізика і хімія: інтегровані проєкти / уклад. Н. Філіпчук, О. Козяр. Тернопіль : Мандрівець, 2019. 128 с.
13. Krajcik J., Blumenfeld P. Project-based learning. *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* / ed. R. K. Sawyer. Cambridge : Cambridge University Press, 2006. P. 317–334.
14. Bybee R. W. The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. Arlington : NSTA Press, 2013. 180 p.
15. Шарко В. Д., Ляшенко О. І. Методика навчання природничих наук із використанням STEM-технологій : навч.-метод. посіб. Київ : Педагогічна думка, 2020. 256 с.
16. A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas / National Research Council. Washington : National Academies Press, 2012. 385 p.
17. Brown T., Holme T. A. Chemistry and Physics in Modern Engineering Projects. *Journal of Chemical Education*. 2021. Vol. 98, No. 3. P. 789–796.
18. UNESCO. STEM Education Policy and Practice Reports (2023–2024). Paris : UNESCO, 2024. 210 p.
19. OECD. Education for 21st Century Skills ; PISA Insights ; What Students Learn Matters. Paris : OECD Publishing, 2021–2024. 300 p.
20. Науменко С. О. Роль учителя-фасилітатора в умовах STEM-навчання. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. 2019. № 4. С. 45–53.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

STEM-проекти

Проект №1. Хімічна батарея власного виробництва

Мета:

Вивчити електрохімічні процеси та перетворення хімічної енергії на електричну, розвинути практичні навички роботи з лабораторним обладнанням, критичне мислення та розуміння принципів електрохімії.

Матеріали:

- Металеві пластини або монети (цинк, мідь, алюміній)
- Рідини-електроліти: оцет, лимонний сік, соляний розчин (1–2%)
- Невеликі склянки або пластикові контейнерчики
- Провідники та кліпси для підключення металів
- Вольтметр або мультиметр
- Ліхтарик або маленька LED-лампа
- Папір і ручка для запису результатів

Хід роботи:

1. Підготуйте металеві пластини та налейте обраний електроліт у склянки (кожна склянка – окремий розчин).
2. Вставте два різні метали в електроліт так, щоб вони не торкалися один одного.
3. Підключіть провідники до металів і приєднайте до вольтметра.
4. Зафіксуйте покази напруги.
5. Змінюйте комбінації металів і електролітів, повторюйте вимірювання.
6. Спробуйте з'єднати кілька таких елементів послідовно та перевірте, чи загориться LED-лампа.
7. Записуйте всі результати у зошит, відзначайте комбінації, які дали найбільшу напругу.

Спостереження та висновки:

- Порівняйте результати різних комбінацій металів і електролітів.

- Визначте, які комбінації ефективніші.
- Опишіть, як хімічна енергія перетворюється на електричну.
- Спробуйте пояснити процеси на аноді та катоді під час роботи батареї.

Безпека:

- Уникайте контакту електролітів зі шкірою та очима.
- Працюйте акуратно з металами та проводами.
- Після експерименту промийте всі матеріали водою і приберіть робоче місце.

№ експерименту	Метали (анод / катод)	Електроліт	Напруга (В)	Коментар / спостереження
1				
2				
3				
4				
5				

Проект №2. Теплові процеси та енергоефективність

Мета:

Дослідити процеси теплообміну, перевірити закони термодинаміки та оцінити ефективність ізоляційних матеріалів.

Необхідні матеріали:

- Склянки або невеликі баночки
- Вода
- Ізоляційні матеріали: пінопласт, тканина, фольга
- Термометр
- Таймер або секундомір
- Лінійка, папір та ручка

Хід роботи:

1. Налийте воду однакової температури у кілька баночок.
2. Оберніть кожну баночку різним ізоляційним матеріалом, залишивши одну без ізоляції як контрольну.
3. Вимірюйте температуру води кожні 5 хвилин протягом 30–40 хвилин.
4. Записуйте результати і будуйте графіки зміни температури.
5. Порівняйте втрати тепла у різних баночках та визначте, який матеріал найефективніший.

Висновки:

- Який матеріал забезпечує найменшу втрату тепла.
- Чи підтверджуються спостережувані зміни законам термодинаміки.
- Як знання про теплоізоляцію можна застосувати в побуті для енергоефективності.

Час (хв)	Контрольна баночка (°C)	Баночка №1 (пінопласт)	Баночка №2 (тканина)	Баночка №3 (фольга)	Коментарі
0					
5					
10					
15					
20					
25					
30					
35					
40					

Проект №3. Рух предметів та тертя (Міні-механіка)

Мета:

Дослідити вплив нахилу та поверхні на швидкість руху предметів та зрозуміти, як тертя впливає на рух тіл.

Матеріали:

- Маленькі машинки або вагончики (картонні, LEGO тощо)
- Дошка або рівна похила площина
- Різні поверхні (папір, тканина, фанера)
- Лінійка та секундомір
- Папір і ручка

Хід роботи:

1. Розташуйте машинку на похилій площині.
2. Відпускайте машинку і вимірюйте, яку відстань вона проходить і скільки часу займає.
3. Змініть нахил площини або поверхню і повторіть вимірювання.
4. Запишіть результати та зробіть висновки.

Висновки:

- Яка поверхня або нахил впливає на швидкість руху.
- Як тертя змінює поведінку предметів.
- Які висновки можна зробити для практичних задач (іграшки, побутові об'єкти).

№ експерименту	Поверхня (папір / тканина / фанера)	Нахил площини (°)	Відстань руху (см)	Час руху (с)	Швидкість (см/с)	Коментарі
1						
2						
3						
4						

Проект №4. Тиск рідин і повітря

Мета:

Дослідити вплив тиску рідин та газів на навколишні предмети, зрозуміти принципи дії гідравлічних систем, закон Паскаля та закон Архімеда.

Матеріали:

- Пластикові пляшки (250–500 мл)
- Вода
- Повітряні кульки
- Гнучкі трубки (0,5–1 см)
- Маленькі стаканчики або пробки
- Фломастери для позначок рівня рідини
- Секундомір

Хід роботи:

1. Наповніть пластикову пляшку водою приблизно на $\frac{2}{3}$ об'єму.
2. Вставте в пляшку трубку, на кінці якої закріплена кулька або маленький стаканчик.
3. Натискайте на пляшку руками та спостерігайте, як кулька піднімається або опускається.
4. Змінюйте кількість води у пляшці і повторюйте експеримент.
5. Спробуйте закріпити кілька кульок на різних трубках і простежте одночасну реакцію.
6. Записуйте результати: скільки сили прикладено, як змінився рух кульки.
7. Побудуйте графіки залежності зміни положення кульки від прикладеної сили.

Очікувані результати:

- Кулька піднімається пропорційно до сили натискання.
- Більший об'єм рідини створює сильніший тиск на кульку.
- Виявляються принципи передачі тиску рідини (закон Паскаля).

Розвиваються компетентності:

- Робота з експериментальними приладами та рідинами
- Спостереження фізичних явищ
- Збір та обробка даних
- Побудова графіків та аналітичне мислення
- Уміння робити висновки на основі спостережень

№ експерименту	Об'єм рідини (мл)	Сила натискання (слабка / середня / сильна)	Рух кульки (вгору / вниз)	Висота підняття кульки (см)	Коментарі
1					
2					
3					
4					

Проект №5. Опір повітря та аеродинаміка

Мета:

Дослідити, як форма і площа поверхні предметів впливають на опір повітря, зрозуміти аеродинамічні принципи та розвивати критичне мислення й просторове уявлення.

Матеріали:

- Папір, картон
- Ножиці
- Скотч
- Лінійка або рулетка
- Секундомір
- Ваги для визначення маси моделей

Хід роботи:

1. Зробіть декілька моделей парашутів із різних матеріалів (папір, тканина), різної площі та форми (квадрат, коло, трикутник).
2. Підвісьте кожен парашут до невеликого вантажу (монета, гайка, маленька фігурка).
3. Кидайте парашути з однакової висоти і вимірюйте час падіння.
4. Виміряйте швидкість падіння та занотуйте у таблицю разом із формою та площею парашута.
5. Проведіть кілька повторів і усередніть результати.
6. Побудуйте графіки залежності часу падіння від площі та форми парашута.
7. Обговоріть, як форма і площа поверхні впливають на опір повітря і швидкість падіння.

Очікувані результати:

- Парашути з більшою площею падають повільніше.
- Форма парашута впливає на стабільність падіння та ефективність гальмування повітря.

- Виявляються базові принципи аеродинаміки, застосовні у техніці та спорті.

Розвиваються компетентності:

- Робота з матеріалами та створення моделей
- Вимірювання часу, швидкості та аналіз результатів
- Побудова графіків та робота з даними
- Критичне мислення та інженерне планування
- Спостереження фізичних явищ у реальному житті

№ експерименту	Форма парашута (квадрат / коло / трикутник)	Площа парашута (см ²)	Маса вантажу (г)	Час падіння (с)	Середня швидкість (см/с)	Коментарі
1						
2						
3						
4						

ДОДАТОК В

Інструкція: Обведи або постав галочку біля правильної відповіді.

1. Яка одиниця вимірювання сили?
 - ☐ Паскаль
 - ☐ Джоуль
 - ☐ Ват
 - ☐ Ньютон
2. Що таке маса тіла?
 - ☐ Кількість речовини
 - ☐ Вага
 - ☐ Сила тяжіння
 - ☐ Тиск
3. Який процес перетворює воду в пару?
 - ☐ Конденсація
 - ☐ Випаровування
 - ☐ Згоряння
 - ☐ Плавлення
4. Що таке електричний струм?
 - ☐ Рух заряджених частинок
 - ☐ Сила тяжіння
 - ☐ Тепло
 - ☐ Магнітне поле
5. Який метал не проводить електрику?
 - ☐ Алюміній
 - ☐ Залізо
 - ☐ Свинець
 - ☐ Мідь
6. Що вимірює термометр?
 - ☐ Температуру
 - ☐ Вологість
 - ☐ Тиск
 - ☐ Енергію
7. Як називається зміна стану речовини з рідини на газ?
 - ☐ Випаровування
 - ☐ Конденсація
 - ☐ Згоряння
 - ☐ Замерзання
8. Що таке густина речовини?
 - ☐ Маса на одиницю об'єму
 - ☐ Сила на об'єм

- ☐ Тиск на площу
- ☐ Температура на масу
- 9. Який процес супроводжується виділенням тепла?
 - ☐ Ендотермічний
 - ☐ Екзотермічний
 - ☐ Випаровування
 - ☐ Конденсація
- 10. Який агрегатний стан має вода при 0°C ?
 - ☐ Твердий
 - ☐ Рідкий
 - ☐ Газоподібний
 - ☐ Плазма
- 11. Який прилад вимірює електричну напругу?
 - ☐ Вольтметр
 - ☐ Амперметр
 - ☐ Термометр
 - ☐ Барометр
- 12. Який газ виділяється при реакції оцту з содою?
 - ☐ Вуглекислий газ
 - ☐ Кисень
 - ☐ Водень
 - ☐ Азот
- 13. Що відбувається з тілом, якщо на нього діє сила?
 - ☐ Змінюється рух
 - ☐ Змінюється колір
 - ☐ Змінюється температура
 - ☐ Змінюється форма тільки
- 14. Який метал можна використати для батареї?
 - ☐ Мідь
 - ☐ Скло
 - ☐ Пластик
 - ☐ Дерево
- 15. Що впливає на швидкість випаровування рідини?
 - ☐ Температура
 - ☐ Колір
 - ☐ Вага
 - ☐ Висота
- 16. Що таке тиск?
 - ☐ Сила на одиницю площі
 - ☐ Енергія на масу

- ☐ Відстань на час
 - ☐ Маса на об'єм
- 17.Що вимірює амперметр?
- ☐ Силу струму
 - ☐ Напругу
 - ☐ Температуру
 - ☐ Тиск
- 18.Що відбувається при конденсації?
- ☐ Газ перетворюється на рідину
 - ☐ Рідина перетворюється на газ
 - ☐ Твердий на рідкий
 - ☐ Газ на твердий
- 19.Яке тверде тіло плавиться при нагріванні?
- ☐ Лід
 - ☐ Скло
 - ☐ Пісок
 - ☐ Метал (залежить від температури)
- 20.Який процес відбувається у батареї?
- ☐ Хімічна енергія → електрична
 - ☐ Механічна → теплова
 - ☐ Світлова → теплова
 - ☐ Механічна → електрична

Тест № 2

Інструкція: Обведи або постав галочку біля правильної відповіді.

1. Під час експерименту з хімічною батареєю напруга збільшилась після додавання нового електроліту. Що це показує?
 - ☐ Збільшення електропровідності
 - ☐ Зниження маси металу
 - ☐ Випаровування
 - ☐ Конденсація
2. У проєкті «Теплові процеси» вода в баночці з фольгою остигла повільніше. Чому?
 - ☐ Фольга зменшує тепловтрати
 - ☐ Фольга збільшує температуру
 - ☐ Фольга додає масу
 - ☐ Фольга змінює колір
3. Який результат показує більший тиск рідини на дно?
 - ☐ Більший об'єм води
 - ☐ Менший об'єм води
 - ☐ Колір контейнера
 - ☐ Форма контейнера
4. У міні-механіці машинка проходить меншу відстань на тканині, ніж на фанері. Чому?
 - ☐ Більше тертя
 - ☐ Менше тертя
 - ☐ Вища температура
 - ☐ Наявність електрики
5. Якщо об'єднати два елементи хімічної батареї послідовно, що зміниться?
 - ☐ Збільшиться напруга
 - ☐ Зменшиться опір
 - ☐ Підвищиться тиск
 - ☐ Зменшиться маса
6. Що показує графік охолодження води у різних ізоляційних контейнерах?
 - ☐ Ефективність матеріалу
 - ☐ Колір води
 - ☐ Об'єм контейнера
 - ☐ Час доби
7. Який метал ефективніше використовувати для батареї, якщо хочемо максимальну напругу?
 - ☐ Мідь і цинк

- ☐ Алюміній і свинець
 - ☐ Залізо і свинець
 - ☐ Тільки свинець
8. Що впливає на швидкість руху машинки на похилій площині?
- ☐ Нахил і тертя
 - ☐ Колір машинки
 - ☐ Висота учня
 - ☐ Температура повітря
9. Що відбувається з температурою води, якщо покласти баночку в ізоляційний матеріал?
- ☐ Втрата тепла зменшується
 - ☐ Втрата тепла збільшується
 - ☐ Температура стає нульовою
 - ☐ Температура не змінюється
10. Як зміна площі парашута впливає на швидкість падіння?
- ☐ Більша площа → менша швидкість
 - ☐ Більша площа → більша швидкість
 - ☐ Площа не впливає
 - ☐ Залежить від кольору
11. Що відбувається на аноді батареї?
- ☐ Відбувається окиснення
 - ☐ Відбувається відновлення
 - ☐ Виділяється тепло
 - ☐ Нічого не відбувається
12. Що відбувається на катоді батареї?
- ☐ Відбувається відновлення
 - ☐ Відбувається окиснення
 - ☐ Виділяється світло
 - ☐ Нічого не відбувається
13. У проєкті «Тиск рідин і повітря» збільшення води у пляшці призводить до...
- ☐ Збільшення тиску на трубки
 - ☐ Зменшення тиску
 - ☐ Зміни кольору води
 - ☐ Випаровування
14. Які дані важливо записувати під час дослідів з парашутами?
- ☐ Час падіння, форму і площу парашута
 - ☐ Колір парашута
 - ☐ Матеріал вантажу
 - ☐ Висоту піднімання

15. Чому термоси краще зберігають тепло?
- ☐ Через ізоляційний матеріал
 - ☐ Через колір стінок
 - ☐ Через форму
 - ☐ Через запах
16. Яка залежність між напругою і кількістю елементів батареї?
- ☐ Напруга збільшується послідовним з'єднанням
 - ☐ Напруга зменшується
 - ☐ Напруга не змінюється
 - ☐ Напруга залежить від кольору
17. Що впливає на швидкість випаровування?
- ☐ Температура і поверхня рідини
 - ☐ Колір контейнера
 - ☐ Маса рідини
 - ☐ Висота підлоги
18. Що показує амперметр у батареї?
- ☐ Силу струму
 - ☐ Напругу
 - ☐ Температуру
 - ☐ Тиск
19. У проекті «Міні-механіка» від чого залежить пройдена відстань машинки?
- ☐ Від нахилу і матеріалу поверхні
 - ☐ Від ваги учня
 - ☐ Від кольору машинки
 - ☐ Від висоти стелі
20. Що спостерігають у проекті «Теплові процеси» для оцінки ефективності ізоляції?
- ☐ Зміни температури води
 - ☐ Колір води
 - ☐ Висоту контейнера
 - ☐ Вологість повітря