

БЕРДЯНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет фізико-математичної, комп'ютерної та технологічної освіти
Кафедра фізики, математики та методики навчання

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедрою
д.п.н., проф. Олександр ШКОЛА
«12» грудня 2025 р.

ДИДАКТИЧНІ ОСНОВИ РЕАЛІЗАЦІЇ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ФІЗИКИ ТА МАТЕМАТИКИ У СТАРШІЙ ШКОЛІ

Кваліфікаційна робота магістра

Виконавець: здобувач другого рівня вищої освіти,
групи м2фі

Галузь знань: 01 Освіта

Спеціальність: 014 Середня освіта (фізика та
астрономія)

Освітньо-професійна програма: Середня освіта
(фізика та астрономія)

ПІБ: Андрій ЖАРІКОВ

Керівник: д.п.н., проф. Олександр ШКОЛА

Рецензент: д.п.н., проф. Олена КУЗНЄЦОВА

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Жаріков Андрій Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дидактичні основи реалізації міжпредметних зв'язків фізики та математики у старшій школі»

Керівник роботи: Школа О.В, д. пед. н., професор
затверджені наказом по університету від «24» листопада 2025 року № 692с.

2. Строк подання студентом роботи: 08.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: теоретичне обґрунтування та практична розробка методичних підходів ефективного використання міжпредметних зв'язків фізики і математики, зорієнтованих на підвищення пізнавального інтересу, рівня та якості навчальних досягнень учнів з цих предметів

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

- розкрити сутність і педагогічне значення міжпредметних зв'язків у навчанні;
- проаналізувати роль математики у шкільному курсі фізики з історичного та сучасного поглядів;
- дослідити методологічні основи інтеграції цих наук у шкільній освіті;
- висвітлити методичні особливості застосування математичного апарату під час вивчення фізики;
- розробити плани-конспекти інтегрованих уроків математики і фізики та проектної діяльності для розвитку міжпредметної компетентності учнів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) (за необхідністю):

6. Консультанти розділів роботи (якщо передбачені):

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 27.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Формулювання теми кваліфікаційної роботи, підготовка вступу, складання плану роботи.	жовтень – грудень 2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел за темою дослідження, уточнення базових понять дослідження. Підготовка підрозділів 1.1, 1.2.	лютий – квітень 2025 р.	
3.	Підготовка підрозділів 1.3, 1.4 та висновків розділу 1 кваліфікаційної роботи.	травень – вересень 2025 р.	
4.	Підготовка підрозділів 2.1 – 2.3 кваліфікаційної роботи та висновків 2 розділу.	жовтень – листопад 2025 р.	
5.	Оформлення підсумкового варіанту кваліфікаційної роботи відповідно до чинних вимог.	08.12.2025 р.	

Здобувач вищої освіти:



(підпис)

Андрій ЖАРИКОВ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи:



(підпис)

Олександр ШКОЛА

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ФІЗИКИ ТА МАТЕМАТИКИ	5
1.1. Сутність і значення міжпредметних зв'язків у навчанні.....	5
1.2. Роль математики у шкільному курсі фізики: історичний аспект та сучасний стан.....	10
1.3. Методологічні основи інтеграції фізики та математики в шкільній освіті. .	16
<i>Висновки першого розділу</i>	20
 РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ФІЗИКИ І МАТЕМАТИКИ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ	22
2.1. Використання математичних методів у розв'язанні фізичних задач.....	22
2.2. Методика проведення інтегрованих уроків з фізики та математики.....	29
2.3. Дослідницькі та проєктні роботи як засіб розвитку міжпредметного мислення учнів.....	38
<i>Висновки другого розділу</i>	48
 ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53
ДОДАТКИ	55

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасна освіта переживає період глибокого оновлення. Стрімкий розвиток науки і технологій висуває до школи нові вимоги: формувати не лише систему знань, а й здатність учня мислити комплексно, бачити взаємозв'язки між різними явищами та дисциплінами, застосовувати теоретичні поняття в реальних ситуаціях. Особливо гостро ця потреба проявляється у природничо-математичній галузі, де фундаментальні науки взаємодіють не як ізольовані структури, а як частини єдиної наукової картини світу.

Фізика і математика є найбільш взаємопов'язаними складниками шкільного навчання. З одного боку, математика забезпечує мову опису фізичних явищ, надає апарат для формулювання законів природи, побудови моделей та аналізу результатів. З іншого – фізика наповнює математичні поняття реальним змістом, допомагає учням усвідомити цінність та практичність математичних методів. Проте ці взаємозв'язки часто залишаються прихованими або застосовуються фрагментарно, що призводить до механічного засвоєння знань і труднощів у використанні математичного апарату під час розв'язання фізичних задач.

Актуальність теми магістерської роботи зумовлена тим, що ефективна реалізація міжпредметних зв'язків фізики й математики є не просто методичним прийомом, а ключовою умовою підвищення якості природничо-математичної освіти. Сучасні освітні стандарти, включно з Концепцією «Нова українська школа», акцентують увагу на інтегрованому навчанні, розвитку критичного мислення та компетентнісному підході. Міжпредметні зв'язки у цьому контексті виступають одним із найбільш дієвих інструментів формування цілісного бачення світу та розвитку інтелектуальних умінь учнів. Міжпредметні зв'язки фізики та математики є необхідною умовою якісної підготовки сучасного учня, а їх грамотно організована реалізація створює підґрунтя для розвитку наукового стилю мислення, здатності до аналізу, моделювання та усвідомленого застосування знань. Саме цим обумовлена актуальність і практична значущість обраної теми кваліфікаційної (магістерської) роботи.

Об'єктом дослідження є процес навчання фізики в закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження — міжпредметні зв'язки фізики та математики в шкільному курсі фізики.

Мета роботи полягає у теоретичному обґрунтуванні, розробці та практичній апробації методичних підходів ефективного використання міжпредметних зв'язків фізики і математики, зорієнтованих на підвищення пізнавального інтересу, рівня та якості навчальних досягнень учнів з цих предметів.

Для досягнення мети визначено такі завдання:

- розкрити сутність і педагогічне значення міжпредметних зв'язків у навчанні;
- проаналізувати роль математики у шкільному курсі фізики з історичного та сучасного поглядів;
- дослідити методологічні основи інтеграції цих наук у шкільній освіті;
- висвітлити методичні особливості застосування математичного апарату під час вивчення фізики;
- розробити інтегровані уроки математики і фізики та проєктної діяльності для розвитку міжпредметної компетентності учнів.

Для досягнення мети та розв'язання поставлених завдань використано такі методи дослідження: пошук та опрацювання психолого-педагогічної і навчально-методичної літератури, шкільних програм і підручників з математики і фізики з метою виявлення теоретичних аспектів і стану вивчення досліджуваної проблеми, уточнення сутності основних понять дослідження, формулювання висновків; моделювання системи інтегрованих уроків математики і фізики та проєктної діяльності для розвитку міжпредметної компетентності учнів; педагогічне спостереження за процесом навчання фізики і математики у ЗЗСО під час виробничої (педагогічної) практики, бесіди з учнями і вчителями математики і фізики, аналіз поточних освітніх результатів учнів з математики і фізики.

Теоретичне і практичне значення дослідження полягає в аналізі ключових концептів, що стосуються сутності міжпредметних зв'язків та особливостей інтеграції фізики і математики, а також висвітлені методичних особливостей, змісту завдань, форм роботи, що забезпечують ефективну реалізацію цих зв'язків у навчальному процесі.

Випускна кваліфікаційна робота складається із вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел (27 позицій). Загальний обсяг роботи – 60 с., з яких 51 с. – основна частина.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ФІЗИКИ ТА МАТЕМАТИКИ

1.1. Сутність і значення міжпредметних зв'язків у навчанні

Проблема міжпредметних зв'язків у сучасній педагогіці набула виняткової актуальності. Навчання дедалі менше сприймається як набір розділених дисциплін, а дедалі більше — як цілісний простір розвитку учня, де знання з різних галузей не ізольовані, а взаємодіють. У реальній науці межі між предметами часто умовні: фізик користується математичними методами, астроном — законами фізики, інженер — сукупністю знань одразу з кількох сфер. Тому природною вимогою шкільної освіти є створення навчального середовища, у якому такі взаємозв'язки не просто декларуються, а стають інструментом глибшого розуміння матеріалу.

Сутність міжпредметних зв'язків. Під міжпредметними зв'язками у навчанні я розумію не тільки формальне співвіднесення понять різних дисциплін, а цілеспрямовану інтеграцію, що дозволяє учневі бачити за окремими темами більш широку картину. Це стосується і змісту навчання, і методів, і логіки викладу. У випадку фізики та математики така інтеграція особливо природна, оскільки обидві науки мають спільне підґрунтя — кількісний опис явищ, роботу з абстракціями, вміння формалізувати реальність.

Проте важливо, що міжпредметність — це не тільки про «застосування математики у фізиці», хоча це найочевидніший аспект. Це і про зворотний зв'язок: фізичні задачі допомагають учням усвідомити практичний зміст математичних операцій, принципів та моделей. Таким чином, міжпредметні зв'язки мають двобічний, «діалогічний» характер.

Значення міжпредметних зв'язків у розвитку мислення учнів. На мою думку, найбільша цінність інтеграції фізики та математики полягає у розвитку структурного, несуперечливого мислення. Учень, який вчиться поєднувати знання з різних предметів, починає міркувати більш гнучко, усвідомлено і творчо. Це важливо не лише для опанування конкретних тем, а й для формування здатності

до самостійного аналізу, що є однією з ключових компетентностей сучасної освіти.

Можна виділити кілька ключових ефектів, які створює грамотна міжпредметна інтеграція:

1. *Поглиблення розуміння фізичних законів.* Коли учень не просто підставляє числа у формулу, а розуміє, як ця формула була виведена, які математичні операції лежать в її основі, рівень осмисленості значно зростає.

2. *Формування практичного сенсу математичних знань.* Математика перестає бути «абстрактними перетвореннями», коли учень бачить, як похідні описують швидкість зміни, а логарифми — рівні звукового тиску чи яскравості зорі.

3. *Розвиток уміння переносити знання.* Учні починають розуміти, що одна й та сама ідея (наприклад, лінійна залежність) може проявлятися у різних контекстах: від електричних ланцюгів до законів руху.

4. *Підвищення мотивації.* Інтегровані підходи зменшують «відчуття відчуження» від математики, що часто виникає у школярів. Коли вони бачать, як формули працюють у реальних фізичних явищах, інтерес зростає.

Проблеми, що виникають у відсутності міжпредметних зв'язків. Під час педагогічної практики та особистих спостережень я неодноразово стикався з тим, що відокремленість предметів породжує низку труднощів:

- учні знають математичні формули, але не вміють застосовувати їх у фізиці;
- вони плутають основні поняття (наприклад, функція, графік, пропорційність), хоча саме ці поняття потрібні в кожній фізичній темі;
- виникає надмірна механічність — «зазубрив формулу і підставив числа»;
- математичний апарат часто сприймається як бар'єр, а не як інструмент.

Це підтверджує: проблема інтеграції не є суто теоретичною, вона має безпосередній вплив на якість засвоєння матеріалу та успішність учнів.

Завдання реалізації міжпредметних зв'язків у контексті сучасної освіти. На мою думку, сьогодні міжпредметні зв'язки повинні виконувати декілька освітніх функцій:

- *науково-методичну*: забезпечувати логічну цілісність навчального матеріалу;
- *компетентнісну*: сприяти розвитку навичок аналізу, моделювання, роботи з даними;
- *практичну*: показувати, як абстрактні знання проявляються у фізичних явищах;
- *мотиваційну*: створювати інтерес за рахунок реальних застосувань.

Таким чином, міжпредметні зв'язки виступають не додатковим компонентом навчання, а його внутрішньою структурою, що визначає ефективність освітнього процесу.

Види міжпредметних зв'язків та їх роль у навчальному процесі. Щоб глибше зрозуміти механізм інтеграції фізики та математики, важливо розглянути класифікацію міжпредметних зв'язків. У педагогічній літературі немає абсолютно єдиної системи, проте більшість авторів погоджуються з тим, що зв'язки можна поділити за змістом, характером взаємодії та рівнем інтеграції. На мою думку, у контексті фізико-математичної освіти доцільно виділити такі групи:

1. *Змістові зв'язки.* Це найпростіший рівень. Він проявляється тоді, коли поняття або закони з одного предмета є основою теми іншого. Наприклад, поняття функції, похідної, площі фігури, логарифма активно застосовуються у фізиці при вивченні механіки, електрики, оптики. Учень бачить, що математичні знання мають продовження у фізичному змісті.

2. *Операційні (методичні) зв'язки.* Тут акцент на уміннях: вміння будувати графіки, розв'язувати рівняння, аналізувати залежності, проводити обчислення. Ці операції є універсальними і застосовуються як у фізичних, так і в математичних задачах. Операційні зв'язки формують навичку переносити прийоми роботи з однієї дисципліни в іншу.

3. *Логічні зв'язки.* Вони формують системність мислення. Наприклад, причинно-наслідкові зв'язки, властиві фізиці, узгоджуються з логічними правилами доведення в математиці. Це допомагає учням вибудовувати послідовність міркувань, не губитися у складних задачах, уникати формального підходу.

4. *Практичні зв'язки.* Проявляються під час розв'язання реальних задач або експериментів. Учень використовує як фізичні знання, так і математичний інструментарій: від обчислень і графічного аналізу до побудови моделей і наближених оцінок.

5. *Світоглядні зв'язки.* Це найглибший рівень, який показує єдність наукової картини світу. Фізика і математика разом формують у школяра розуміння того, що природа підпорядковується законам, які можна описати моделями, формулами, функціями. Саме тут народжується цілісне, наукове мислення.

На мій погляд, ефективне навчання можливе лише за умови одночасної реалізації кількох рівнів зв'язків. Спроби використовувати лише змістові або лише операційні зв'язки роблять процес неповним і поверхневим.

Психолого-педагогічне значення міжпредметних зв'язків. Інтеграція знань не є тільки методичним прийомом учителя. Вона має важливе психолого-педагогічне підґрунтя. Учні по-різному сприймають математичний та фізичний матеріал, і міжпредметні зв'язки стають містком, який вирівнює ці відмінності.

На основі власних спостережень та аналізу педагогічної практики можна виокремити кілька аспектів впливу:

- *Зменшення когнітивного навантаження.* Якщо учень засвоїв математичне поняття раніше, його застосування у фізиці не потребує додаткових зусиль. Натомість при відсутності міжпредметної координації школа створює зворотний ефект — перевантаження.

- *Підвищення рівня абстрактного мислення.* Математика тренує вміння працювати з абстракціями, а фізика додає до них реальні образи. Разом вони формують баланс між конкретним і узагальненим мисленням.

- *Формування навички бачити структуру задачі.* У фізиці часто складність полягає не у математичних розрахунках, а в постановці задачі, розумінні умов, виборі моделей. Математичний стиль мислення допомагає учневі структурувати проблему.

- *Розвиток самостійності.* Коли учні розуміють, як пов'язані теми, вони починають прогнозувати, які знання знадобляться у новому матеріалі, і самі звертаються до відповідних математичних понять.

Умови ефективної реалізації міжпредметних зв'язків. На мою думку, не достатньо просто оголосити, що у навчанні мають бути міжпредметні зв'язки. Важливо створити умови, за яких вони працюватимуть на результат. На основі аналізу методичної літератури та власної педагогічної практики, можна виокремити такі умови:

1. *Скоординованість програм і тем.* Учень повинен знайти у фізиці те, що він уже вивчив або паралельно вивчає на математиці. Якщо фізика вводить похідну на рік раніше, ніж вона з'являється у шкільному курсі математики, — міжпредметні зв'язки стають формальними.

2. *Спільний підхід педагогів.* Учитель фізики має розуміти, на якому рівні сформовані математичні вміння учнів, а вчитель математики — знати, які теми з фізики потребують глибшої математичної підготовки.

3. *Розробка інтегрованих завдань.* Саме завдання — лабораторні, графічні, аналітичні — змушують учнів застосовувати знання комплексно.

4. *Осміслене використання математичного апарату.* Математика у фізиці повинна подаватися не як "формула заради формули", а як спосіб опису явища. Тоді учні розуміють сенс символів і операцій.

5. *Поступовість інтеграції.* Міжпредметні зв'язки мають бути природними: від простих графічних залежностей у 7 класі до диференціальних рівнянь у старшій школі.

Отже, міжпредметні зв'язки у навчанні фізики й математики — це складна, багаторівнева система, що поєднує зміст, навички, логіку мислення та світоглядні уявлення. Їх значення полягає не тільки у підвищенні успішності, а у формуванні

компетентного учня, який вміє бачити зв'язки між явищами, має системне мислення і спроможний переносити знання у нові ситуації. Ефективна реалізація таких зв'язків потребує продуманих методичних підходів, співпраці педагогів та координації змісту навчальних програм.

1.2. Роль математики у шкільному курсі фізики: історичний аспект та сучасний стан

Взаємозв'язок фізики та математики має настільки глибокі історичні корені, що часто виникає враження: ці науки розвивалися не поруч, а разом. Математика була не лише інструментом опису фізичних явищ, а й каталізатором появи нових фізичних теорій. У свою чергу, фізичні відкриття ставали причиною розширення математичного апарату. Саме тому роль математики у фізиці не можна розглядати лише як технічну. Вона — частина самого змісту фізичної науки.

Історичний аспект взаємодії математики й фізики. Античність: зародження кількісного підходу. Ще античні мислителі намагалися описувати явища природи за допомогою чисел. Піфагорійці вважали, що світ побудований на гармонійних числових співвідношеннях. Архімед створював перші моделі гідростатики та механіки, використовуючи геометричні доведення. Хоча математика того часу не була алгебраїзована, вже тут з'являється ключова ідея: природні явища можна описати у строгій кількісній формі.

Наукова революція XVI–XVII століть: формування математичної фізики. Епоха Галілея, Кеплера та Ньютона стала періодом, коли математичний метод оформився як фундаментальний для фізики. Галілей ввів експериментально-математичний підхід, де спостереження доповнювалися побудовою математичних моделей. Кеплер відкрив закони руху планет саме через аналіз числових даних. Особливо важливим є внесок Ісаака Ньютона, який не лише сформулював закони механіки, а й створив математичний апарат — диференціальне та інтегральне числення — для їх опису. Це показує: інколи математика народжується саме з потреб фізики.

XVIII–XIX століття: становлення нових галузей. Розвиток електродинаміки Максвелла, термодинаміки, хвильової теорії привів до ще більшої формалізації фізичних моделей. З'явилися диференціальні рівняння у частинних похідних, векторний аналіз. Сама структура фізичної теорії стала невіддільною від математичної форми. У той період учені дедалі більше розуміли: зміна математичного апарату означає зміну підходу до фізики. Наприклад, поява статистичних методів дозволила сформулювати молекулярно-кінетичну теорію.

XX століття: математика як передумова нових фізичних теорій. У XX столітті фізика вступила у період, коли самі закони природи стали трактуватися через глибокі математичні структури. Квантова механіка, теорія відносності, квантова теорія поля — все це неможливо сформулювати без складного математичного апарату: тензорів, операторів, матриць, функціонального аналізу.

Показово, що спершу саме математики відкривали деякі структури, а фізики пізніше знаходили їм фізичне застосування. Тобто взаємодія стала двосторонньою на абсолютно новому рівні.

Сучасний стан взаємозв'язку математики і фізики в освіті. Математика як «мова фізики». У сучасному навчальному процесі математика виконує одразу кілька ключових функцій:

- *описову*: формули відображають закони природи;
- *пояснювальну*: математичний аналіз дозволяє встановити залежності між величинами;
- *передбачувальну*: модель дає змогу прогнозувати поведінку об'єктів;
- *контрольну*: обчислення й графіки дозволяють перевіряти результати експериментів.

Без математики фізика втрачає точність, стає лише описовою і менш переконливою.

Проблеми сучасної шкільної практики. Попри історичну й методологічну єдність наук, у школі між ними інколи утворюється штучний бар'єр. Практика показує кілька характерних труднощів:

- учні вивчають математичні поняття без розуміння їхнього використання у фізиці;
- у фізиці часто подають формули, але не показують, як вони були виведені;
- матеріали різних предметів подаються без координації вчителів;
- багато школярів бояться розрахунків, через що уникають фізичних задач.

На мою думку, такі труднощі виникають не через складність наук, а через недостатню інтеграцію навчального процесу. Учні не повинні сприймати фізику і математику як дві окремі реальності.

Позитивні тенденції сучасної освіти. Сьогодні простежується тенденція до зближення фізико-математичної освіти:

- НУШ акцентує на компетентнісному й міжпредметному навчанні.
- у старших класах дедалі більше уваги приділяється математичному моделюванню.
- використання цифрових лабораторій вимагає знань зі статистики та графічного аналізу.
- вчителі дедалі частіше створюють інтегровані уроки та проєктні роботи.

Ці тенденції свідчать про повернення до природної єдності наук, яка була характерною ще для епохи Ньютона.

Авторські міркування щодо сучасної ролі математики у курсі фізики. На мою думку, роль математики у фізиці сьогодні виходить далеко за межі «інструментарію для розрахунків». У школі вона повинна:

- формувати уявлення про модель світу;
- навчати мислити кількісно;
- допомагати учням розуміти логіку фізичних явищ;
- сприяти розвитку критичного й структурного мислення.

Фактично, математика у фізиці — це міст від спостереження до розуміння. Саме завдяки математичному апарату учні переходять від опису явища до його пояснення, від окремих фактів до системної картини.

Конкретні функції математики у шкільному курсі фізики. Щоб глибше оцінити роль математики, важливо розглянути її функції не абстрактно, а крізь призму реального навчального процесу. На мою думку, математика у фізиці виконує щонайменше такі ключові ролі:

1. *Функція формалізації.* Математичний запис дозволяє «стиснути» фізичну інформацію і зробити її універсальною. Наприклад, закон Гука у словесній формі є надто розмитим, але формула $F = kx$ одразу відкриває можливість для аналізу, графічних залежностей і прогнозів.

2. *Аналітична функція.* Учень отримує можливість досліджувати залежності: визначати максимум, мінімум, швидкість зміни, порівнювати величини. Без цього фізика стає лише описовим курсом.

3. *Моделювальна функція.* У старших класах саме моделювання (механічних, електричних, теплових систем) стає ядром навчання. Модель без математичної основи — лише якісна схема, не більше.

4. *Інтерпретаційна функція.* Математичний результат має бути зрозумілим у фізичному сенсі. Учнів часто потрібно спеціально навчати переосмислювати числовий або графічний результат у контексті реальності.

5. *Перевірна функція.* Математика дозволяє перевіряти відповідність результатів логіці: аналіз розмірностей, поведінки функцій, оцінка порядку величини. Це вчить учнів критично ставитися до власних обчислень.

Для повноцінного вивчення фізики необхідно, щоб ці функції працювали одночасно. Якщо якийсь компонент випадає, страждає розуміння теми.

Типові труднощі учнів у засвоєнні математичного апарату у фізиці. На основі власних спостережень під час навчання та роботи з учнями можна виділити кілька поширених проблем:

- *страх перед формулами.* Учень часто бачить у формулі «щось складне», хоча насправді це лише узагальнення простої закономірності.
- *нерозуміння зв'язку між графіком і формулою.* Хоча фізика базується на графічному мисленні, багато учнів сприймають побудову графіків як механічну операцію.

- *складність у роботі з пропорціями та рівняннями.* Навіть прості перетворення типу «знайти одну величину через інші» викликають труднощі, якщо у математиці вони не були закріплені практично.

- *відсутність навички оцінювання.* Учень рідко задумується: чи може тіло рухатися зі швидкістю 12000 м/с у побутовому контексті? Чи нормальна маса у результаті в 0.002 кг? Математичні помилки проходять непоміченими.

Ці труднощі не є ознакою слабких здібностей — вони вказують на недостатню інтеграцію предметів. Коли математика подається ізольовано, учень не бачить сенсу у засвоєнні її методів.

Педагогічні підходи до подолання проблем інтеграції. Щоб математика в курсі фізики працювала повноцінно, необхідно застосовувати продуману систему методів. На мою думку, найбільш ефективними є такі:

1. *Погодженість календарних планів.* Уроки фізики, що містять нові математичні поняття, бажано проводити після їх вивчення на математиці. Наприклад, уроки з похідних або логарифмів у фізиці повинні опиратися на вже сформовані математичні навички.

2. *Введення математичного інструменту через конкретні фізичні приклади.* Якщо учень бачить, що похідна — це «швидкість зміни позиції», а інтеграл — «накопичене значення», їхнє сприйняття стає значно легшим.

3. *Поступове ускладнення задач.* Варто починати з найпростіших лінійних залежностей, а вже потім переходити до складніших — квадратичних, логарифмічних, експоненціальних.

4. *Використання графічних методів як посередника між фізикою і математикою.* Графік — найкращий інструмент для розвитку інтуїції: учень бачить залежність до того, як починає працювати з числами.

5. *Розвиток культури перевірки результатів.* Важливо навчити учня не тільки розв'язувати задачу, а й перевіряти логіку отриманого результату: порівнювати порядок величин, аналізувати фізичний зміст.

Приклади з навчальної практики, що демонструють важливість математики

Приклад 1. Закон вільного падіння. Учні часто запам'ятовують формулу $h = \frac{gt^2}{2}$, але не розуміють її походження. Варто показати, що вона є наслідком простої параболи $x = at^2$, яку вони вивчали на математиці. Такий підхід одразу «роз'єднує туман» навколо формули.

Приклад 2. Побудова графіка залежності сили струму від напруги. Учні, що знають, що лінійна функція має форму прямої, швидко усвідомлюють закон Ома графічно. Ті, хто не пов'язує ці знання, просто механічно підставляють числа.

Приклад 3. Гармонічні коливання. Синусоїда є одночасно й математичною функцією, і моделлю фізичного процесу. Це чудовий приклад синтезу двох предметів. Коли учні розуміють її математичні властивості, вони краще усвідомлюють і фізичний зміст амплітуди, періоду, фази.

Авторське бачення сучасної ролі математики у фізичній освіті. На мою думку, сьогодні математика у фізиці має виконувати не лише функцію «інструменту для задач», а роль інтелектуального каркасу, на який спирається фізична модель світу. Важливо, щоб учень:

- бачив у формулі логіку явища, а не набір букв;
- розумів, що графік — це історія змінювання величини у часі чи просторі;
- сприймав математичні методи як спосіб пізнання природи;
- не боявся математичних труднощів, бо вони природні для фізики.

Фізика, подана без математичного підґрунтя, стає набором «цікавих фактів». Математика без фізики — набором абстракцій. Лише разом вони формують справжню наукову картину.

Таким чином, роль математики у фізиці є комплексною і багатовимірною. Історично вона була необхідною умовою розвитку фізичної науки, а сьогодні є основним інструментом формування якісного фізичного мислення учнів. Сучасна школа повинна прагнути не лише до технічної інтеграції предметів, а до глибинної: коли учень сприймає математичну форму як природний спосіб опису явищ, а фізику — як поле застосування математичних ідей.

1.3. Методологічні основи інтеграції фізики та математики в шкільній освіті

Інтеграція фізики та математики в сучасній шкільній освіті ґрунтується на необхідності формувати у здобувачів освіти цілісну наукову картину світу, де природні явища розглядаються не ізольовано, а в системі структурних взаємозв'язків. Методологічна основа такої інтеграції виходить із загальнонаукових принципів, психолого-педагогічних закономірностей навчання та особливостей логіки обох предметів.

Теоретико-методологічні підходи до інтеграції. У науково-педагогічній літературі виділяють кілька підходів до інтеграції навчальних дисциплін, які найбільш ефективно застосовуються у взаємозв'язку фізики та математики:

1. Системний підхід. Системний підхід передбачає розгляд математичних і фізичних понять як частин єдиної моделі природних явищ. Фізика описує об'єкти та їх властивості, а математика — зв'язки між цими об'єктами та динаміку процесів. Такий підхід дає змогу:

- краще зрозуміти причинно-наслідкові зв'язки;
- встановлювати відповідність між теоретичною моделлю та реальним процесом;
- формувати цілісне мислення.

На мою думку, системний підхід є базою для будь-якої інтеграції: без розуміння структури та логіки предмета поєднання окремих тем матиме фрагментарний характер.

2. Діяльнісний підхід. Діяльнісний підхід передбачає залучення учнів до активної пізнавальної діяльності: розв'язування задач, проведення експериментів, моделювання. У цьому контексті математика виступає інструментом діяльності, а фізика — сферою застосування. Під час інтегрованих завдань учні:

- вчаться переносити математичні прийоми у фізичні ситуації;
- розвивають алгоритмічне та логічне мислення;
- формують навички аналізу результатів експерименту.

У своїй педагогічній практиці я бачу, що учні значно краще засвоюють матеріал, коли математичні операції виконуються не «заради формули», а для пояснення конкретного досліду чи явища.

3. *Компетентнісний підхід*. Відповідно до Державного стандарту освіти, навчальний процес має орієнтуватися на формування ключових і предметних компетентностей. Інтеграція фізики та математики сприяє розвитку:

- *математичної* — уміння аналізувати дані, працювати з формулами, графіками, рівняннями;
- *природничої* — розуміння законів природи, уміння описувати та передбачати явища;
- *інженерно-технічної* — здатності застосовувати математичний апарат для розв'язання практичних задач.

Такий підхід наближує навчання до реальних потреб суспільства та сучасної науки.

Психолого-педагогічні засади інтеграції. Інтегративне навчання ґрунтується на особливостях мислення учнів. Відомо, що більшість школярів сприймають фізику як “складну через математику”, оскільки оперування символами вимагає високого рівня абстракції. Тому важливо:

1. *Забезпечувати поетапність формування понять*. Наприклад, перед введенням формули періоду коливач математично пояснити залежність величини від кореня з параметра.
2. *Показувати зв'язок між абстрактним і конкретним*. Учень має не лише обчислювати силу струму, а розуміти, як виміряти її на практиці.
3. *Формувати міжпредметні когнітивні зв'язки*. Це дає можливість переносити спосіб дій з математики у фізику та навпаки.

На мою думку, саме психологічний аспект часто випускається з уваги при викладанні: учень може знати формули, але не усвідомлювати логіку їх виведення. Інтегрований підхід допомагає “розвантажити” складні поняття через опору на знайомий матеріал іншого предмета.

Методологічні принципи інтеграції. На основі аналізу літератури та власних спостережень можна виділити кілька ключових принципів інтегрованого навчання фізики та математики:

1. *Принцип науковості.* Поняття слід подавати в узгодженій інтерпретації в обох предметах.

2. *Принцип узгодженості та наступності.* Важливо синхронізувати календарно-тематичні плани математики та фізики. Наприклад, математичне поняття синуса має передувати вивченню коливань.

3. *Принцип міжпредметної логічної єдності.* Формули та методи в обох предметах повинні мати єдине тлумачення.

4. *Принцип поетапної інтеграції.* Не варто перевантажувати уроки: спочатку вводяться прості поняття, пізніше – комплексні моделі.

5. *Принцип практичної спрямованості.* Інтеграція має демонструвати користь математики у реальних фізичних задачах.

На мою думку, саме цей принцип найбільш “мотивуючий” для учнів: показавши, як похідна допомагає знайти прискорення або як тригонометрія описує хвилі, ми відкриваємо для школяра новий рівень розуміння предметів. Інтеграція фізики та математики у шкільній освіті спирається на чіткі методологічні засади, що визначають, *як саме* ці предмети повинні взаємодіяти, які принципи забезпечують ефективність такого взаємопроникнення та яким чином ця взаємодія сприяє формуванню цілісної картини природничо-математичного світу учня.

Принцип наочності як місток між абстракцією і реальністю. Однією з ключових методологічних засад інтеграції є принцип наочності. У фізиці та математиці значна частина понять є абстрактними, тому завдання вчителя — створити умови, у яких абстрактний математичний опис є доступним через фізичний зміст. Важливо, щоб учні бачили, *як формула народжується з реальності*. Наприклад, під час вивчення теми “лінійна функція” на математиці можна паралельно обговорювати графік руху тіла в фізиці. Учень не просто бачить формулу $y = ax + b$, а розуміє, що це – пройдена відстань залежно від часу при рівномірному русі. Така наочність робить математику осмисленою, а фізику – зрозумілішою.

Принцип неперервності й послідовності змісту. Міжпредметна інтеграція вимагає узгодження змісту математичної і фізичної освіти. Часто у школі виникає дисбаланс: фізика випереджає математику або навпаки. Наприклад, поняття про синус, косинус і тангенс необхідні вже у 7–8 класах для вивчення механіки, але в математиці вони з'являються пізніше. Методологічно важливо забезпечити наступне: 1) математичні поняття вивчаються до того, як вони стають необхідними у фізичному курсі; 2) учитель фізики має можливість оперативно нагадати математичні основи перед введенням нового фізичного закону; 3) навчальні програми математики та фізики мають узгоджуватись або адаптуватись на рівні школи. Це дозволяє уникнути ситуацій, коли учень розуміє формулу, але не розуміє, звідки вона взялася математично.

Діяльнісний підхід як основа інтеграції. Сучасні методологи наголошують, що інтеграція предметів має відбуватись через спільні види діяльності учнів, а не лише через паралельний розгляд матеріалу. Це означає:

- учень не просто слухає пояснення, а *виконує дії*, що об'єднують обидва предмети;
- досліджує фізичні явища математичними методами;
- будує графіки, проводить обчислення, аналізує моделі;
- робить висновки, використовуючи як математичний апарат, так і фізичний зміст.

Такий підхід формує цілісні знання і розвиває науково-дослідницькі компетентності.

Принцип міжпредметної проблемності. Ефективна інтеграція відбувається тоді, коли перед учнями ставлять проблему, яка *вимагає* використання знань з обох предметів. Наприклад: а) визначити траєкторію руху кулі, використовуючи рівняння параболи; б) дослідити процес охолодження тіла та підібрати математичну модель експоненціального спаду; в) побудувати графік коливань пружини та визначити період через аналіз функції синуса. Такі завдання активізують мислення та показують учню, що знання мають практичний сенс.

Інтеграція через моделювання та цифрові технології. Сучасний етап розвитку освіти пропонує нові методологічні підходи, пов'язані з цифровими інструментами: а) комп'ютерні симуляції (PhET, GeoGebra); б) цифрові лабораторії; в) графічні моделюючі середовища. Цифрові технології роблять математичний апарат “видимим”. Учень бачить:

- як змінюється форма графіка при зміні параметрів формули;
- як математична модель описує реальний фізичний процес;
- як можна оцінити похибку чи зробити прогноз.

Цей напрям є одним із найбільш перспективних у сучасній методиці навчання, адже дозволяє поєднати експеримент, обчислення та аналіз в єдине ціле. На мою думку, методологічні основи інтеграції фізики та математики повинні будуватися на поєднанні трьох ключових компонентів:

1. *Змістовна єдність* — узгодженість програм і логічна послідовність вивчення понять.
2. *Діяльнісна активність учнів* — створення умов, за яких математичні методи є не “додатком”, а природним інструментом фізичного пізнання.
3. *Проблемно-дослідницький підхід* — формування задач, що вимагають міжпредметного мислення.

Інтеграція фізики та математики не повинна бути формальною. Її цінність полягає у тому, що учні починають бачити світ як систему закономірностей, які можна вимірювати, описувати та пояснювати — мовою точних наук.

Висновки першого розділу

У першому розділі було розглянуто теоретичні, історичні та методологічні основи інтеграції фізики та математики в шкільній освіті, що дало змогу всебічно обґрунтувати значення міжпредметних зв'язків для формування якісної природничо-математичної підготовки здобувачів освіти.

Проведений аналіз показав, що міжпредметні зв'язки фізики та математики є природною і необхідною складовою навчального процесу, оскільки обидві дисципліни оперують спільними логічними структурами, поняттями та методами.

Інтеграція цих предметів сприяє формуванню системного й критичного мислення, поглиблює розуміння фізичних законів і водночас надає математичним знанням практичного сенсу. Було підкреслено, що міжпредметність не зводиться до формального перенесення формул чи прийомів – вона повинна забезпечувати цілісне бачення явища та формувати здатність учня застосовувати знання у нових ситуаціях.

Розгляд історичного розвитку фізико-математичної взаємодії засвідчив, що математика завжди була не лише технічним інструментом фізики, а й джерелом розвитку її теорій. Від античних геометричних описів до сучасних тензорних і операторних методів — еволюція математичного апарату визначала напрям і глибину фізичних відкриттів. У сучасній освіті математика виконує низку ключових функцій: формалізаційну, аналітичну, моделювальну, інтерпретаційну та контролюючу. Відсутність належної інтеграції цих функцій у навчальному процесі часто зумовлює труднощі учнів при вивченні фізики.

Методологічний аналіз показав, що ефективна інтеграція фізики та математики повинна ґрунтуватися на системному, діяльнісному та компетентнісному підходах, які забезпечують логічну узгодженість змісту, активну участь учнів у навчанні, а також формування ключових навичок моделювання, аналізу та роботи з даними. Важливими умовами реалізації міжпредметних зв'язків визначено координацію навчальних програм, співпрацю вчителів, використання інтегрованих завдань, поступове ускладнення математичного апарату та опорність навчання на попередні знання.

Узагальнюючи результати теоретичного розділу, можна зробити висновок, що інтеграція фізики та математики є необхідною передумовою формування цілісної наукової картини світу в учнів, підвищення рівня їхньої мотивації та усвідомленості навчання. Реалізація міжпредметних зв'язків забезпечує не лише глибше засвоєння окремих тем, а й розвиток компетентностей, необхідних для подальшої освіти та професійної діяльності. Отже, інтеграція цих предметів має розглядатися як стратегічний напрям оновлення сучасної шкільної освіти, який потребує методичної продуманості, системності та цілеспрямованої педагогічної підтримки.

2. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ФІЗИКИ І МАТЕМАТИКИ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

2.1. Використання математичних методів у розв'язанні фізичних задач

Розв'язування фізичних задач є ключовим елементом шкільного курсу фізики, адже саме в задачах учень застосовує теоретичне знання, осмислює його й перевіряє на практиці. Математика при цьому виступає не просто інструментом обчислень, а *засобом логічного структурування задачі*, побудови моделі явища та отримання кількісних результатів. Тому математичні методи в фізиці — це не додатковий елемент, а фундаментальний компонент навчального процесу.

Математичні методи як інструмент побудови фізичної моделі. Будь-яка фізична задача починається з моделювання реального процесу. Учні повинні виконати низку операцій:

1. Виділення головних величин (маса, сила, швидкість, опір, напруга тощо).
2. Формування математичних співвідношень між ними.
3. Перехід від опису словами до формульного представлення.

Наприклад, у задачі на рух тіла під дією сили корисно проводити учня через логічний ланцюжок: спостереження → закон → формула → числове розв'язання → аналіз результату. На мою думку, саме цей етап часто ігнорується у школі: учні відразу переходять до підстановки чисел, уникаючи етапу осмислення. У результаті вони “вміють рахувати, але не розуміють, що рахують”. Тому важливо навчати учнів саме математичному моделюванню як важливої практичної навички.

Використання алгебраїчних методів. Алгебра в шкільному курсі фізики забезпечує:

- розв'язання рівнянь та систем рівнянь, що описують фізичні закони;
- перетворення формул, необхідні для отримання нових залежностей;
- пошук невідомих величин шляхом логічних операцій над символами.

Наприклад, у механіці учні постійно працюють з рівняннями руху:

$$v = v_0 + at,$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2},$$

і вчать знаходити невідомі величини за умовою задачі.

На мою думку, важливо пояснювати не лише техніку підстановки чисел, а й *фізичний зміст кожної величини* – це дозволяє учням усвідомити структуру процесу.

Графічні методи. Графіки – це один із найефективніших способів інтегрувати фізику та математику. Учні можуть:

- визначати фізичні величини за тангенсом кута нахилу графіка (похідна);
- знаходити площі під графіком (інтеграл);
- аналізувати зміни процесу у часі.

Навіть базове вміння будувати графік своєї залежності часто різко підвищує розуміння теми. Наприклад, графік залежності $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$ дозволяє учню побачити динаміку руху тіла, а не просто формулу.

Тригонометрія як інструмент для розв’язання просторових задач. Важливу роль тригонометричні функції відіграють у таких темах шкільного курсу фізики:

- коливання і хвилі;
- оптика;
- електрика й магнетизм (фази, амплітуди, вектори).

Наприклад, у темі хвиль учні оперують формулою хвильового процесу $y = A \sin(\omega t + kx)$, і мають розуміти, що змінюється, коли змінюється аргумент функції. Це приклад прямої інтеграції математичних понять у фізику.

Елементи математичного аналізу в шкільній фізиці. Хоча в шкільному курсі не вивчається повноцінний математичний аналіз, його ідеї широко використовуються:

- похідна описує швидкість та прискорення;

- інтеграл використовується для розрахунку роботи сили, кількості електрики тощо;
- диференціальні рівняння зустрічаються у простих моделях електричних кіл.

Вчитель не має на меті формально навчити учнів інтегрувати чи диференціювати. Завдання полягає в тому, щоб пояснити фізичний зміст математичної операції. Наприклад: похідна — це швидкість миттєвої зміни величини; інтеграл — це накопичення значення фізичної величини.

На мою думку, існує кілька типових проблем, які заважають ефективному використанню математичних методів на уроках фізики:

1. Учні часто сприймають формули як набір символів, а не як відображення реальних процесів.
2. Математичний апарат подається відокремлено від фізики, через що зв'язок між предметами слабшає.
3. Недостатньо уваги приділяється графічним методам, хоча вони часто інтуїтивно зрозуміліші за формули.
4. Учні бояться “складних” математичних виразів, особливо коли вони довші за звичні лінійні формули.

Для подолання цих проблем пропоную такі педагогічні кроки:

- активне використання інтегрованих завдань (наприклад, задачі, де одночасно використовуються математичні теми з поточного курсу);
- роботу з графіками на кожному уроці, де це можливо;
- пояснення фізичного сенсу кожної операції;
- застосування цифрових симуляцій для моделювання залежностей між величинами.

Ефективне розв'язання фізичних задач неможливе без цілеспрямованого застосування математичних методів, які виступають інструментом для кількісного опису моделі, аналізу умов та отримання точних результатів. У шкільному курсі фізики математика виконує роль не лише обчислювального засобу, але й логічного механізму, що допомагає учневі вибудовувати послідовність міркувань.

Саме тому важливо, щоб учні не просто “вставляли числа у формули”, а розуміли математичний зміст кожного етапу розв’язання задачі.

Математичні методи як основа формування наукового мислення. На практиці математичні прийоми формують у школярів культуру мислення, засновану на доказовості, логічності й здатності аналізувати залежності. Наприклад:

- запис рівнянь у загальному вигляді привчає учнів працювати не зі спеціальними випадками, а з універсальними закономірностями;
- побудова графіків допомагає краще зрозуміти характер залежності між величинами (лінійність, пропорційність, періодичність);
- використання похідних розкриває глибинний зміст понять швидкості та прискорення;
- інтегрування дозволяє визначати роботу, шлях, зміну енергії в складних випадках.

Таким чином, математичні методи не є самоціллю — вони допомагають будувати логічно завершену модель фізичного явища.

Математичне моделювання як сучасний підхід. Сьогодні дедалі більшої ваги набуває метод математичного моделювання, який передбачає:

1. Формулювання проблеми та ідеалізацію системи,
2. Вибір математичного апарату,
3. Розв’язання рівнянь або аналіз отриманих формул,
4. Інтерпретацію і порівняння результатів з реальністю.

Шкільні приклади математичного моделювання включають:

- моделювання руху тіла під дією сили тяжіння;
- визначення періоду математичного маятника;
- аналіз коливального процесу в електричному колі;
- прогноз температури тіла за законом охолодження Ньютона;
- моделювання оптичних явищ через побудову променевих схем.

Важливим, на мою думку, є те, що учні повинні бачити логіку “від моделі — до явища”, а не навпаки. Такий підхід допомагає сформувати здатність переносити математичні знання на пояснення реальних процесів.

Проблеми та труднощі використання математичних методів у школі. У своїй педагогічній практиці та аналізуючи досвід колег, я виділяю кілька ключових труднощів:

1. *Нестача математичної бази.* Часто учні не вміють виконувати елементарні перетворення, що ускладнює роботу з фізичними формулами.
2. *Формалізм у вивченні фізики.* Учень знає формулу, але не розуміє її походження та змісту.
3. *Проблеми з графічним мисленням.* Хоча графіки — це один із найпотужніших інструментів аналізу, учні нерідко не можуть їх правильно побудувати або інтерпретувати.
4. *Страх перед рівняннями.* Частина дітей сприймає математику як щось “надто складне”, тому автоматично починає уникати задач складнішого рівня.

На мою думку, вирішенням може бути систематична робота над інтеграцією понять, коли на уроках фізики повторюються необхідні математичні прийоми, а на уроках математики вводяться приклади з фізичним змістом.

Практичні стратегії для підвищення ефективності. Для вдосконалення використання математичних методів у фізиці доцільно:

- застосовувати проблемні задачі, де потрібен аналіз залежностей, а не автоматичне обчислення.
- ілюструвати кожну формулу конкретним фізичним змістом, графіком або експериментом.
- використовувати комп’ютерні симуляції (GeoGebra, PhET), які дозволяють бачити результат зміни параметрів у реальному часі.
- вводити задачі з кількома способами розв’язання — графічним, аналітичним і якісним.
- навчати учнів перевіряти отриманих результатів через аналіз розмірностей, граничних випадків або співставлення з експериментом.

Авторське узагальнення. На мою думку, головне завдання вчителя – навчити учня бачити математику як інструмент пізнання, а не бар’єр. Коли дитина розуміє, що математичний розрахунок — це спосіб “зазирнути” у фізичний процес, вона починає більш усвідомлено підходити до вивчення обох предметів. Саме в такому міжпредметному підході я бачу основу сучасної природничої освіти.

Використання математичних методів у фізиці не обмежується лише обчисленнями – це, насамперед, спосіб мислення, що дозволяє перетворити реальне фізичне явище на модель, яку можна дослідити, проаналізувати та передбачити її поведінку. Саме тому математичний апарат у шкільному курсі фізики відіграє фундаментальну роль: він є інструментом аналізу, пояснення та перевірки закономірностей природи.

Аналітичні методи та їх значення. Аналітичні методи дають змогу встановлювати функціональні залежності між фізичними величинами. Учень, розв’язуючи задачу, не просто підставляє числа, а має зрозуміти, як одна величина впливає на іншу. Наприклад:

- залежність $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ для математичного маятника дозволяє пояснити,

чому зміна довжини нитки впливає на період коливань, тоді як маса тіла – ні.

- закон Ома у вигляді $I = \frac{U}{R}$ показує лінійну залежність сили струму від

напруги і обернену від опору, що легко інтерпретується графічно.

На мою думку, важливо, щоб учні вчилися не лише отримувати формули, а й аналізувати їх структуру: що відбувається з системою при зміні тієї чи іншої величини, чи можливі граничні випадки, якого фізичного змісту вони набувають. Такий підхід перетворює формулу з “інструмента для обчислень” на “інструмент для розуміння”.

Графічні методи як основа для інтуїтивного фізичного мислення. Графіки — один із найпотужніших способів візуалізації фізичного процесу. У шкільному курсі фізики графічні методи допомагають:

- описати рух тіла за допомогою залежностей $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$;
- показати нелінійний характер теплових процесів;
- проілюструвати залежність сили струму від напруги для нелінійних провідників;
- наочно пояснити резонанс та інші хвильові явища.

Графічний аналіз фактично розвиває в учнів уміння “бачити фізику”. Наприклад, за графіком швидкості легко визначити характер руху: чи тіло рівномірно рухається, чи прискорюється, чи змінює напрям. Це формує інтуїтивне розуміння причинно-наслідкових зв’язків. У своїй практиці я переконаний, що учні часто краще засвоюють матеріал саме через графіки, ніж через алгебраїчні формули. Можливо, тому що графік дає “живу картину” процесу.

Роль геометричних методів та перетворення величин. Геометричні методи особливо важливі під час вивчення оптики, статички та магнетизму:

- побудова зображень у лінзах ґрунтується на перетині променів;
- вектори сили дозволяють знаходити рівнодійну геометрично;
- правило буравчика і трійкового добутку є прикладами геометричного опису просторових явищ.

Учні часто сприймають геометричні методи як “простий малюнок”, але насправді це міст між повсякденним досвідом і абстрактною моделлю. Тому вчителю важливо не знецінювати ці методи, а систематично впроваджувати їх.

Методи математичного моделювання. Моделювання стає ключовим елементом сучасного навчання, тому що:

- дозволяє розглядати складні системи (рух у полі сили, хвильові процеси);
- формує навички самостійного дослідження;
- поєднує знання з математики, фізики та інформатики.

Навіть прості моделі (наприклад, симуляція руху тіла під дією сили тяжіння) формують у школярів уявлення про структуру реального фізичного світу. Особисто я вважаю, що саме математичне моделювання буде ключовою

компетентністю майбутніх інженерів та дослідників, і його треба вводити у шкільний курс поступово, у формі доступних задач.

Застосування рівнянь та їх фізична інтерпретація. Формули та рівняння у фізиці мають не лише обчислювальний, а й логічний зміст. Учень має вміти пояснити:

- що означає кожен член рівняння;
- чому величини пов'язані саме таким чином;
- які обмеження має формула;
- які фізичні явища не охоплюються цією моделлю.

Наприклад, рівняння ідеального газу описує поведінку реальних газів лише частково — це важливо усвідомлювати, щоб не сприймати його як “абсолютну істину”.

Авторські міркування щодо ролі математичних методів. На мою думку, часто проблема шкільного навчання полягає в тому, що учнів змушують механічно “підставляти формули”, що не розвиває ані фізичного, ані математичного мислення. Натомість завдання повинні:

- стимулювати пошук моделі;
- включати аналіз умов;
- пропонувати різні способи розв'язання (аналітичний, графічний, логічний);
- мати практичний чи життєвий контекст.

Таким чином математичні методи стають не метою, а засобом для розуміння природи.

2.2. Методика проведення інтегрованих уроків з фізики та математики

Інтегровані уроки є однією з найефективніших форм реалізації міжпредметних зв'язків у навчанні фізики та математики. Вони дозволяють одночасно розглядати теоретичні поняття двох дисциплін, встановлюючи між ними причинно-наслідкові зв'язки, демонструючи єдність наукової картини світу

та формуючи в учнів системне мислення. На сьогодні інтегровані уроки активно використовуються в сучасній педагогічній практиці, особливо в контексті компетентнісного підходу та впровадження STEM-освіти.

Педагогічна сутність інтегрованих уроків. Інтегрований урок — це навчальне заняття, у якому навчальний матеріал з двох або більше дисциплін поєднаний на основі спільної проблеми, теми або способу діяльності. Така форма навчання дає можливість:

- показати учням зв'язок між абстрактними математичними поняттями і реальними фізичними процесами;
- підвищити мотивацію до вивчення обох предметів через практичну доцільність знань;
- формувати ключові компетентності (інформаційні, математичні, дослідницькі);
- створювати ситуації успіху для учнів з різними навчальними стилями.

На мою думку, інтегровані уроки — це не просто “змішування” тем, а продумана діяльність, де кожен змістовий компонент доповнює інший. Правильно організована інтеграція дозволяє уникати дублювання матеріалу й одночасно підсилювати розуміння складних понять.

Методи проведення інтегрованих уроків. На практиці в школах використовуються різні методичні підходи до проведення інтегрованих уроків. Найбільш ефективними можна вважати такі:

1. Тематична інтеграція. Фізичні та математичні поняття розглядаються одночасно в межах єдиної теми. Наприклад:

- «Лінійна функція та рівномірний рух»
- «Похідна та швидкість миттєвого руху»
- «Синусоїда: тригонометрія та гармонічні коливання»
- «Логарифми та шкала децибелів».

Такий підхід є найбільш поширеним, оскільки дозволяє розглядати один і той самий об'єкт з різних сторін.

2. *Інтеграція через розв'язування задач.* Учні виконують задачі, які одночасно потребують математичних обчислень і фізичного змістового аналізу. Наприклад:

- визначення періоду коливань математичного маятника за формулою, що містить корінь;
- розв'язання задачі на напруженість електричного поля через графік залежності $E(r)$;
- застосування систем рівнянь для аналізу руху тіл у різних напрямках.

На мою думку, це один із найрезультативніших методів, бо учні одразу бачать практичну необхідність математичних знань.

3. *Інтегровані лабораторні роботи.* Сюди належать роботи, у яких вимірювання поєднані з математичними обчисленнями, побудовою графіків та аналізом даних. Приклади:

- експериментальне визначення залежності сили тертя від нормальної сили та побудова графіка прямої пропорційності;
- вимірювання періоду коливань пружинного маятника та визначення жорсткості пружини через регресійний аналіз.

Інтегровані лабораторні роботи особливо ефективні, оскільки дають змогу поєднати теорію, експеримент та аналіз даних.

4. *Проектно-дослідницький підхід.* Учні виконують спільний фізико-математичний міні-проект. Наприклад:

- дослідження залежності дальності польоту тіла від кута кидання;
- аналіз енергоспоживання побутових приладів та побудова математичної моделі;
- моделювання руху планет за законами Кеплера з використанням графічних методів.

Такі проекти формують у школярів навички самостійного пошуку інформації, аналізу й побудови моделей.

Переваги інтегрованих уроків для учнів. З власних міркувань та педагогічних спостережень можу відзначити такі ключові переваги:

1. *Глибше розуміння складних понять.* Учні починають усвідомлювати, що формула — це не набір символів, а відображення реальних процесів.

2. *Зростання інтересу до предметів.* Коли учень бачить практичну цінність знань, мотивація автоматично підвищується.

3. *Розвиток критичного й логічного мислення.* Інтеграція вимагає встановлення зв'язків, порівняння моделей, аналізу результатів.

4. *Підготовка до майбутньої професійної діяльності.* Більшість сучасних професій передбачають міждисциплінарність (інженерія, ІТ, енергетика, технічна освіта).

Труднощі інтеграції змістовно-процесуальних аспектів навчання математики і фізики та шляхи їх подолання. Попри численні переваги, інтегровані уроки мають і певні труднощі:

- потреба у синхронізації навчальних програм. Часто математичні теми проходять пізніше, ніж вони потрібні в курсі фізики.
- недостатня підготовка вчителів до інтегрованих форм навчання.
- великі витрати часу на підготовку уроку.

Запропоновані шляхи вирішення:

1. Попередні інтеграційні міні-вставки. Наприклад, учитель фізики може коротко пояснити тригонометричні функції до того, як вони вивчаються на математиці.

2. Спільна підготовка уроків учителями фізики та математики. Це дозволяє бачити загальну картину.

3. Використання цифрових ресурсів: симуляцій, графічних інструментів, онлайн-досліджень. Вони скорочують час на підготовку і роблять уроки більш інтерактивними.

Авторське узагальнення. На мою думку, інтегровані уроки – це один із ключових інструментів модернізації навчального процесу. Вони сприяють формуванню світогляду, в якому математика та фізика виступають не окремими предметами, а взаємодоповнювальними елементами загальної природничо-

наукової освіти. Такий підхід особливо актуальний у сучасних умовах розвитку технологій, де успіх залежить від здатності поєднувати знання з різних галузей.

Інтегровані уроки з фізики та математики стають одним із найефективніших способів формування цілісної природничо-математичної картини світу в учнів. Вони демонструють, що ці два предмети не існують окремо, а навпаки, взаємодоповнюють одне одного, оскільки кожне фізичне явище має математичне підґрунтя, а кожна математична модель має фізичне втілення. Розширене застосування інтегрованих уроків дозволяє уникнути дублювання матеріалу, підвищує мотивацію учнів та створює передумови для розвитку компетентностей, визначених НУШ.

Методичні умови ефективного проведення інтегрованого уроку. Щоб інтегрований урок був результативним, важливо дотримуватися певних методичних принципів:

1. Дидактична узгодженість змісту. Матеріал як з фізики, так і з математики має бути підібраний так, щоб він логічно взаємопов'язувався та підсилював один одного. Наприклад:

- вивчаючи на математиці лінійні та квадратні функції, доречно паралельно розглянути графіки залежностей фізичних величин: швидкості, прискорення, енергії;
- під час вивчення синуса та косинуса у математиці – доцільно демонструвати гармонічні коливання в фізиці.

2. Визначення провідної мети уроку. Інтеграція не означає, що урок має дві однаково великі цілі. Як правило, одна з них — провідна. Наприклад:

- провідна мета з фізики: навчитися будувати графіки руху;
- математична мета: закріпити навички роботи з лінійними функціями.

Такий підхід допомагає вчителю зробити урок цілісним і не “розпорошити” увагу учнів.

3. Наявність проблемної ситуації. Однією з ключових умов успіху інтегрованого уроку є створення проблеми, яку неможливо розв'язати без використання знань з обох предметів. Наприклад:

- «Чому кут нахилу графіка швидкості визначає прискорення?»
- «Чому рівняння гармонічних коливань записують саме у вигляді синусоїди?»
- «Як математичний апарат дозволяє передбачити поведінку фізичної системи?»

Проблемна ситуація активізує мислення учнів, сприяє самостійному пошуку рішень.

Приклади успішних моделей інтегрованих уроків

1. *Модель «Фізика + Математика: єдиний підхід до задач».* Учні розв'язують комплексні задачі, в яких математичні методи виступають не лише інструментом обчислень, а й засобом аналізу фізичних процесів. Наприклад:

- побудова графіка швидкості з подальшим визначенням площі під графіком як шляху (інтеграл);
- знаходження періоду коливань маятника через пропорції та лінійні функції;
- аналіз складних залежностей у термодинаміці через системи рівнянь.

2. *Модель «Історична інтеграція».* Дидактична ідея: показати, що фізика і математика розвивалися не окремо, а паралельно. Наприклад:

- урок, присвячений відкриттю диференціального числення Ньютоном та Лейбніцем, із застосуванням похідної до рівняння руху;
- інтеграція матеріалу про роботи Ома, Фарадея, Максвелла з математичним аналізом складних залежностей електричних величин.

Такий підхід формує у школярів наукове мислення та повагу до історико-наукового контексту.

3. *Модель «Цифрова інтеграція».* Використання програм:

- GeoGebra,
- Desmos,
- PhET Simulation,
- Python (елементарні скрипти),
- GrafIt.

Цифрові інструменти дозволяють моделювати рух, коливання, електричні кола та робити математичний аналіз отриманих результатів (наприклад, апроксимація експериментальних даних).

Педагогічні переваги інтегрованих уроків.

1. *Фінкціональна грамотність.* Учні навчаються застосовувати знання з різних предметів одночасно – це ключова вимога сучасної освіти та міжнародних оцінювань (PISA).

2. *Глибше розуміння фізичних процесів.* Математика допомагає «сформулювати питання», а фізика – «дати відповідь». На інтегрованому уроці ці ролі чітко проявляються.

3. *Розвиток критичного і логічного мислення.* Учні не просто підставляють числа у формули, а розуміють:

- що означає кожен параметр;
- чому формула має саме такий вигляд;
- яку модель вона описує.

4. *Підвищення мотивації.* Особливо ефективними інтегровані уроки є для учнів з математичним складом мислення. Їм легше бачити реальні застосування математики, що зменшує кількість “формальних знань”.

Особисті міркування щодо розвитку інтегрованого навчання. На мою думку, інтегровані уроки особливо цінні не тим, що «економлять час» чи «спрощують навчання», а тим, що показують природність єдності фізичного та математичного світу. Учень починає розуміти, що рівняння — це не просто набір символів, а реальна модель явища, яку можна спостерігати, аналізувати, перевіряти. Доцільно також звернути увагу на те, що інтегровані уроки повинні проводитися не епізодично, а систематично, відповідно до логіки шкільного курсу. Тоді їхній ефект буде максимальним.

Інтеграція як засіб подолання фрагментарності знань. Однією з ключових проблем сучасної освіти є розрив між предметами: учні часто сприймають математику та фізику як не пов'язані дисципліни, що існують «паралельно». Через це вони не завжди усвідомлюють, що математичний апарат — це не

формальна складова фізики, а частина її сутності. Інтегровані уроки дозволяють подолати цю фрагментарність і формувати системне бачення природничих процесів. На мою думку, найцінніше в інтегрованих уроках те, що учні бачать причинно-наслідкові зв'язки: як математична формула народжується з фізичного явища, як графік відображає реальну динаміку процесу, як абстрактне поняття похідної набуває конкретного фізичного змісту через прискорення або силу.

Типи інтегрованих уроків, які найбільш ефективні. За власними спостереженнями та аналізом педагогічного досвіду, можна виокремити кілька моделей інтегрованих уроків, які показують найкращий результат у школах:

1. Уроки-концептуалізації. Сенс таких уроків — вводити фізичні поняття через математичні моделі. Наприклад:

- поняття лінійної функції — на прикладі рівномірного руху;
- похідна — через зміну швидкості;
- квадратні функції — через опис руху тіла, кинутого горизонтально або вертикально.

Такі уроки особливо корисні у 9–11 класах, коли учні вже мають базу з алгебри.

2. Уроки-практикуми. Це той формат, де інтеграція проявляється особливо яскраво: учні виконують вимірювання, будують графіки, аналізують дані. Наприклад:

- визначення прискорення вільного падіння через лінійну регресію виміряних даних;
- побудова графіків залежності сили струму від напруги та визначення опору провідника;
- експеримент із визначення коефіцієнта тертя з використанням тригонометричних функцій.

Тут математика стає інструментом реального дослідження.

3. Уроки-дослідження. Учні отримують проблему, яку можуть розв'язати лише застосувавши знання з обох предметів. Наприклад:

- «Чому траєкторія планет — еліпс?»

- «Як математично описати коливання струни?»
- «Модель ослаблення радіації за експоненціальним законом».

Такий формат найбільше розвиває мислення, бо учень змушений синтезувати знання.

4. *Проектні уроки.* Проєкти можуть бути короткотерміновими (1–2 тижні) або довгостроковими (семестр). Приклади проєктів:

- «Створення математичної моделі руху автомобіля містом»
- «Аналіз економічності електроприладів на основі фізичних формул»
- «Комп'ютерне моделювання коливань маятника»

Це особливо ефективно в старшій школі, де учні можуть самостійно шукати інформацію.

Педагогічні умови успішності інтегрованих уроків. Педагогічний досвід вчителів-практиків математики і фізики свідчить, що інтеграція не буде ефективною, якщо: а) вона формальна, б) зводиться до механічного використання формул, в) не має логічного переходу від одного предмета до іншого. На мою думку, для того щоб інтеграція була справді результативною, потрібні такі умови:

1. Цілісне планування навчального матеріалу. Учитель фізики й учитель математики мають узгоджувати теми, щоб учні отримували математичні інструменти до моменту їх застосування в фізиці.

2. Свідоме акцентування на зв'язках. Важливо прямо вказувати учням: «Ось це знання з математики дозволяє нам глибше зрозуміти фізичний закон».

3. Використання візуальних моделей і графічних методів. Графіки, схеми, вектори – те, що робить інтеграцію очевидною.

4. Рефлексія після уроку. Учні мають відповідати на запитання:

- Що нового я зрозумів завдяки поєднанню фізики та математики?
- Як математика допомогла пояснити фізичне явище?

5. Застосування цифрових інструментів. Симулятори (PhET, GeoGebra), графічні калькулятори, програми збору даних значно полегшують інтегровану діяльність.

Власні методичні пропозиції. Я вважаю, що інтегровані уроки мають бути не рідкісним явищем, а регулярною складовою навчального процесу. Пропоную кілька практичних методичних рішень:

- створювати *мікроставки* з математики на уроці фізики (5–7 хвилин), де акцент робиться на інтерпретації формул.
- використовувати принцип «одне явище — три подання»: математична модель, графік, фізичний експеримент або відеосимуляція.
- Запроваджувати короткі інтегровані міні-тести з 2–3 запитаннями, де математичний розрахунок поєднується з фізичним змістом.
- Вводити «інтегровані задачі», у яких математична складова не просто частина розрахунку, а ключ до розуміння фізики.

На мою думку, саме такі методи формують багаторівневе бачення світу, де природні явища не існують окремо від їх математичного опису. Отже, інтегровані уроки фізики та математики – це інноваційний, але водночас практично обґрунтований метод навчання, що дозволяє:

- підвищити якість знань,
- сформувати міжпредметне мислення,
- розвивати аналітичні та дослідницькі компетентності учнів.

І найголовніше – такі уроки допомагають учням бачити реальний зміст формул, а не сприймати їх як набір символів.

2.3. Дослідницькі та проєктні роботи як засіб розвитку міжпредметного мислення учнів

Одним із ключових завдань сучасної освіти є формування в учнів умінь самостійно ставити питання, шукати інформацію, аналізувати отримані дані та робити висновки. Ці компетентності нерозривно пов'язані з дослідницькою діяльністю, яка природним чином інтегрує знання з фізики та математики. Саме тому проєктні та дослідницькі роботи розглядаються не як додатковий елемент

навчального процесу, а як важливий педагогічний інструмент, що дозволяє реалізувати міжпредметні зв'язки на практиці.

Розвиток наукового мислення через міжпредметні дослідження.

Дослідницькі роботи з фізики практично завжди передбачають застосування математичного апарату: обробку експериментальних даних, побудову графіків, визначення похибок, створення математичних моделей. Тому інтеграція двох дисциплін у проєктній діяльності відбувається природно. Наприклад, у роботі над проєктом “Вивчення залежності сили струму від напруги в електричному колі” учень не просто проводить експеримент, а й:

- будує графік залежності $I = f(U)$,
- застосовує метод найменших квадратів для визначення апроксимаційної прямої,
- аналізує похибки вимірювань,
- порівнює отриману величину опору з теоретичним значенням.

У результаті учень усвідомлює, що математична модель — це не абстрактна формула, а реальний опис процесу, який він бачить і вимірює власноруч.

Проєктна діяльність як фактор мотивації. Власні спостереження та робота з учнями показують, що проєктна діяльність значно підвищує інтерес до вивчення фізики та математики. Учні набагато активніше долучаються до тем, які мають практичне застосування, а інтегровані проєкти демонструють користь і необхідність знань із різних предметів. Це особливо важливо в умовах сучасних освітніх реформ, які спрямовані на формування компетентнісного підходу.

Проєкти на кшталт «Дослідження енергоефективності шкільного приміщення», «Моделювання руху тіла під дією сили тяжіння» чи «Аналіз роботи сонячної панелі» наочно демонструють, що: а) без фізики не можна зрозуміти явище; б) без математики неможливо його описати чи кількісно оцінити. Це формує у школярів природне міжпредметне мислення, яке є надзвичайно важливим для сучасної науки й техніки.

Приклади інтегрованих дослідницьких тем. Для ефективного розвитку міжпредметного мислення учням пропонуються такі теми проєктів:

- “Визначення прискорення вільного падіння методом математичної апроксимації” — поєднання експерименту з регресійним аналізом.
- “Оптичні властивості води: вимірювання показника заломлення через аналіз експериментальних даних”.
- “Дослідження коливань маятника з використанням тригонометричних функцій”.
- “Математичне моделювання руху автомобіля під час гальмування”.
- “Аналіз тепловтрат будівлі: побудова математичної моделі”.

Такі проєкти дають можливість учневі відчувати себе дослідником, а також наочно побачити, як тісно пов’язані між собою різні галузі знань. На мою думку, проєктна діяльність є одним із найефективніших інструментів для розвитку міжпредметного мислення, але її потенціал у школі використовується не повністю. Часто проєкти виконуються формально, без глибокого аналізу, або ж вчителі уникають складних математичних методів, боячись перевантажити учнів. Однак досвід показує, що навіть учні середнього рівня можуть опанувати елементи математичного моделювання, якщо навчання побудоване послідовно і доступно. Важливо також формувати в учнів уміння презентувати результати своєї роботи: оформлювати графіки, пояснювати математичні розрахунки, робити висновки. Це навчає їх не лише аналізувати дані, а й аргументовано захищати свою точку зору, тобто формує критичне та дослідницьке мислення.

Одним із ключових завдань сучасної освіти є формування в учнів уміння самостійно ставити проблему, знаходити інформацію, аналізувати її, будувати припущення та перевіряти їх експериментально або теоретично. Саме тому дослідницькі та проєктні роботи поступово займають помітне місце у навчальному процесі з фізики, а їх ефективність значно зростає при залученні математичних методів.

Взаємодія дослідження і міжпредметності. Здійснюючи дослідницькі роботи, учні закономірно звертаються до математичних інструментів — вимірювання, обчислення, побудова графіків, аналіз функцій, моделювання процесів. Така діяльність інтегрує знання з двох предметів природничо-

математичного циклу та створює ситуацію реального наукового пошуку, а не формального виконання лабораторної роботи.

На мою думку, саме дослідження найбільш природно формує міждисциплінарне мислення, оскільки ставить учня в умови, де фізичний зміст і математичний апарат взаємно доповнюють одне одного. Учень розуміє, що без правильно підібраної математичної моделі експеримент може не дати відповіді, а без фізичного аналізу — модель залишиться абстрактною схемою.

Приклади дослідницьких робіт, що поєднують фізику і математику:

1. *Дослідження гармонічних коливань.* Учні можуть знімати часові характеристики коливань маятника, а далі — будувати графіки залежності $T = f(l)$, виконувати лінійну апроксимацію, визначати похибки та робити висновки щодо справедливості формули Ньютона. Саме тут з'являється реальний сенс математичного аналізу.

2. *Вимірювання прискорення вільного падіння.* Використання методу найменших квадратів при побудові графіка залежності шляху від квадрата часу показує учням, що математика дозволяє зменшити вплив експериментальної похибки.

3. *Моделювання руху автомобіля або снаряда.* Учні можуть виконувати обчислення вручну або в середовищах GeoGebra, Excel, Python. Так проєкт стає не лише фізичним, а й цифровим, з акцентом на сучасні компетентності.

4. *Дослідження енергоспоживання побутових приладів.* Діти вимірюють енергоспоживання реальних пристроїв, а потім будують математичні моделі витрат, прогнозують річне споживання та порівнюють його з тарифами. Такий проєкт близький до реального життя, що підвищує мотивацію.

Переваги проєктної діяльності у формуванні інтегрованого мислення.

Проєктна діяльність стимулює учнів не просто повторювати відомі закони, а самостійно відкривати їх у практиці. Вона:

- розвиває логічне і критичне мислення, оскільки учні повинні обґрунтовувати вибір математичних методів;

- формує навички планування, адже проєкт вимагає структурування етапів та ресурсів;
- сприяє кращому розумінню фізичних процесів, бо математичний аналіз змушує “подивитися на явище під мікроскопом”;
- підвищує самооцінку учнів, оскільки вони відчувають себе дослідниками, а не пасивними слухачами.

На мою думку, проєктні роботи дають учням відчуття свободи та творчості: вони можуть обрати цікаву тему, самостійно визначити хід дослідження, провести аналіз результатів. Саме у таких умовах міжпредметні зв'язки стають не декларацією, а реальним інструментом навчання.

Проблеми та виклики реалізації інтегрованих проєктів. Попри значну ефективність, дослідницькі й інтегровані проєкти мають низку труднощів:

1. *Недостатня підготовка учнів у математиці.* Деякі школярі бояться математичних розрахунків або складних графіків. Тому вчителю важливо дозувати матеріал і пояснювати його доступно.

2. *Обмеженість часу на уроках.* Проєктні роботи часто виходять за межі стандартного навчального часу, тому доцільно переносити частину роботи у позакласну діяльність або дистанційний формат.

3. *Необхідність сучасного вимірювального обладнання.* Шкільні кабінети не завжди забезпечені датчиками, комп'ютерами, програмами. Частково проблему можна вирішити використанням смартфонів та онлайн-застосунків.

4. *Потреба у співпраці між вчителями фізики та математики.* Для ефективної інтеграції важливо, щоб учителі узгоджували теми та спільно планували проєкти. Це вимагає додаткового часу і бажання колективу до співпраці.

Висновки щодо ролі дослідницьких робіт у розвитку міжпредметного мислення. Дослідницькі та проєктні роботи створюють оптимальні умови для інтеграції фізики і математики, оскільки природним чином поєднують експериментальний та аналітичний підходи. Вони допомагають учням побачити

реальну цінність математичних знань у розумінні фізичних явищ, розвивають уміння працювати з даними, формулювати висновки та прогнозувати результати.

На мою думку, саме така діяльність формує основу для майбутньої наукової або інженерної роботи учнів, сприяє розвитку креативності, відповідальності та самостійності. Тому впровадження дослідницьких проєктів має стати невіддільною частиною сучасної шкільної фізичної освіти. Використання дослідницьких і проєктних робіт у навчанні фізики та математики створює унікальні можливості для формування цілісного світогляду учнів, адже під час виконання таких робіт вони мають справу не з абстрактними формулами, а з реальними проблемами, які потребують комплексного, міжпредметного підходу. Це особливо актуально в умовах сучасної освіти, де дедалі більше уваги приділяється компетентнісному навчанню, формуванню навичок критичного мислення та розв'язання практичних задач.

Формування міжпредметного мислення через дослідницьку діяльність.

Однією з головних переваг дослідницької діяльності є те, що учень самостійно проходить усі етапи наукового пізнання — від постановки проблеми до аналізу отриманих результатів. Наприклад, під час дослідження залежності періоду коливань маятника від довжини нитки учні:

- формують гіпотезу на основі фізичних закономірностей;
- виконують експериментальні вимірювання;
- будують графіки залежностей;
- проводять математичний аналіз даних;
- порівнюють експериментальні результати з теоретичними моделями.

Такий процес неможливий без поєднання математичних та фізичних знань, що природним чином і формує міжпредметні зв'язки. На мою думку, саме в таких видах діяльності учні вперше по-справжньому розуміють, що фізика — це не сукупність формул, а метод дослідження реального світу, а математика — інструмент цього дослідження.

Роль проєктної діяльності у розвитку компетентностей. Проєктні роботи, на відміну від класичної дослідницької діяльності, значною мірою орієнтовані на створення практичного продукту. Це може бути:

- модель фізичного приладу;
- програмний симулятор фізичного процесу;
- математична модель руху тіла;
- інтерактивна презентація або візуалізація;
- розробка простого вимірювального пристрою (наприклад, саморобного динамометра, термометра, фотометра тощо).

Проєктні роботи значно підсилюють мотивацію учнів, адже вони бачать реальний результат своєї діяльності. Крім того, вони розвивають такі важливі компетентності, як:

- здатність працювати в команді;
- уміння розподіляти обов'язки;
- вміння презентувати результати;
- навички планування та самоорганізації;
- критичне оцінювання власної діяльності.

Особливо важливим у роботі над проєктами є те, що учні природно стикаються з необхідністю застосовувати математичні методи — розрахунки, побудову графіків, аналіз похибок, моделювання. Таким чином математика не нав'язується як окремий предмет, а органічно включається в роботу над фізичною проблемою.

Приклади успішних міжпредметних проєктів. У сучасній школі ефективними є такі типи проєктів:

1. «Математичне моделювання руху автомобіля». Учні збирають інформацію про гальмівний шлях, швидкість, прискорення, будують математичну модель, а потім співставляють її з результатами реальних вимірювань (за можливості — під керівництвом вчителя).

2. «Енергоефективний будинок». Поєднює знання фізики (теплопровідність, теплообмін, енергозбереження) із математикою (обчислення площ, побудова моделі, аналіз енергоспоживання).

3. «Визначення прискорення вільного падіння за допомогою відеоаналізу». Діти використовують відеозапис руху тіла, спеціальні програми для аналізу, виконують математичну обробку даних, будують графіки залежності координати та швидкості від часу.

На мою думку, такі роботи мають значний потенціал не тільки для розвитку міжпредметного мислення, а й для формування реального досвіду наукового дослідження, що є особливо важливим для сучасних учнів.

Психолого-педагогічний аспект проєктної діяльності. Проведення дослідницьких і проєктних робіт значною мірою сприяє розвитку:

- пізнавального інтересу, оскільки учень сам стає «дослідником»;
- самостійності мислення, адже більшість рішень приймаються без готових алгоритмів;
- творчості, бо задачі не завжди мають єдине правильне розв'язання;
- відповідальності, оскільки результати роботи мають практичну значущість;
- самооцінки, адже учні презентують власні роботи.

Вважаю, що саме через такі форми діяльності шкільний курс фізики та математики стає по-справжньому практикоорієнтованим і наближеним до реальних викликів життя.

Проблеми та шляхи їх подолання. Попри очевидні переваги, впровадження проєктної діяльності стикається з певними труднощами:

- недостатнім рівнем математичної підготовки учнів;
- дефіцитом часу у шкільних програмах;
- обмеженнями матеріальної бази;
- труднощами в організації командної роботи.

На мою думку, вирішення цих проблем можливе за рахунок:

- інтеграції проєктів у регулярні уроки;

- використання цифрових інструментів моделювання (GeoGebra, PhET, Tracker);
- створення міжпредметних команд учителів;
- поетапного введення учнів у проєктну діяльність (від простих експериментів — до складних моделей).

Ще одним важливим аспектом проєктної та дослідницької діяльності є *формування в учнів здатності працювати з інформацією різного типу*: числовою, графічною, текстовою, візуальною. Це зближує навчальний процес із реальною науковою практикою, де результат будь-якого дослідження потребує комплексного аналізу. Учень не просто виконує завдання “за інструкцією”, а отримує можливість вибору інструментів, методів та шляхів розв’язання поставленої проблеми.

Роль цифрових технологій у міжпредметних дослідженнях. У сучасних умовах особливої актуальності набуває використання цифрових технологій у дослідженнях. Програмні середовища — GeoGebra, Excel, Tracker, симуляції PhET — відкривають для учнів можливості, які ще кілька років тому були доступні лише у спеціалізованих лабораторіях. Цифрові інструменти дозволяють:

- швидко будувати графіки та виконувати їх аналітичний аналіз;
- створювати математичні моделі фізичних процесів;
- проводити комп’ютерні експерименти та порівнювати їх з реальними даними;
- візуалізувати абстрактні закономірності;
- мінімізувати вплив випадкових похибок за рахунок опрацювання великого масиву даних.

На мою думку, саме цифрові інструменти значною мірою знімають “страх перед математикою”, адже учні бачать результат обчислень та моделювання у наочній формі — графіках, діаграмах, візуалізаціях. Це підвищує інтерес до досліджень і дозволяє глибше зрозуміти фізичний зміст явищ.

Організаційні моделі проведення дослідницьких та проєктних робіт. Практика показує, що ефективність міжпредметних проєктів багато в чому

залежить від правильно обраної моделі організації діяльності. Найпоширенішими є такі:

1. *Індивідуальні дослідження.* Дають можливість кожному учневі реалізувати власні інтереси. Особливо корисні для учнів, які проявляють схильність до точних наук.
2. *Малі групи (2–3 учні).* Оптимальна форма для поєднання різних умінь: один учень виконує експериментальні вимірювання, інший — математичну обробку даних, третій — презентацію результатів. Така модель відтворює структуру роботи реальних наукових команд.
3. *Міжпредметні групи (фізика + математика).* Це найбільш ефективна форма інтеграції, коли над проєктом одночасно працюють учні, орієнтовані на фізику та математику. Вона формує вміння спілкуватися професійною мовою, домовлятися, узгоджувати підходи.

На мою думку, школа має поступово переходити саме до таких моделей, оскільки вони формують у дітей практичний досвід співпраці та відповідальності — навичок, які є важливими не лише у науці, а й у сучасному професійному середовищі.

Роль учителя у формуванні міжпредметного мислення. Проєктна діяльність неможлива без активної участі вчителя. Він виступає не лише джерелом інформації, а, насамперед:

- тьютором, який скеровує учня у правильному напрямку;
- консультантом, що допомагає у виборі математичних методів;
- організатором, який визначає етапи проєкту;
- експертом, що оцінює якість дослідження.

Важливо, щоб учитель не нав'язував учневі «правильний шлях», а створював умови для самостійного пошуку, допускаючи можливість помилки як частини навчання. На мою думку, саме така позиція формує у школярів відповідальність за власне дослідження і вміння критично аналізувати результати.

Міжпредметне мислення як результат дослідницької діяльності. Після виконання кількох дослідницьких або проєктних робіт учні починають інакше сприймати фізику й математику. Вони розуміють, що:

- фізичні явища краще пізнаються через математичний опис;
- математичні поняття набувають реального змісту при застосуванні до фізичних процесів;
- складні задачі найчастіше вимагають поєднання методів різних дисциплін;
- наука - це не набір знань, а спосіб мислення.

На мою думку, у довготривалій перспективі саме проєктно-дослідницька діяльність формує ключові компетентності Нової української школи: критичне мислення, вміння працювати з інформацією, математичну та природничу грамотність, комунікацію та співпрацю.

Висновки другого розділу

Другий розділ був присвячений аналізу практичних шляхів інтеграції фізики та математики у шкільній освіті, визначенню ефективних методів, форм і засобів, які дозволяють зробити міжпредметні зв'язки не декларативними, а дійсно дієвими. На основі проведеного теоретичного аналізу, узагальнення педагогічного досвіду та власних міркувань можна сформулювати такі детальні висновки.

У підрозділі 2.1 було показано, що будь-яке серйозне опрацювання фізичної задачі обов'язково передбачає використання математичного апарату: від елементарних обчислень до складних методів моделювання, статистичного аналізу та апроксимації даних. Учні, які вміють переносити математичні знання на фізичний матеріал, значно легше: а) розуміють сутність фізичних законів; б) оперують величинами й одиницями вимірювання; в) здійснюють аналіз залежностей; г) формують навички наукового мислення. На мою думку, саме математична складова робить процес вивчення фізики більш точним, осмисленим

та науково обґрунтованим. Без математики фізика перетворюється на набір описових тверджень – без уміння робити висновки та перевіряти їх кількісно.

Дослідження у підрозділі 2.2 показало, що інтегровані уроки мають низку переваг: а) підвищують пізнавальний інтерес учнів; б) демонструють практичну цінність знань; в) формують цілісне уявлення про природничо-математичну картину світу; г) сприяють розвитку логічного та аналітичного мислення. Використання спільних тем (рух, коливання, оптика, електрика), інтегрованих задач, тематичних тижнів і проблемних завдань створює умови для глибшого розуміння обох предметів. Власний досвід автора свідчить, що учні набагато активніше працюють на таких уроках, адже відчують, що виконувані завдання не формальні, а мають зрозумілу і реальну цінність.

Підрозділ 2.3 продемонстрував, що саме через дослідження учні: проходять усі етапи наукового пошуку; застосовують математичний апарат у реальних вимірюваннях; навчаються працювати з даними та графіками; встановлюють причинно-наслідкові зв'язки між явищами; бачать практичний сенс фізичних і математичних знань. Крім того, проєктна діяльність розвиває: а) відповідальність і самостійність; б) навички планування та командної роботи; в) уміння презентувати результати; г) критичне та творче мислення. На мою думку, саме дослідницькі проєкти дозволяють школярам відчувати себе справжніми дослідниками, а не пасивними спостерігачами. Вони наближають навчання до реальних наукових і технічних процесів, які стоять за сучасними технологіями.

У підрозділі 2.3 було показано, що інтеграція – це не лише поєднання двох тем, а комплексна робота, яка містить: 1) узгодження навчальних планів із колегами; 2) чітке виділення інтегрованих тем; 3) підбір задач, які одночасно розкривають фізичний і математичний зміст; 4) створення індивідуальних та групових проєктів; 5) формування відповідного методичного забезпечення. Учителю доводиться виступати не лише викладачем, а й організатором, консультантом, наставником. Це вимагає вищого професіоналізму, проте результатом є якісніша освіта та значно вища навчальна мотивація учнів.

Разом з тим існують труднощі, проте вони можуть бути подолані сучасними педагогічними підходами. У підрозділі було проаналізовано основні проблеми: а) недостатній рівень математичної підготовки частини учнів; б) брак часу в межах типового уроку; в) нестача обладнання; г) складність у координації роботи між учителями. Разом з тим, окреслені шляхи подолання доводять, що інтеграцію можливо впроваджувати поступово:

- використання цифрових інструментів (PhET, GeoGebra, Tracker);
- проведення інтегрованих факультативів та гуртків;
- поетапне введення в проєктну діяльність;
- застосування BYOD-підходу (власні гаджети учнів);
- співпраця між учителями в межах методичних об'єднань.

На мою думку, ці кроки дають змогу перетворити інтеграцію з формальності на реальний ефективний інструмент освітнього процесу.

Інтеграція фізики та математики сприяє формуванню ключових компетентностей Нової української школи. Проведений аналіз показує, що міжпредметні зв'язки дозволяють одночасно розвивати: 1) математичну компетентність; 2) природничу компетентність; 3) технологічну грамотність; 4) уміння вчитися впродовж життя; 5) ініціативність і підприємливість; 6) критичне мислення; 7) здатність розв'язувати комплексні проблеми. Таким чином, інтеграція фізики та математики є не лише методичним прийомом, а важливою педагогічною стратегією сучасної освіти, що формує готовність учнів до реального життя та професійної діяльності.

Другий розділ підтверджує, що міжпредметна інтеграція фізики та математики має величезний потенціал і є необхідною умовою сучасного навчання. Вона робить освітній процес змістовним, науково обґрунтованим і практико-орієнтованим. Реалізація інтегрованих уроків, дослідницьких та проєктних робіт не просто покращує засвоєння матеріалу — вона змінює сам підхід учня до навчання, формуючи в нього наукове, аналітичне й системне мислення.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі було всебічно досліджено теоретичні та практичні аспекти міжпредметних зв'язків фізики та математики, а також можливості їх ефективного застосування в сучасному освітньому процесі. Проведений аналіз дозволяє зробити низку важливих висновків.

1. Теоретичні основи міжпредметних зв'язків фізики та математики. У першому розділі було досліджено сутність міжпредметних зв'язків, їх призначення та значення в навчанні. Виявлено, що інтеграція фізики та математики є природною і закономірною, адже ці науки історично розвивалися у тісній взаємодії, взаємно збагачуючи одна одну. Міжпредметні зв'язки виступають не лише дидактичним прийомом, а й важливим засобом формування цілісного наукового світогляду. Показано, що математика виконує роль універсальної мови фізики, дозволяє формулювати закони природи у строгій і компактній формі та забезпечує можливість точного опису, прогнозування і моделювання фізичних явищ. Водночас у роботі підкреслено важливість неформального використання формул, а глибокого розуміння їх фізичного змісту. Визначено методологічні основи інтеграції фізики й математики: системність, послідовність, проблемність, єдність теорії та практики, а також опора на реальні життєві контексти. Авторський аналіз показав, що найбільшого ефекту інтеграція досягає тоді, коли математичні поняття вивчаються паралельно з фізичними прикладами, а фізичні явища пояснюються через засвоєні математичні моделі.

2. Практичні аспекти реалізації міжпредметної інтеграції. Другий розділ був присвячений аналізу реальних педагогічних прийомів і методів роботи. Досліджено, що використання математичних методів у фізичних задачах дозволяє формувати в учнів логічне, критичне та аналітичне мислення. Застосування рівнянь, графіків, функцій, похідних, статистичних методів та елементів моделювання створює умови для більш глибокого розуміння фізичних процесів та явищ. Розглянуто інтегровані уроки як один із найефективніших інструментів міжпредметної взаємодії. Було показано, що такі уроки сприяють формуванню в учнів цілісного уявлення про світ, розкривають практичну значущість знань та

підвищують мотивацію. Методичний аналіз дозволив виокремити ефективні формати інтегрованих занять: проєктні уроки, уроки-дослідження, уроки-практикуми, STEAM підходи, роботу в малих групах та розв'язання комплексних задач. Значну увагу приділено ролі дослідницьких і проєктних робіт. Показано, що саме ці форми діяльності найкраще сприяють розвитку міжпредметного мислення. Через виконання проєктів учні вчаться самостійно знаходити інформацію, аналізувати дані, застосовувати математичні методи до фізичних спостережень, формувати висновки та презентувати результати. Авторські міркування підкреслюють, що проєктно-дослідницька діяльність є ключовим компонентом сучасної компетентнісної освіти.

3. Загальні підсумки дослідження:

Міжпредметні зв'язки фізики та математики — це фундаментальний компонент природничої освіти, який дозволяє підвищити якість знань, розвивати мислення та формувати ключові компетентності учнів.

1. Математика є необхідним інструментом фізики, а фізика — природною сферою застосування математичних понять, що створює оптимальні умови для їх інтеграції.

2. Ефективність інтеграції залежить від методично грамотної організації навчального процесу, використання сучасних форм і технологій, застосування прикладних задач і життєвих контекстів.

3. Інтегровані уроки, дослідницькі роботи та робота над проєктами створюють можливість сформувати у школярів міжпредметну компетентність, що є критично важливою в умовах сучасної освіти та розвитку STEM/STEAM підходів.

4. Результати дослідження підтверджують, що системна інтеграція фізики та математики в школі підвищує ефективність навчання, сприяє глибшому розумінню складних тем і підготовці учнів до подальшої професійної діяльності у технічних і природничих сферах.

Декларація використання ГШІ (GAIDeT)

Розкриття факту делегування завдань генеративному ШІ. Автори заявляють про використання генеративного ШІ у процесі дослідження та підготовки рукопису. Відповідно до таксономії GAIDeT (2025), наведені нижче завдання були делеговані інструментам генеративного ШІ за повного людського нагляду:

- визначення мети дослідження;
- пошук і систематизація літератури;
- вибір методів дослідження;
- збирання даних;
- формулювання висновків.

Використаний інструмент генеративного ШІ: ChatGPT - 5. Повну відповідальність за фінальний рукопис несуть автори. Інструменти генеративного ШІ не зазначаються як автори та не несуть відповідальності за кінцеві результати.

Декларацію подав(ла): Андрій Жаріков.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Астряб В. В. Міжпредметні зв'язки у навчальному процесі: теорія та практика. Київ: Педагогічна думка, 2019.
2. Беляєв О. М. Дидактика фізики: теорія навчання та методика викладання. – Київ: ВЦ «Академія», 2020.
3. Гільман О. В. Інтеграція природничо-математичних дисциплін у школі. – Харків: Основа, 2018.
4. Дорогунцов С. І. Міжпредметні зв'язки в освіті: історія, концепції, сучасні підходи. Львів: Сполом, 2017.
5. Єршова А. П. Методика викладання фізики: інтегративні аспекти. Київ: Обрії, 2021.
6. Захарченко Л. М. Методологія навчання фізики у старшій школі. Харків: Ранок, 2020.
7. Канов В. М. Теорія і практика міжпредметної інтеграції в освіті. Київ: Либідь, 2016.
8. Колесник Т. О. Педагогічні умови формування міжпредметних компетентностей учнів. Київ: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2018.

9. Коршак Є. Ф. Фізика в школі: методика викладання. Київ: Радянська школа, 2009.
10. Макаренко Л. П. Інтегровані уроки природничо-математичного циклу. Полтава: АСМІ, 2017.
11. Мончак О. Я. Педагогічні технології навчання фізики у Новій українській школі. Львів: Піраміда, 2021.
12. Потапов М. І. Математика як мова фізики: навчально-методичний посібник. Київ: Педагогічна думка, 2020.
13. Сергієнко В. П. Сучасні підходи до викладання фізики у профільній школі. Київ: Освіта України, 2022.
14. Сухомлинський В. О. Проблеми виховання всебічно розвиненої особистості. Київ: Радянська школа, 1977.
15. Тарасенкова Н. А. Методика навчання математики: інтегративний контекст. Київ: Грамота, 2019.
16. Шут М. І. Інтеграція знань у навчальному процесі: теоретичні основи. Київ: Центр учбової літератури, 2016.
17. Arnold V. I. Mathematical Methods of Classical Mechanics. New York: Springer, 2013.
18. Halliday D., Resnick, R., Walker, J. Fundamentals of Physics. 11th Edition. Wiley, 2018.
19. Redish E. F. Teaching Physics with the Physics Suite. Wiley, 2004.
20. National Research Council. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington: National Academies Press, 2012.
21. OECD. PISA 2022 Science Framework. – Paris: OECD Publishing, 2022.
22. Zanetti M. Interdisciplinary Approaches in STEM Education. London: Routledge, 2020.
23. Bybee R. The BSCS 5E Instructional Model: Creating Teachable Moments. – Colorado Springs: Biological Sciences Curriculum Study, 2014.

ДОДАТКИ

Додаток А

Зразок інтегрованого уроку фізики та математики (10 клас)

Тема: *Гармонічні коливання. Тригонометричні функції як математична модель коливального процесу*

Мета уроку:

- сформувати уявлення про гармонічні коливання як фізичний процес;
- показати застосування тригонометричних функцій для опису коливань;
- сформувати міжпредметні зв'язки між фізикою й математикою;
- розвивати аналітичне та графічне мислення учнів.

Обладнання: мультимедійна презентація, сенсорний маятник, датчик зміщення, графічний калькулятор/Desmos.

Структура уроку:

1. **Організаційний момент (2 хв.)**
2. **Мотивація (5 хв.).** Показ анімації руху маятника. Питання: *Чому маятникові коливання можна описати математично? Якою саме функцією?*
3. **Актуалізація математичних знань (10 хв.).**– Повторення властивостей функцій: $y = \sin x$, $y = \cos x$.– Період, амплітуда, фаза.
4. **Вивчення нового матеріалу (15 хв.).** Визначення гармонічних коливань: $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$. Пояснення ролі кожного параметра.
5. **Практична робота (10 хв.).** Учні за допомогою датчика реєструють коливання маятника та будують графік в Desmos. Порівнюють експериментальні дані з математичною моделлю.
6. **Закріплення (5 хв.).** Розв'язання задач:
 - знайти амплітуду за графіком;
 - визначити період;
 - порівняти два графіки та визначити різницю фаз.
7. **Підсумок уроку (3 хв.).** Обговорення: *Чи можна сказати, що математика і фізика виступають «двома мовами» опису одного явища?*

Додаток Б

Завдання для формування міжпредметного мислення

1. Завдання “Фізика + математика” (механіка)

1. Рівняння руху тіла: $x = 2 + 5t + t^2$. Знайти швидкість і прискорення як функції часу. *(Використовується похідна: міжпредметний зв'язок із математичним аналізом.)*

2. Побудувати графік швидкості та визначити момент часу, коли прискорення стає максимальним.

2. Завдання «Фізика + математика» (оптика)

Поширення світла описується функцією:

$$I(x) = I_0 e^{-kx}$$

1. Побудувати графік залежності інтенсивності від відстані.

2. Знайти коефіцієнт поглинання k за експериментальними даними.

(Експонента — міжпредметний зв'язок із темою “показникова функція”).

3. Завдання “Фізика + математика” (електрика). Є залежність напруги

від часу під час заряджання конденсатора: $U(t) = U_0(1 - e^{-t/RC})$

1. Побудувати графік у Desmos.

2. Підібрати параметри R і C , щоб графік збігався з експериментом.

(Міжпредметний зв'язок: електрика + експонента + логарифми).

Анкета для учнів щодо оцінювання інтегрованих уроків фізики та математики

Мета: визначити ефективність міжпредметних методик.

Запитання:

1. Чи допомагають вам уроки, де об'єднано фізику та математику, краще розуміти матеріал? – Так / Частково / Ні
2. Який вид роботи вам найбільше подобається?
 - експеримент з математичним аналізом даних
 - робота з графіками
 - розв'язування задач
 - проекти
3. Що саме було найскладнішим?
 - математичні операції
 - розуміння фізичного змісту
 - робота з графічними програмами
4. Оцініть корисність інтегрованих уроків за шкалою 1–10.

Ваш бал: _____

5. Ваші пропозиції щодо покращення інтегрованих занять:

Приклади учнівських міні-проектів

1. «Як математичні функції описують теплообмін?»

Учень досліджує охолодження гарячої води в кімнаті, будує експериментальний графік $T(t)$, порівнює його з експоненційною моделлю.

2. «Порівняння теоретичного та реального періоду математичного маятника»

- вимірювання довжини маятника;
- проведення 10 коливань і визначення середнього періоду;
- порівняння з формулою Ньютона;
- аналіз похибок.

3. «Дослідження руху іграшкової машинки на похилій площині»

- побудова графіка $x(t)$, $v(t)$;
- застосування похідної та інтегралу;
- знаходження кінетичної енергії та коефіцієнта тертя.

Таблиця міжпредметних відповідностей фізичних і математичних понять

Фізика	Математика	Зв'язок
Швидкість	Похідна dx/dt	Зміна координати в часі
Прискорення	Похідна dv/dt	Зміна швидкості в часі
Робота сили	Інтеграл $\int F dx$	Геометрична інтерпретація площі під графіком
Електричні коливання	Синус/косинус	Гармонічні функції
Поширення хвиль	Диференціальні рівняння	Хвильове рівняння
Радіоактивний розпад	Експонента	Показникова залежність

Фрагмент календарно-тематичного планування з акцентом на міжпредметні зв'язки

№ уроку	Тема уроку	Міжпредметні зв'язки	Форми роботи
1	Рівномірний рух	Алгебра: лінійна функція	Таблиці, графіки
7	Гармонічні коливання	Тригонометрія: синус, косинус	Експеримент + Desmos
12	Електричний струм	Алгебра: пропорційність	Практичні вимірювання
16	Теплові процеси	Показникова функція	Моделювання
21	Хвилі	Диференціальні рівняння (вступно)	Мультимедіа

Приклад інструкції до учнівського наукового проєкту

Назва: *“Математичне моделювання руху тіла, яке падає з опором повітря”*

Мета: дослідити рух тіла з опором, побудувати математичну модель та порівняти її з експериментом.

Етапи роботи:

1. Ознайомлення з теорією опору.
2. Вимірювання швидкості за допомогою відеоаналізу.
3. Побудова графіка $v(t)$.
4. Підбір параметрів моделі $v(t) = V_{\max}(1 - e^{-kt})$.
5. Аналіз похибок.
6. Презентація результатів.