

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
Фізико-математичний факультет
Кафедра математики та методики її навчання

Кваліфікаційна робота

**ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ УРОКІВ З МАТЕМАТИКИ ТА
ФІЗИКИ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ ОСВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Спеціальність 014 Середня освіта
Освітня програма Середня освіта (Математика, фізика)

Здобувача вищої освіти освітньо-
кваліфікаційного рівня «магістр»
Скочияса Віктора Володимировича

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:
доктор фізико-математичних наук, професор
Грод Іван Миколайович

РЕЦЕНЗЕНТ:
кандидат педагогічних наук, доцент
Федчишин Ольга Михайлівна

Тернопіль – 2025

АНОТАЦІЯ

Скочилияс В. В. Проєктування інтегрованих уроків з математики та фізики на основі сучасних освітніх технологій. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» зі спеціальності 014 Середня освіта. ТНПУ ім. В. Гнатюка. Тернопіль, 2025. 56 с.

Ця магістерська робота присвячена дослідженню теоретичних та методичних засад реалізації інтеграційних зв'язків між курсами фізики та математики в старшій школі з використанням сучасних цифрових інструментів.

Описано методику проведення інтегрованих уроків. Особливу увагу приділено використанню динамічного середовища GeoGebra, яке дозволяє візуалізувати фізичні концепції через створення інтерактивних моделей. Наведено результати педагогічного експерименту, який підтвердив ефективність застосування запропонованої методики.

Ключові слова: інтегрований урок, міжпредметні зв'язки, фізика, математика, цифрові інструменти, GeoGebra.

ABSTRACT

Skochylyas V. V. Designing integrated Mathematics and Physics lessons based on modern educational technologies. Qualification thesis for the MA degree in the specialty 014 Secondary Education. Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogic University. Ternopil, 2025. 56 p.

This master's thesis is devoted to the study of the theoretical and methodological principles of implementing integration links between physics and mathematics courses in high school using modern digital tools.

The methodology for conducting integrated lessons is described. Special attention is paid to the use of the dynamic environment GeoGebra, which allows visualizing physical concepts through the creation of interactive models. The results of a pedagogical experiment are presented, which confirmed the effectiveness of the proposed methodology.

Keywords: integrated lesson, interdisciplinary connections, physics, mathematics, digital tools, GeoGebra.

Зміст

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕГРАЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПРИ ВИВЧЕНІ ШКІЛЬНИХ КУРСІВ ФІЗИКИ І МАТЕМАТИКИ В СТАРШИХ КЛАСАХ.....	7
1.1 Сутність, види і роль завдань міжпредметного характеру при вивченні фізики і математики.....	7
1.2 Міжпредметні інтегровані навчальні заняття з фізики і математики в старших класах.....	13
1.3 Розвиток творчого мислення учнів під час інтеграції знань з фізики і математики.....	18
1.4 Основи створення інтегрованих уроків з математики та фізики у середовищі GeoGebra.....	22
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ІНТЕГРОВАНИХ УРОКІВ МАТЕМАТИКИ І ФІЗИКИ	31
2.1. Основні типи математичних задач на інтегрованих уроках математики і фізики в класах.....	31
2.2 Засоби, прийоми і методи реалізації міжпредметних інтеграцій курсів фізики і математики в старших класах.....	34
2.3 Розробка інтегрованих уроків фізики і математики в старших класах.....	37
2.4 Експериментальна перевірка ефективності розроблених інтегрованих уроків.....	49
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ВСТУП

Реформування системи освіти в Україні сьогодні на найвищому піку. Відбуваються процеси, які безпосередньо пов'язані з реформуванням змісту освіти. Формування компетентностей учнів відбувається на основі впровадження інноваційних методів та технологій навчання. Якісне навчання надає можливість засвоїти знання та сформувати уміння, що для випускника школи стануть підґрунтям у його подальшому житті. Навчати учня необхідно також щоб він відчув, що знання та вміння є для нього життєвою необхідністю. Навчальна діяльність у кінцевому підсумку повинна не просто дати учневі так звані ЗУНИ, а сформувати її компетенції, визначити шлях до самовдосконалення.

Багаторічний досвід впровадження інтегрованих уроків свідчить, що використання міжпредметних зв'язків значно посилює ефективність освітнього процесу, стимулює пізнавальний інтерес учнів та сприяє розвитку їх творчої активності. Надзвичайної уваги в часи дистанційного навчання наразі набуває проблема формування самостійності учнів, вміння здобувати та аналізувати отриману інформацію, спроможності використовувати знань у повсякденному житті. Інформація, яка надається через вікно монітору, на жаль, іноді втрачає свою цінність. Тоді як такі інструменти, як роздаткові матеріали, плакати й стенди пішли в минуле, інформаційно-комунікаційні технології не втрачають популярності й продовжують розвиватися. У сучасних освітніх реаліях, орієнтованих на цілісне становлення особистості учня, питання міжпредметної інтеграції стає критично важливим. Стрімкий прогрес наукової та технологічної сфер диктує потребу в оновленні підходів до навчання. Зокрема, предмети природничо-математичного напрямку вимагають особливої уваги до формування внутрішньої мотивації школярів. Методичні підходи мають корелювати з віковою психологією, підтримуючи жагу до саморозвитку, а залучення знань із суміжних дисциплін має спрощувати розуміння складних концепцій, а не створювати додаткові перепони.

Ще К. Д. Ушинський наголошував, що фундаментальна якість освіти залежить від цілісності навчальних програм. На думку педагога, ізольоване викладання предметів робить навчання виснажливим і малоефективним. Лише через координацію та взаємозв'язок знань можна перетворити освітній процес на природний етап розвитку дитини.

«Міжпредметна інтеграція – перспективний напрямок реалізації новітніх технологій, де визначальною умовою є сукупність таких методичних підходів, які програмують позицію учня як активного співтворця уроку. Беручи в основу своєї педагогічної роботи принцип інтеграції, переконаний, що цей метод створює сприятливі умови для формування в учнів цілісної картини світу, вироблення здатності сприймати предмети і явища всебічно, системно, емоційно» [1].

Саме тому актуальним є дослідження можливостей інтеграції математики та фізики, розширення меж її використання в організації пізнавальної діяльності учнів. З огляду на сказане вище, обрано таку тему магістерської роботи: “Проектування інтегрованих уроків з математики та фізики на основі сучасних освітніх технологій”.

Об’єкт дослідження – процес інтегрованого навчання математики та фізики у закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження – методичні підходи, засоби та технології проектування інтегрованих уроків з математики та фізики на основі сучасних освітніх технологій.

Мета дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні та розробці інтегрованих уроків з математики та фізики, а також у визначенні ефективності запропонованої методики в умовах закладу загальної середньої освіти.

Досягнення мети дослідження передбачає виконання таких завдань:

1. Проаналізувати наукову та науково-методичну літератури з теми дослідження.
2. Охарактеризувати методичні засади та моделі реалізації інтегрованих уроків з математики та фізики.

3. Охарактеризувати можливості ресурсу GeoGebra для створення інтегрованих уроків з математики та фізики.
4. Розробити інтегровані уроки з математики та фізики.
5. Оцінити ефективність впровадження інтегрованих уроків з математики та фізики у навчальний процес.

Було обрано такі методи дослідження – аналіз і узагальнення психолого-педагогічної та методичної літератури з проблеми інтеграції навчальних дисциплін; вивчення педагогічного досвіду застосування сучасних освітніх технологій; педагогічне моделювання; педагогічне спостереження; діагностика та анкетування учнів; педагогічний експеримент.

Теоретична значущість дослідження полягає в уточненні змістових та методичних засад інтеграції математики й фізики під час проєктування навчальних занять, а також у визначенні можливостей сучасних освітніх технологій для підвищення ефективності інтегрованого навчання.

Практична значущість дослідження визначається можливістю використання розробленої методики проєктування інтегрованих уроків, створених навчально-методичних матеріалів та інструментів для впровадження сучасних освітніх технологій учителями математики й фізики у закладах загальної середньої освіти.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕГРАЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ШКІЛЬНИХ КУРСІВ ФІЗИКИ І МАТЕМАТИКИ В СТАРШИХ КЛАСАХ

1.1 Сутність, види і роль завдань міжпредметного характеру при вивченні фізики і математики

Концепція синтезу різноманітних методологічних підходів та інтерпретацій єдиного об'єкта чи явища в межах одного заняття має тривалу історію в педагогіці. Практика розгляду певної теми крізь призму різних поглядів не вважається новаторською, проте залишається фундаментальною для сучасної освіти. Ще в працях Я. А. Коменського акцентується увага на необхідності «завжди і всюди брати разом те, що пов'язано одне з одним» [1]. Необхідність інтегрованого підходу до організації навчально-виховного процесу великий дидакт пояснював таким чином: «Всі знання виростають з одного коріння – навколишньої дійсності, мають між собою зв'язки, а тому повинні вивчатися у зв'язках» [2]. Інтегрований підхід у навчанні виконує методологічну, освітню, розвиваючу, виховну та конструктивну функції.

Інтегрований підхід в освіті реалізується через систему взаємопов'язаних функцій:

Методологічна: Допомогає учням вибудувати єдину картину світу. Вона транслює принципи сучасного природознавства, де вивчення навколишнього середовища відбувається не фрагментарно, а через синтез ідей та методів різних наук.

Освітня: Спрямована на те, щоб знання школярів стали системними та гнучкими. Завдяки виявленню численних логічних зв'язків між новими та вже відомими фактами, інформація засвоюється глибше і стає частиною світогляду дитини.

Практико-аналітична: Важливо розуміти, що освіченість визначається не лише кількістю вивчених параграфів, а й здатністю аналізувати явища з різних

ракурсів. Уміння залучати дані з суміжних предметів для вирішення конкретних завдань є ключовим результатом інтеграції.

Розвивальна: Стимулює креативність та системність мислення. Такий підхід заохочує учнів до самостійного пошуку, підвищує їхню активність та пробуджує природну цікавість до вивчення природи.

Виховна: Формує науковий світогляд, базуючись на фундаментальних ідеях про єдність матеріального світу, взаємозалежність усіх процесів та можливість пізнання законів всесвіту.

Конструктивна: Впливає на саму структуру навчання, оптимізуючи зміст програм та методи викладання. Це вимагає від педагогів природничого циклу тісної співпраці: спільного планування уроків, узгодження програм та взаємного ознайомлення з підручниками суміжних дисциплін.

Інтегрований підхід у навчанні учнів природничих дисциплін здійснюється такими шляхами:

- «встановленням зв'язків між навчальними предметами;
- впровадження у навчально-виховний процес інтегрованих занять;
- включення у навчальні плани загальношкільних закладів інтегрованих курсів, як обов'язкових, так і за вибором;
- проведення міжпредметних позакласних заходів» [2].

Організація навчання на основі міжпредметної взаємодії

Реалізація міждисциплінарних зв'язків у природничих науках вимагає від педагога особливого підходу до планування занять та координації пізнавальної діяльності учнів. За ступенем залучення стороннього матеріалу такі уроки поділяють на дві категорії:

Фрагментарні: сторонні знання залучаються епізодично для пояснення конкретного питання чи деталі теми.

Вузлові: матеріал із суміжних дисциплін є фундаментом, без якого неможливо повноцінно опанувати нову тему.

Для ефективного навчання вчитель має заздалегідь визначити конкретну мету та обрати оптимальну форму інтеграції для кожної ситуації.

Феномен інтегрованого уроку

Інтегрований урок – це специфічна форма заняття, де вивчаються комплексні явища, теорії або закони, що знаходяться на перетині кількох наук. Головна особливість такого уроку – спільна робота кількох вчителів-предметників над його створенням та проведенням.

Класифікація інтегрованих уроків:

За змістовим наповненням їх поділяють на:

Природничі (поєднання фізики, хімії, біології);

Природничо-математичні (математичне моделювання природних процесів);

Природничо-гуманітарні (екологія, історія науки, біоетика).

Через значний обсяг інформації та складність структури такі заняття зазвичай тривають дві академічні години (спарений урок).

Розмежування понять: «Міжпредметні зв'язки» vs «Інтеграція»

Хоча ці терміни тривалий час вважалися взаємозамінними, сучасна педагогіка розрізняє їх за глибиною поєднання матеріалу:

Міжпредметні зв'язки: один предмет залишається провідним, а дані з іншого залучаються як допоміжний інструмент для ілюстрації, закріплення або повторення.

Інтеграція: це процес синтезу, де на базі кількох дисциплін створюється принципово новий, цілісний навчальний зміст (інформаційний «моноліт»), де межі між окремими науками стираються заради формування загальної картини явища.

Дослідженням цих механізмів присвячено значну кількість наукових робіт українських дослідників, що підкреслює актуальність теми для національної системи освіти.

Так, наприклад, уроки інтегрованого змісту та уроки з використанням міжпредметних зв'язків, О. Я. Савченко також розглядає «як різні дидактичні поняття, оскільки міжпредметні зв'язки передбачають включення в урок запитань і завдань з матеріалу інших предметів, що мають допоміжне значення

для вивчення певної теми» [1]. Це, на думку науковця, «окремі короточасні моменти уроків, які сприяють глибшому сприйманню та осмисленню якогось конкретного поняття» [2]. Натомість під час інтегрованого уроку «учні ознайомлюються зі змістом різних предметів, включаються у несхожі між собою види діяльності, що підпорядковані одній темі» [3]. Враховуючи все вищесказане можна схематично зобразити (рис. 1.1.) порівняльну характеристику інтегрованого навчання та навчання з міжпредметними зв'язками.



Рис. 1.1. Порівняльна характеристика інтегрованого навчання та навчання з міжпредметними зв'язками

Впровадження інтегративного підходу та налагодження міжпредметної взаємодії є ключовими чинниками вдосконалення освітнього процесу. У методиці викладання фізики традиційним інструментом для розв'язання прикладних задач є залучення математичного інструментарію. Однак сучасна трансформація середньої освіти диктує нове бачення цього зв'язку: сьогодні важливо не просто використовувати формули, а й формувати в учнів специфічне

математичне мислення, що є фундаментом для індивідуалізації та підвищення якості навчання.

Фундаментальні аспекти взаємодії фізики та математики ґрунтовно досліджені в працях відомих вітчизняних фахівців, зокрема О. І. Бугайова, С. У. Гончаренка, Є. В. Коршака та інших. Науковці одностайні в тому, що повноцінне розуміння фізичних процесів неможливе без узгодженого викладання цих дисциплін та вчасного застосування математичних знань на уроках фізики.

Взаємодія між фізикою та математикою є однією з найбільш сталих і глибоких у шкільній програмі. Вона базується на спільному понятійному апараті, до якого належать:

- функціональні залежності та змінні величини;
- векторний аналіз та геометричні перетворення;
- математичне моделювання, яке є незамінним під час розв'язання фізичних задач та усвідомлення теоретичного матеріалу.

Значущість таких зв'язків виходить за межі суто навчальних цілей. Окрім накопичення інтегрованого багажу знань, цей процес сприяє інтелектуальному розвитку та виконує важливу виховну місію, демонструючи учням цілісність і логіку світобудови.

Попри теоретичне обґрунтування, аналіз сучасної педагогічної практики вказує на наявність певних труднощів у практичному впровадженні цих зв'язків. Існує потреба у подоланні розриву між теоретичними моделями математики та їхнім прикладним застосуванням у фізичних дослідженнях на рівні шкільної програми.

Л. В. Тарасов, розглядаючи інтегративно-гуманітарний підхід, «виділяє два компоненти – інтеграцію і гуманізацію. Інтеграція припускає, перш за все, розвиток міжпредметних зв'язків, перехід від узгодженого викладання суміжних дисциплін до їх глибокої взаємодії, яка повинна реалізовуватись на різних рівнях» [3].

У педагогічній теорії виділяють кілька рівнів взаємопроникнення навчальних дисциплін:

Початковий рівень («Запозичення знань»): передбачає залучення окремих понять, ілюстративних образів або фактів із суміжних галузей під час вивчення базового предмета. Наприклад, використання біологічних прикладів чи літературних описів на уроках фізики допомагає не лише структурувати цілісну картину світу, а й глибше досягнути специфічні фізичні закономірності.

Поглиблений рівень (Методологічний): базується на використанні єдиних наукових принципів, що є спільними для всього природничого циклу. На цьому етапі учні розв'язують комплексні завдання, зміст яких апріорі вимагає синтезу знань із різних предметів.

Особливе місце посідає взаємодія фізики та математики, оскільки математична компетентність учня безпосередньо визначає його успіхи у фізиці. Це зумовлено такими чинниками:

Апаратний інструментарій: значна частина фізичних тем потребує оперування складними математичними структурами.

Функціональний аналіз: виявлення та дослідження залежностей між фізичними величинами неможливе без розуміння природи функцій.

Динаміка процесів: використання похідної дозволяє точно розрахувати швидкість перебігу явищ у часі та просторі.

Обчислювальні можливості: апарат інтегрування є ключовим для знаходження роботи змінної сили або характеристик змінного струму.

Світоглядні принципи: концепція симетрії допомагає пояснювати структуру речовини в мікросвіті та принципи побудови зображень у геометричній оптиці.

Саме тому інтеграція фізики і математики сприяє кращому засвоєнню і розумінню учнями обох предметів

1.2 Міжпредметні інтегровані навчальні заняття з фізики і математики в старших класах

Дослідження міжпредметних зв'язків бере свій початок на початку ХХ століття, розвиваючись як у зарубіжній, так і в українській педагогіці в контексті ідеї комплексного навчання. Проте, принцип комплексності увійшов у протиріччя з усталеними традиційними методами, що викликало необхідність встановлювати ці зв'язки на системній і практичній базі. З часом ставлення до міжпредметних зв'язків еволюціонувало: вони набули статусу основи навчального процесу та ключового інструменту для формування цілісного наукового світогляду в учнів.

Реалізація міжпредметних зв'язків відбувається через міжпредметні завдання, які є пізнавальними задачами, що спонукають учнів до діяльності зі встановлення та засвоєння зв'язків між навчальними предметами. Міжпредметні зв'язки пояснюють як прояв принципу системності, відображаючи загальнофілософське розуміння зв'язку. Вони вимагають узгодження змісту навчання різних дисциплін, а також ретельного добору навчального матеріалу, який відповідає загальним освітнім цілям, але при цьому враховує специфіку кожної окремої галузі знань.

Міжпредметні завдання – це навчальні задачі, які об'єднують знання та навички з різних предметів. Вони спрямовані на те, щоб учні могли використовувати міждисциплінарний підхід для вирішення проблем, створення проектів або проведення досліджень.

Ці завдання відіграють важливу роль у навчальному процесі, оскільки сприяють формуванню цілісного мислення, допомагаючи учням бачити зв'язки між різними дисциплінами та створювати загальну картину світу. Міжпредметні завдання також розвивають критичне мислення, оскільки учні вчаться аналізувати інформацію з різних джерел і підходів.

Крім того, такі завдання підвищують мотивацію учнів, оскільки вони можуть бути більш цікавими та актуальними. Це сприяє кращому засвоєнню теоретичних знань, оскільки учні можуть застосовувати їх у реальних ситуаціях.

Міжпредметні завдання також сприяють розвитку навичок співпраці, оскільки часто виконуються в групах, що покращує комунікаційні навички та вміння працювати в команді.

Прикладами міжпредметних завдань можуть бути проекти на тему екології, які об'єднують знання з біології, географії та соціальних наук, або дослідження культурних аспектів в історії, що включають елементи мистецтва та літератури.

Міжпредметне (інтегроване) завдання – це завдання, що формується на матеріалі різних навчальних дисциплін. Його розв'язання неможливе без залучення знань із декількох навчальних предметів. Такий підхід був реалізований у роботах низки вчених.

Першим кроком у міжпредметній інтеграції є визначення самої проблеми. Для цього необхідно з'ясувати, навіщо потрібне об'єднання обраних предметів чи окремих тем. Слід оцінити, наскільки ефективно подається інформація під час традиційного уроку, і чи потрібне використання інтегрованого уроку як інструменту для заповнення існуючих прогалин. Важливо чітко сформулювати проблему, вирішення якої є метою інтегрованого заняття.

Розрізняють два типи міжпредметних зв'язків: горизонтальні та вертикальні. Горизонтальний зв'язок ілюструється вивченням певного поняття на різних предметах, але у різний час. Вертикальний зв'язок спостерігається тоді, коли однакова тема вивчається практично одночасно на різних уроках. Це дозволяє вчителю використовувати знання, отримані з одного предмета, для збагачення навчального матеріалу з іншого.

Здатність учня переносити отримані знання з однієї наукової площини в іншу є вагомим доказом універсальності та логічної єдності фундаментальних законів природи. Найвищий рівень засвоєння матеріалу виявляється тоді, коли школярі не просто запам'ятовують теорію, а вміють виводити з неї часткові випадки та застосовувати їх у суміжних дисциплінах. Зокрема, систематична інтеграція математики та фізики дозволяє:

сформувати чітке уявлення про математичне моделювання як інструмент дослідження реальності;

стимулювати інтелектуальну допитливість;

суттєво покращити якість знань в обох предметних галузях.

Математика та фізика мають глибокі історичні та методологічні зв'язки, попри різницю в об'єктах дослідження.

Математика виступає як аспектна наука. Її фундаментом є реальний світ, але вона оперує абстрактними просторовими формами та кількісними показниками. Метод абстрагування дозволяє їй вивчати закономірності, притаманні будь-якій матеріальній галузі, а також конструювати гіпотетичні структури.

Фізика, навпаки, є об'єктною наукою, що вивчає властивості матерії у вигляді речовини та поля. Якщо на початкових етапах вона концентрувалася на описі конкретних тіл та явищ (механічних, теплових, світлових), то сучасна фізика змістила акцент на фундаментальні закони природи.

Історично математика сформувалася раніше, проте саме розвиток фізики став потужним каталізатором для розширення математичного інструментарію. Сьогодні ці науки об'єднані спільною предметною галуззю, яку кожна досліджує під власним кутом зору.

Взаємозв'язок ідей та методів цих двох наук можна класифікувати за такими напрямками:

Запит від практики: Фізика формулює складні завдання, що спонукають математиків створювати нові методи обчислень, які згодом стають частиною теоретичної математики.

Прогностична роль: Готовий математичний апарат дозволяє аналізувати фізичні процеси, що нерідко призводить до відкриття нових теоретичних горизонтів та зміни фізичної картини світу.

Еволюційний синтез: Фізичні теорії використовують наявну математичну базу, одночасно вдосконалюючи та адаптуючи її під специфічні потреби експерименту чи розрахунку.

Традиційна співпраця шкільних курсів математики та фізики виходить за межі суто обчислювальних операцій. Головна мета вчителя фізики — навчити учнів здійснювати перехід від реального явища до його цифрового або символічного виразу і навпаки.

Реалізація такого підходу забезпечує:

Цілісне сприйняття: об'єкт вивчення постає перед учнем у всій повноті його характеристик.

Глибину розуміння: розкривається справжня сутність фізичних законів через їх логічну структуру.

Методологічну грамотність: загальнонаукові прийоми стають дієвим інструментом у щоденній навчальній діяльності.

Синтез знань: часткові закони об'єднуються в систему, де встановлюється міцний зв'язок між наочним образом та абстрактною формулою.

Нижче в табл. 1.1 подані розробки уроків з різних тем де прослідковуються міжпредметні зв'язки фізики та математики Для зручності викладання фізики в різних класах пропоную відібраний матеріал з математики.

Таблиця 1.1

Міжпредметні зв'язки фізики та математики

№	Навчальний матеріал з фізики	Математична база (міжпредметний зв'язок)
1.	Властивості тіл. Фізичні величини. Вимірювання. Засоби вимірювання. Точність вимірювання. Міжнародна система одиниць фізичних величин (СИ). Метрична система мір.	Поняття числа, одиниці вимірювання, округлення, порівняння чисел.
2.	Вимірювання довжини, площі. Одиниці довжини, площі.	Геометрія: Прямокутник, Квадрат. Формула площі прямокутника ($S=a \cdot b$).
3.	Вимірювання об'єму. Одиниці об'єму.	Геометрія: Прямокутний паралелепіпед, Куб. Формула об'єму прямокутного паралелепіпеда ($V=a \cdot b \cdot c$).

4.	Графіки шляху і швидкості при рівномірному прямолінійному русі.	Координатна площина. Функції: Графіки прямої (лінійна залежність $y=kx+b$) та оберненої залежності ($y=k/x$).
5.	Прості механізми. Важіль. Умова рівноваги важеля. Блоки.	Пропорція (рівність відношень сил і плечей).
6.	Прості механізми. «Золоте правило» механіки. Коефіцієнт корисної дії (ККД) механізмів.	Знаходження відсоткового відношення двох чисел (формула ККД: $\eta = A_{\text{кор}} / A_{\text{повна}} \cdot 100\%$).
7.	Паралельне з'єднання провідників. (Наприклад, знаходження загальної провідності або оберненої величини до опору).	Дії з раціональними числами: Додавання і віднімання дробів з різними знаменниками.
8.	Шлях, переміщення і координата при прямолінійному рівноприскореному русі.	Алгебра: Квадратні рівняння Тригонометрія: Співвідношення між сторонами і кутами в прямокутному трикутнику.
9.	Додавання і розкладання сил. Рівнодійна. Векторні фізичні величини.	Поняття вектора. Геометрія: Теореми синусів і косинусів (для додавання векторів, які не лежать на одній прямій).
10.	Криволінійний рух.	Коло, дотична. Центральний кут.
11.	Робота сили. Потужність. Енергія.	Площа прямокутника, трикутника. Тригонометричні функції ($\cos\alpha$).
12.	Робота термодинамічного процесу.	Площа прямокутника. Графіки залежності різних величин.
13.	Електроємність. Конденсатор. Енергія електричного поля.	Площа трикутника (для графічного визначення енергії $W=1/2 QU$).
14.	Індуктивність. Енергія магнітного поля.	Площа трикутника (для графічного визначення енергії $W=1/2 \Phi I$).

Таким чином, інтеграція фізичних законів із математичними моделями спрямована на поглиблення розуміння учнями сутності досліджуваних явищ, оскільки вона безпосередньо зв'язує абстрактні концепції з кількісним описом. Цей підхід є потужним стимулом для розвитку логічного мислення, оскільки розв'язання комплексних задач вимагає одночасного застосування знань з обох дисциплін, формуючи системне бачення. Крім того, інтеграція підкреслює практичну спрямованість навчання, демонструючи, як універсальні математичні інструменти слугують для точного опису та прогнозування фізичних процесів, що відбуваються у реальному світі.

1.3 Розвиток творчого мислення учнів під час інтеграції знань з фізики і математики

Для стимулювання креативності учнів у межах навчальної дисципліни необхідно враховувати сукупність таких елементів:

Змістовне наповнення: особливості самої наукової галузі.

Методична організація: логічна побудова матеріалу та вибір ефективних способів його подачі.

Навчальне середовище: поєднання класно-урочної системи з активною гуртковою та позашкільною діяльністю.

Психолого-педагогічний супровід: адаптація викладання до вікових потреб, рівня мотивації та особливостей мислення дітей.

Результати опитувань свідчать, що переважна більшість школярів (близько 80%) усвідомлюють значущість фізичної науки та прагнуть зрозуміти її фундаментальні засади. Проте на заваді стають високий рівень складності математичних розрахунків та дефіцит візуалізації складних процесів. Це спонукає педагогів шукати інноваційні методи та прийоми, які допомагають активізувати пізнавальний інтерес і створити умови для повноцінної самореалізації творчої особистості.

Фізика відіграє унікальну роль у становленні креативного мислення дитини. Її вивчення прищеплює специфічну культуру розумової праці, що базується на:

- логічній стрункості: побудові чітких причинно-наслідкових ланцюжків.
- лаконічності висловлювань: вмінні точно та стисло формулювати думку.
- універсальності методів: розвинені на уроках фізики навички аналізу та логіки стають надійним інструментом для опанування інших дисциплін, включно з предметами гуманітарного циклу.

Творчість – психологічно складний процес. У центрі його – уява, навколо неї задіяні інші психічні процеси: увага, пам'ять, мислення, які виявляються в тих знаннях, що є в людини. Уява доповнюється здібностями і вміннями, процес творчості може відбуватися лише за умови відповідного емоційного фону. Показниками творчого мислення є гнучкість, швидкість, оригінальність. На їх розвиток можна впливати в процесі інтегрованих уроків фізики та математики. Одним із видів такого впливу є інтеграція в освіті.

На даний момент в школах можна виділити два рівня інтеграції: внутрішньопредметний і міжпредметний. Внутрішньопредметна інтеграція – це фрагментарна інтеграція, що включає в окремий етап уроку наявність знань з інших предметів, або вузлова інтеграція, яка вимагає знань з інших предметів протягом всього уроку. Міжпредметна (або синтезована) інтеграція – це вже якісно новий рівень інтеграції. Вона об'єднує знання з різних наук для розкриття будь-якого питання. Інтегровані завдання в школі це не тільки пошук нових педагогічних рішень питань навчання, а й створення умов для розвитку творчого потенціалу педагогічних колективів.

Шкільний курс фізики володіє значним ресурсом для стимулювання інтелектуального розвитку учнів. Ефективна активізація мислення досягається через систему завдань креативного спрямування, до яких належать:

Комплексні задачі: вправи на самостійне конструювання та розв'язання проблемних ситуацій.

Варіативні вправи: завдання, що потребують пошуку множини альтернативних шляхів досягнення результату.

Завдання з відкритим фіналом: кейси, де умови процесу чітко не визначені, що передбачає наявність кількох коректних відповідей залежно від обраної моделі.

Трансформаційні задачі: зміна контексту або вимог уже розв'язаної задачі для створення нових логічних ланцюжків.

Дивергентні вправи: розвиток уяви через нетрадиційні форми (створення фізичних загадок, візуалізація явищ, написання науково-фантастичних есе або розробка опорних схем).

Аналітико-вербальні завдання: перефразування наукових тез зі збереженням фізичної суті, що сприяє точності термінологічного апарату.

Використання різнопланових фізичних завдань є фундаментом для розвитку гнучкості розуму школярів.

1. Конструктивні задачі:

Розробка умови за візуальними джерелами (фото, графіки, схеми) або художніми текстами.

Самостійне формулювання запитань до наявних фізичних даних.

Робота з текстами, що містять надлишкову або дефіцитну інформацію.

Пошук найбільш раціонального алгоритму розв'язання серед декількох можливих.

2. Варіативні та прогностичні завдання:

Генерація максимально можливої кількості запитань до демонстраційного досліду.

Аналіз нестандартних ситуацій через уявні експерименти (наприклад, прогнозування наслідків зникнення фізичних явищ, як-от сили тертя чи тяжіння).

Метод «інверсії»: розгляд наслідків кардинальної зміни властивостей об'єктів.

3. Експериментально-графічний блок:

Проектування різних методик вимірювання фізичних величин за допомогою обмеженого набору приладів.

Інтерпретація графічних залежностей: переклад мови графіків у вербальний опис, зміна координатних осей та перерахунок параметрів.

Творчість у науковій літературі трактується як вища форма людської діяльності, що проявляється через активність, процес та особливий тип мислення. Важливо підкреслити, що креативність не є виключно вродженим даром — її можна і необхідно розвивати в освітньому процесі.

Згідно з концепцією Дж. Гілфорда, творчі здібності (як розвинена форма обдарованості) базуються на таких характеристиках:

Проблемність: вміння ідентифікувати та формулювати запитання.

Продуктивність: швидка генерація ідей.

Гнучкість та оригінальність: здатність відходити від шаблонів та пропонувати нестандартні рішення.

Аналітико-синтетичні навички: здатність до деталізації та узагальнення.

Активізація пізнавального інтересу неможлива без впровадження пошукових методів, як-от проблемне навчання, самостійне виведення математичних закономірностей, створення порівняльних таблиць та планування власних мікродосліджень.

Інтегрований підхід стає платформою для реалізації цих методів.

Поєднання знань із різних галузей формує у школярів цілісну наукову картину світу, підвищує внутрішню мотивацію та практичну цінність отриманих знань. Сучасна освіта вимагає від учителя не лише глибокого володіння предметом, а й майстерності в поєднанні міжпредметних зв'язків, що відповідає актуальним освітнім стандартам.

1.4 Основи створення інтегрованих уроків з математики та фізики у середовищі GeoGebra

Фізика – один із найскладніших предметів. Перед учителем стоїть непросте завдання – зацікавити учнів, показати важливість та практичне значення предмета.

Під час розв'язання фізичних задач учні отримують досвід застосування набутих знань на практиці, вчаться аналізувати різні явища та процеси, вибирати раціональні способи пошуку невідомих величин, тим самим розвиваючи фізичне та логічне мислення школярів, дослідницькі навички.

На початку вивчення предмета учні вже мають деякі поняття про графіки з математики, але переносять свої знання в галузь фізики з труднощами. Одна з причин такої ситуації пов'язана з віковими особливостями розвитку школярів. Навіть та сама операція заміни математичних змінних фізичними величинами є непростотою.

Програма GeoGebra активно впроваджується в навчальний процес як шкіль, так і вищих навчальних закладів. Однак, на жаль, цей інструмент позиціонується переважно як математична (геометрична) програма. Але її можливості в навчальному процесі не обмежуються геометричними побудовами. GeoGebra – дуже важлива та корисна програма під час вивчення курсу фізики. Там легко створювати прості ігри, анімації, презентації та малюнки.

Використання GeoGebra на уроках фізики дозволить:

- підвищити інтерес учнів до предмета, що вивчається,
- зміцнити міждисциплінарні зв'язки між фізикою, математикою та інформатикою,
- розширити коло завдань, що вирішуються,
- створити задачі, які можна розв'язати графічно.

Розв'язуючи задачі за допомогою GeoGebra, учні неминуче стикаються з тим, що їм потрібно мати знання не лише з фізики, а й з математики та інформатики. А це, у свою чергу, дає корисне розуміння того, що фізика,

математика та інформатика – це не окремі «шкільні дисципліни», а єдиний інструмент для вирішення інженерно-технічних задач.

Ще однією перевагою GeoGebra є те, що з її допомогою учні можуть вирішувати деякі фізичні задачі, які потребують університетської математичної підготовки.

Графічні задачі займають особливе місце у фізиці. Розв'язання такого типу задач розвиває навички високого когнітивного порядку, а саме: аналіз, синтез, узагальнення, критичне мислення. Вміння працювати з інформацією в графічній формі сприяє розвитку абстрактного та логічного мислення учня. За допомогою графічних задач створюються проблемні ситуації, що сприяють активізації розумової діяльності школярів. Великий інтерес учнів викликає незвичайна постановка задачі, наприклад: самостійно скласти якомога більше питань, відповідь на які можна дати за допомогою запропонованого графіка.

Під час виконання такого завдання всі учні працюють із ентузіазмом, одночасно засвоюючи складний матеріал.

Часто учень, який розв'язує систему рівнянь графічно на уроках алгебри, стикається з труднощами у визначенні місця та часу зустрічі елементів, рівняння руху яких знаходяться в умовах. У цій ситуації багатьом учням легше знайти відповідь графічно, ніж аналітично.

Переваги графічного способу представлення інформації:

- можливість цілісного, чіткого бачення проблеми;
- за допомогою графіки легше генерувати нові ідеї (і це корисно як для вчителів, так і для учнів);
- легше сприймати інформацію;
- легше позбутися стереотипів та шаблонів;
- підвищує мотивацію.

У викладанні фізики зустрічаються графіки різних функцій: лінійних, квадратичних, тригонометричних. Проте багатьом школярам важко використовувати наявні знання про графіки різних функцій з математики під час розв'язання фізичних задач.

Це зумовлено тим, що учні часто сприймають математичні графіки формально, не пов'язуючи їх із реальними фізичними процесами та величинами. У результаті графік розглядається як абстрактне зображення, а не як інструмент аналізу руху, коливань чи змін фізичних параметрів у часі. Застосування динамічних моделей, створених у середовищі GeoGebra, дає змогу подолати цю проблему, оскільки забезпечує наочний зв'язок між математичною функцією та відповідним фізичним явищем. Маніпулюючи параметрами моделі в режимі реального часу, учні спостерігають, як змінюється форма графіка та як ці зміни відображаються на перебігу фізичного процесу. Такий підхід сприяє глибшому розумінню взаємозв'язку між математичними залежностями і фізичним змістом задач, формує вміння інтерпретувати графіки та ефективно застосовувати математичні знання під час вивчення фізики. Приклад таких моделей до задач зображено на рис. 1.2–1.4

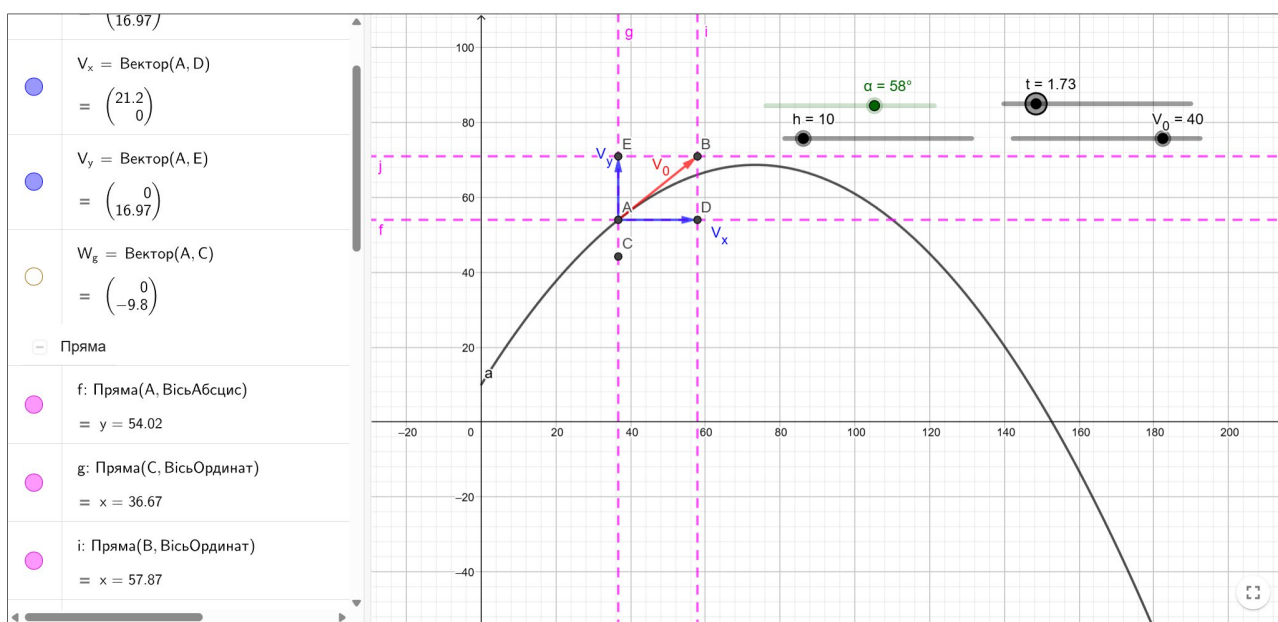


Рис. 1.2 Рух тіла кинутого під кутом до горизонту

(<https://www.geogebra.org/m/krfcfg2t>).

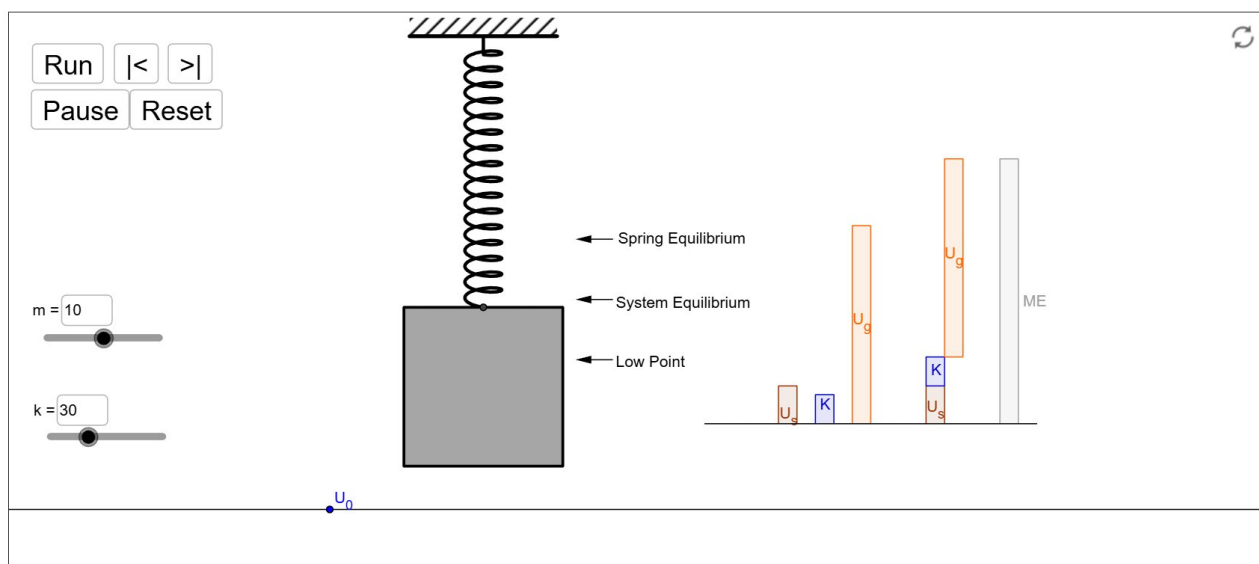


Рис. 1.3 Динамічна модель перетворення кінетичної енергії в потенціальну
(<https://www.geogebra.org/m/dgedzmz3#material/TxXK2dnq>)

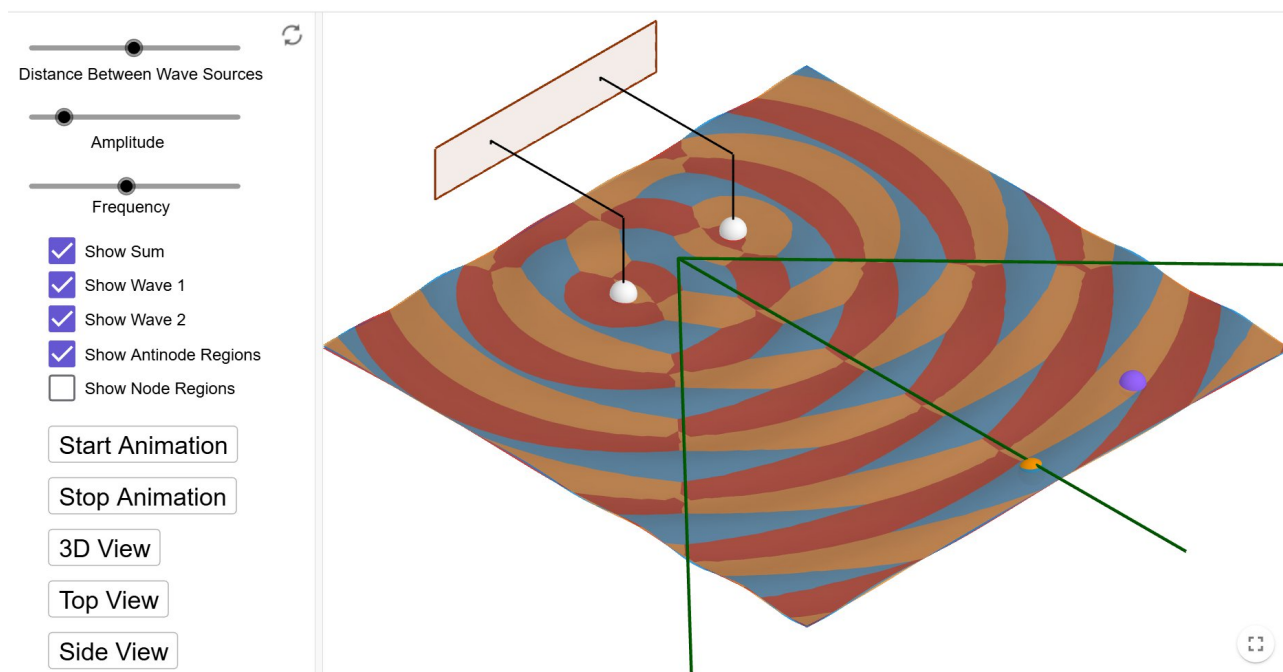


Рис. 1.4 Динамічна модель хвильової інтерференції
(<https://www.geogebra.org/m/dgedzmz3#material/XdW2SjQ8>)

Навчаючи школярів розв'язувати графічні задачі, важливо акцентувати їхню увагу:

- на різноманітних значеннях, розкладених вздовж осей координат;
- встановлення залежності між значеннями;

- вибір сегментів одиниць (масштаб);
- визначення коефіцієнта пропорційності, якщо використовується графік лінійної функції;
- пояснення фізичного значення площі під графіком;
- вилучення інформації, необхідної для подальшого використання.

Графічні завдання дозволяють наочно та легко виражати залежності між величинами, що характеризують процеси, що відбуваються в природі та техніці навколо нас (особливо при вивченні різних видів руху в механіці, газових законів, механічних та електромагнітних коливань).

За роллю графів у розв'язанні задач їх можна розділити на два типи:

- завдання, відповіді на питання яких можна знайти в результаті створення графа;
- завдання, відповіді на питання яких можна знайти за допомогою графічного аналізу.

Наприклад, при вивченні векторів у 9 класі: $x(m)$, $y(m)$.

Завдання:

- знайти координати точок на початку та в кінці руху;
- знайти проекцію векторів переміщень на координатну вісь;
- знайти модуль руху;
- виконати додавання векторів.

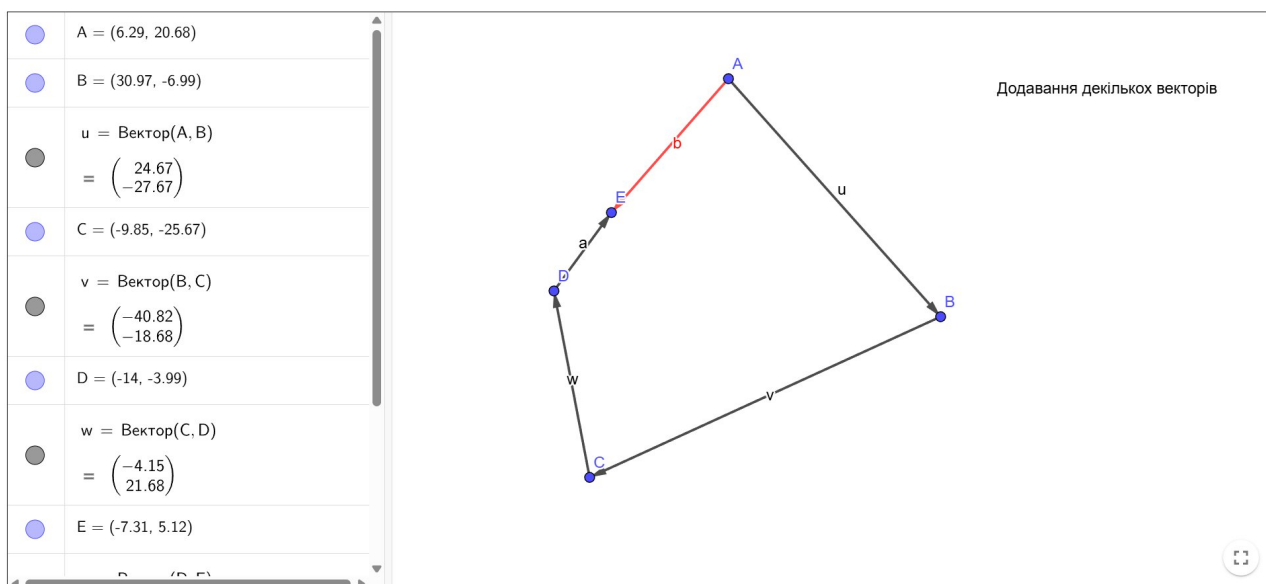


Рис. 1.5 Додавання векторів (<https://www.geogebra.org/classic/tvgr3bzw>)

В отриманій системі координат будемо довільну кількість векторів, координати кожного вектора (проекція на координатну вісь) та координати кожної точки відображаються на панелі об'єктів. Оскільки нам потрібен вектор переміщення, ми змінимо літеру u , w тощо на s . Панель об'єктів можна приховати під час виконання завдання, а показати для перевірки правильності.

Це більше схоже на налаштований вектор, модуль вже можна розрахувати за формулою, використовуючи теорему Піфагора, але в GeoGebra все набагато простіше, достатньо вибрати на панелі об'єктів "Відстань або довжина" та вказати потрібний вектор.

Додавання векторів (рис. 1.5) можна виконати графічно двома способами – трикутником і паралелограмом. Для цього, для спрощення, залишаємо два вектори або координати осей паралельними та використовуємо паралельне перенесення, потім виконуємо суму векторів і знаходимо його довжину.

Розглянемо приклад задачі, що містить графік тригонометричної функції. Нам потрібно дослідити гармонічні коливання $(x(t), v(t), a(t))$ у механічних або електромагнітних коливаннях $(i(t), u(t), q(t))$.

Гармонічні коливання – це коливання, що відбуваються за законом синуса або косинуса. Графік гармонічних коливань – це синусоїда або косинусоїда. Усі

характеристики коливального руху можна визначити за допомогою графіка коливань (Рис. 1.6).

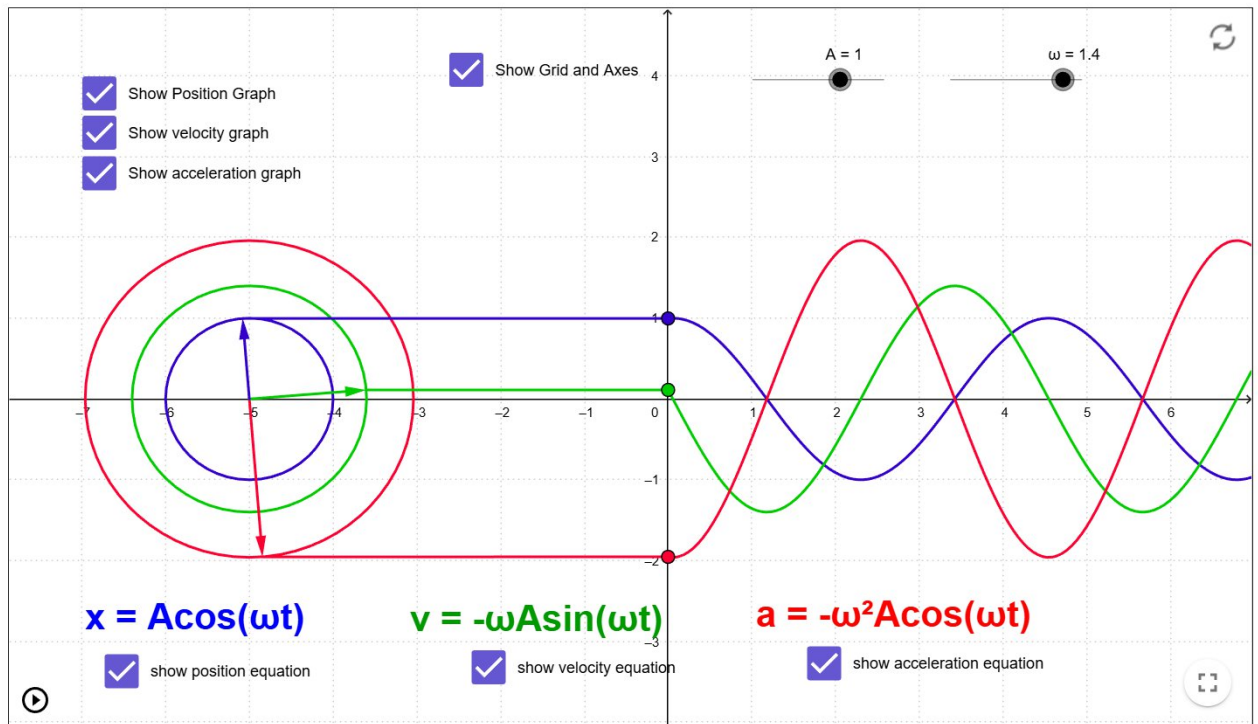


Рис. 1.6 Графіки гармонічних коливань
(<https://www.geogebra.org/classic/tvgr3bzw>)

Завдання: використовуючи графік зміни координати тіла, що коливається, з часом, визначити:

- амплітудні коливання;
- період коливань;
- кутова частота;
- максимальна швидкість;
- максимальне прискорення;
- написати рівняння, що залежить від $x(t)$;
- знайти координати тіла через 2 с після початку відліку часу.

За допомогою повзунка ми можемо легко змінити зовнішній вигляд графіка та продемонструвати, як змінюватиметься графік гармонічного коливання при зміні параметрів a , b , c тощо, амплітуди, циклічної частоти та початкової фази коливань.

Знайти амплітуду та період коливань на графіку буде легко кожному, але інструменти GeoGebra допоможуть нам визначити період та продемонструють усі варіанти, як це зробити. Під час знаходження амплітуди автоматично з'являється підказка, що це відстань до осі абсцис.

На завершення варто зазначити, що використання програми GeoGebra на уроках сприяє більш раціональному використанню навчального часу на різних етапах заняття, дає змогу ефективно реалізовувати диференційований підхід у навчанні та організовувати індивідуальну роботу учнів із застосуванням персонального комп'ютера. Крім того, робота з динамічними моделями розширює кругозір школярів і формує цілісне уявлення про можливості сучасних цифрових інструментів у навчальному процесі.

Очікувані результати впровадження цієї технології проявляються у зростанні інтересу учнів до вивчення предмета, підвищенні рівня їхньої самооцінки та розвитку навичок самоконтролю. Водночас GeoGebra заохочує школярів до відкриття й опанування нових інформаційних технологій, стимулює бажання поглиблювати власні знання та ділитися ними з однолітками. На мою думку, цей додаток доцільно використовувати не лише вчителям математики, а й учителям фізики – як ефективний демонстраційний інструмент і засіб створення дидактичних матеріалів з тих розділів фізики, де необхідні побудова, аналіз і інтерпретація графіків.

ВИСНОВКИ ДО I РОЗДІЛУ

Інтегрований підхід у навчанні є фундаментальним дидактичним принципом, який забезпечує формування у школярів цілісної наукової картини світу та системних знань про природу. Він виконує низку ключових функцій: методологічну, освітню, розвиваючу, виховну та конструктивну.

Важливо розрізняти «міжпредметні зв'язки» (використання відомостей з одного предмета як допоміжного матеріалу для іншого) та «інтеграцію» (створення нового цілісного моноліту на основі однотипних елементів різних дисциплін).

Зв'язок між курсами фізики та математики є традиційним і глибоким. Математика надає фізиці не лише обчислювальний апарат, а й методи моделювання реальних явищ, тоді як фізика ставить перед математикою нові завдання, що стимулюють розвиток математичних теорій.

Реалізація інтеграційних зв'язків відбувається через різні типи уроків (фрагментарні, вузлові, інтегровані) та використання міжпредметних завдань, які вимагають залучення знань із декількох дисциплін одночасно.

Інтеграція знань сприяє розвитку творчих здібностей учнів, зокрема таких показників, як гнучкість, швидкість та оригінальність мислення. Ефективними інструментами для цього є інтегровані задачі (текстові, графічні, експериментальні) та завдання відкритого типу.

Систематичне впровадження інтеграції фізики та математики підвищує мотивацію учнів, розвиває навички самостійного пошуку знань та дозволяє ефективно реалізовувати диференційований підхід у навчанні.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ІНТЕГРОВАНИХ УРОКІВ МАТЕМАТИКИ І ФІЗИКИ

2.1. Основні типи математичних задач на інтегрованих уроках математики і фізики в старших класах

Розв'язання фізичних задач — це важливий етап у вивченні фізики. Такі задачі допомагають учням глибше зрозуміти суть фізичних явищ, закріпити теоретичні знання, сформувані вміння застосовувати математичні методи у природничих науках, а також розвивати логічне мислення, просторову уяву й дослідницькі здібності.

Основні типи математичних задач на інтегрованих уроках математики і фізики можна розділити на кілька груп:

1. Задачі на обчислення фізичних величин.

Ці задачі вимагають від учнів застосування математичних формул для обчислення фізичних величин, пов'язаних з механічними, тепловими, електричними, хвильовими та іншими процесами. Наприклад, це можуть бути задачі на обчислення швидкості, прискорення, сили, тиску, роботи, потужності, імпульсу, напруги, сили струму, опору, температури, кількості теплоти, енергії та інших величин.

2. Задачі на розв'язування фізичних рівнянь і законів.

Ці задачі вимагають від учнів уміння застосовувати фізичні закони у вигляді рівнянь для знаходження невідомих величин. Наприклад, це можуть бути задачі на використання законів Ньютона, рівнянь рівноприскореного руху, закону Ома, рівняння теплового балансу, рівняння хвилі, рівняння стану газу, законів Кулона та інших. Такі задачі поєднують алгебраїчні, графічні та функціональні методи розв'язування.

3. Задачі на застосування законів фізики у практичних ситуаціях.

Ці задачі вимагають від учнів розуміння законів фізики та уміння застосовувати їх для аналізу й розв'язання прикладних завдань. Наприклад, це можуть бути задачі на визначення параметрів руху тіл у побуті та техніці, на

обчислення енерговитрат у різних пристроях, на аналіз теплових процесів, на моделювання коливань і хвиль, на оцінювання сили струму у реальних електричних колах.

4. Задачі на застосування математичних методів у фізиці.

Ці задачі вимагають від учнів володіння математичними методами – математичним аналізом, статистикою, теорією ймовірності, векторною алгеброю, функціями та графіками — для дослідження фізичних явищ. Наприклад, це можуть бути задачі на побудову і аналіз графіків руху, на визначення швидкості та прискорення через похідні, на обчислення роботи через інтеграли, на статистичну обробку результатів експерименту, на моделювання коливальних процесів та хвиль.

За метою фізичні задачі можна розділити на такі види:

1) Задачі на обчислення

Це задачі, у яких потрібно знайти значення фізичних величин, що характеризують певні фізичні явища або процеси. Наприклад, потрібно знайти швидкість тіла, прискорення, силу, тиск, силу струму, напругу, опір провідника, кількість теплоти, частоту коливань, енергію тощо.

2) Структурні задачі

Це задачі, у яких потрібно встановити внутрішню будову або модель процесу, що пояснює фізичне явище. Наприклад, потрібно визначити структуру електричного кола за заданими параметрами, встановити модель руху тіла (рівноприскорений, рівномірний, гармонічний), визначити тип теплопередачі в системі або побудувати схему взаємодії сил, що діють на тіло.

3) Кінетичні задачі

Це задачі, у яких потрібно визначити характеристики процесів, що змінюються з часом. Наприклад, потрібно знайти час руху тіла, тривалість проходження коливання, період чи частоту коливань, час заряджання або розряджання конденсатора, час нагрівання або охолодження тіла.

4) Енергетичні задачі

Це задачі, у яких потрібно визначити зміни енергії, що супроводжують фізичні процеси.

Наприклад, потрібно знайти роботу сили, механічну або електричну енергію, теплову енергію, потужність механізму, кількість теплоти, ККД пристрою, зміну внутрішньої енергії тіла.

За типом фізичних явищ, які в них описуються, фізичні задачі можна розділити на такі види:

1) Задачі з механіки

Це задачі, у яких описується рух та взаємодія тіл. Наприклад, задачі на рівномірний і рівноприскорений рух, падіння тіл, рух по колу, закони Ньютона, сили тертя, імпульс, механічну енергію. Такі задачі часто інтегруються з математикою через функції, графіки руху, похідні й інтеграли.

2) Задачі на теплові явища

Це задачі, пов'язані з нагріванням і охолодженням тіл, зміною агрегатного стану та передачею теплоти. Наприклад, задачі на визначення кількості теплоти, питомої теплоємності, роботи газу, рівняння стану, теплові двигуни, ККД. Тут широко застосовуються рівняння, пропорції, логарифмічні залежності.

3) Задачі на електромагнітні явища

Це задачі на електричні, магнітні та електромагнітні процеси. Наприклад, задачі на силу струму, напругу, опір, електричні кола, електромагнітну індукцію, магнітне поле, електростатику. Особливо вдало інтегруються з математикою через лінійні, квадратичні залежності та графічні моделі електричних кіл.

4) Хвильові та коливальні явища

Це задачі, у яких розглядаються механічні та електромагнітні хвилі, а також коливання різних систем. Наприклад, задачі на період, частоту, амплітуду, довжину хвилі, швидкість поширення хвиль, резонанс. Такі задачі пов'язані з тригонометричними функціями та гармонічними моделями — важлива точка інтеграції з математикою.

5) Оптичні явища

Це задачі, у яких описуються закони поширення світла та взаємодія світлових променів з речовиною. Наприклад, заломлення і відбивання світла, оптична сила лінз, збільшення оптичних систем, інтерференція та дифракція. Для розв'язання часто використовують геометричні побудови й функціональні залежності.

б) Ядерні та квантові явища

Це задачі, пов'язані зі структурою атома, радіоактивністю, ядерними реакціями та квантовими процесами. Наприклад, задачі на період напіврозпаду, енергію ядерних перетворень, фотоелектричний ефект. Тут важливі експоненціальні залежності, енергійні співвідношення та статистичні підходи.

2.2 Засоби, прийоми і методи реалізації міжпредметних інтеграцій курсів фізики і математики в старших класах

Як зазначалося у першому розділі кваліфікаційної роботи, для міцності засвоєння знань, необхідно застосовувати інтегровані уроки. Складні, на перший погляд, завдання нерідко стають простіше і доступніше для розв'язування учнями, якщо почати застосовувати вже здобуті знання з інших навчальних предметів. Щоб знання, що здобуваються учнями в освітньому процесі, постійно закріплювалися і не забувалися, їх необхідно постійно включати при розв'язуванні нових завдань.

В освітньому процесі міжпредметні зв'язки виступають в якості підсилювача всіх сучасних дидактичних принципів навчання. Наприклад, на уроці фізики в 10 класі, «Закон збереження енергії». Учні починають засвоювати і розуміти матеріал краще, коли даний фундаментальний закон доводиться з використанням математичних методів, учні починають бачити використання математичного апарату в фізиці. Математичні знання часто використовуються в курсі фізики для пояснення і доказів фізичних законів і процесів. Весь освітній процес на уроках фізики і математики повинен будуватися таким чином, щоб знання учнів з цих дисциплін узгоджувалися між собою.

Для ефективного використання міжпредметних зв'язків на уроках фізики слід грамотно підходити до організації уроку і правильно підбирати форми навчання, цьому необхідно приділити особливу увагу:

1. Комплексної постановки завдань уроку. Усі навчальні заняття повинні бути збудовані таким чином, щоб в них об'єдналися освітні, розвиваючі та творчі завдання фізики;

2. Комплексної розробки змісту уроку. Так як фізика і математика споріднені дисципліни, що мають взаємопов'язані теми, які лежать в основі доказів фізичних законів і процесів, необхідно включати в освітній процес при вивченні відповідних тем на уроках математики.

3. Організації пізнавальної діяльності. Для того щоб учні активно почали застосовувати математичні знання для розв'язування фізичної задачі, необхідно виробляти у них уміння роботи з такими завданнями.

4. Комплексному використанню засобів і методів навчання. На уроках математики необхідно розглядати з учнями завдання, з використанням графіків перебігу фізичних процесів, вивчати властивості функцій, пов'язаних з фізичним застосуванням (наприклад, зміна змінного струму відбувається за законом синуса).

5. Комплексного поурочного планування. Вчителі фізики та математики і повинні працювати спільно, узгоджувати теми уроків. Хоча сучасні освітні програми вимагають від педагогів встановлення міжпредметних зв'язків, але реалізується це не завжди. Це відбувається через те, що деякі теми з математики вивчаються набагато пізніше, ніж з фізики. Наприклад, поняття миттєвої швидкості, так як учні не знайомі з поняттям границі функції.

Щоб вчителям фізики і математики успішно використовувати міжпредметні зв'язки в старших класах на уроках, їм необхідно знати методи, засоби і прийоми, які дозволяють здійснити даний принцип. Умовно такі методичні прийоми можна розділити на дві групи:

- на звичайні, які допомагають встановлювати міжпредметні зв'язки математики і фізики;

- специфічні, які крім встановлення міжпредметних зв'язків збагачують процес навчання.

Таблиця 2.1

Методичні прийоми здійснення міжпредметних зв'язків

Методи і прийоми, орієнтовані на встановлення міжпредметних зв'язків	Специфічні для міжпредметних зв'язків методи і прийоми навчання
Включення у виклад вчителя навчального матеріалу з іншого предмета.	Бесіда на відтворення знань з іншого предмета.
Застосування наочних посібників, приладів, фрагментів навчальних відеофільмів.	Постановка проблемних питань.
Розв'язування кількісних і якісних завдань, кросвордів міжпредметного характеру.	Повідомлення учнів за матеріалами іншого предмета.
Залучення в лабораторних роботах з фізики знань з інших предметів.	Застосування ІКТ технологій в розрахунках на лабораторних заняттях з фізики
Робота з підручниками з кількох предметів на уроці.	Використання і виготовлення комплексних наочних посібників, узагальнюючих навчальний матеріал кількох предметів.
Виконання письмових робіт, які розробляються і оцінюються вчителями різних предметів.	Комплексні завдання, міжпредметні тексти, диференційовані з різних предметів групові завдання.
Ведення міжпредметних зошитів (виконання завдань з різних предметів, спрямованих на рішення загальної навчальної проблеми).	Групова робота вчителів по організації вивчення міжпредметних зв'язків.

Продовження таблиці 2.1

Повідомлення на комплексних семінарах про налагодження міжпредметних зв'язків.	Використання на уроках фізики деяких матеріалів екскурсій міжпредметних змісту.
Творчі завдання в лабораторних роботах з фізики міжпредметних характеру.	Завдання з фізики з використанням програмного забезпечення.
Звіти, реферати або завдання, складені учнями за матеріалами екскурсій міжпредметних змісту.	

Виділимо основні засоби, які допомагають проводити інтегровані уроки та реалізовувати міжпредметні зв'язки між фізикою та математикою в навчальному процесі:

- завдання, для розв'язування яких необхідні знання математики і фізики (до цієї групи можна також віднести і завдання з прикладним змістом);
- порівняльний аналіз визначень і фізичних законів з метою встановлення міжпредметних зв'язків;
- узагальнюючі схеми;
- прилади та наочні посібники;
- моделі та макети, які демонструють процес роботи різних технічних приладів;
- лабораторні роботи міжпредметного характеру;
- домашні роботи, що вимагають від учнів творчих навичок міжпредметного характеру.

2.3 Розробка інтегрованих уроків фізики і математики в старших класах з використанням GeoGebra

Проведення інтегрованих уроків має на меті узагальнення суміжних знань і гармонійне поєднання певних розділів фізики і математики. Для цього необхідно використовувати лише ті форми організації освітнього процесу, які

сприяють здійсненню даних цілей і узагальнюють міжпредметні зв'язки обох дисциплін. Найбільш вдалі при цьому в старших класах будуть такі форми проведення уроків як: узагальнюючі уроки, уроки-лекції, уроки, конференції, уроки - «подорожі», семінари та екскурсії. Як психологічна основа, яка допомагає реалізовувати міжпредметні зв'язки, є процес встановлення асоціацій учнів знань одного предмета зі знаннями іншого. Психологи відзначають, що формування наукових знань відбувається на основі чотирьох рівнів їх систематизації:

I рівень - прості асоціації (факти і явища пов'язують безвідносно до системи даних явищ).

II рівень - обмежено-системні асоціації (встановлюються зв'язки між фактами і явищами в межах теми).

III рівень - внутрішньо-системні асоціації (зв'язок встановлюється в межах навчального предмета).

IV рівень - міжсистемні асоціації (встановлюються зв'язки між знаннями, які належать до різних наук).

Використання GeoGebra на уроках фізики – це потужний спосіб перейти від статичних формул у підручнику до живих, динамічних моделей. Хоча цей інструмент традиційно вважається математичним, його функціонал ідеально підходить для візуалізації фізичних процесів.

Ось основні напрямки та переваги застосування GeoGebra у навчанні фізики:

1. Візуалізація складних концепцій

GeoGebra дозволяє створювати інтерактивні моделі, де учні можуть змінювати параметри за допомогою «повзунків» і миттєво бачити результат: Кінематика: побудова графіків залежності координати від часу $x(t)$. Змінюючи початкову швидкість або прискорення, учень бачить, як трансформується парабола графіка.

Оптика: моделювання ходу променів у лінзах та дзеркалах. Можна рухати об'єкт і спостерігати, як змінюється розмір та характер зображення (уявне/дійсне).

Хвилі: демонстрація суперпозиції хвиль, інтерференції та дифракції.

2. *Моделювання експериментів (Віртуальні лабораторії)*. Коли в кабінеті фізики бракує обладнання, GeoGebra стає віртуальною лабораторією.

Динаміка: дослідження руху тіла під дією кількох сил. Учні можуть змінювати коефіцієнт тертя або кут нахилу площини.

Електродинаміка: візуалізація ліній магнітної індукції навколо провідника або розрахунок параметрів кола (закон Ома).

Балістика: Розрахунок польоту тіла, кинутого під кутом до горизонту, з урахуванням опору повітря або без нього.

3. Аналіз даних. GeoGebra – чудовий інструмент для обробки результатів реальних лабораторних робіт. Учні вводять дані вимірювань у таблицю. Програма будує точки на площині.

Наведемо розробки інтегрованих уроків фізики і математики в старших класах.

Тема: *Рух тіла, кинутого під кутом до горизонту.*

Форма проведення: інтегрований урок з фізики та математики (фізика – кінематика, математика - функції та графіки, вектори).

Тип уроку: урок засвоєння нових знань та формування практичних умінь.

Ресурс: GeoGebra Material: Рух тіла під кутом до горизонту (<https://www.geogebra.org/m/ue8qqgma>).

Мета уроку:

Навчальна:

Фізика: Вивести рівняння руху тіла, кинутого під кутом до горизонту; дослідити залежність дальності польоту та висоти підйому від початкової швидкості та кута кидання; з'ясувати умови максимальної дальності польоту.

Математика: застосувати векторний метод для розкладання швидкості на складові; інтерпретувати рух тіла як графік квадратичної функції (параболу); проаналізувати параметричне задання функції.

Розвивальна: формувати навички комп'ютерного моделювання фізичних процесів, верифікації розрахункових даних за допомогою інтерактивної моделі.

Виховна: виховувати здатність до дослідження, уміння оцінювати свою діяльність; формувати компетенції саморозвитку й самоосвіти, комунікативні компетенції.

Обладнання: Комп'ютер вчителя, проектор (або інтерактивна дошка), гаджети учнів (планшети/ноутбуки) з доступом до Інтернету.

Хід уроку

I. Організаційний етап (2 хв)

Перевірка готовності, активація посилання на GeoGebra на пристроях учнів.

II. Актуалізація опорних знань (Інтегроване бліц-опитування) (5 хв)

1. Математика:

Як знайти проекцію вектора на осі Ox та Oy , якщо відома його довжина і кут нахилу? ($a_x = |a| \cos \alpha$, $a_y = |a| \sin \alpha$).

Що є графіком функції $y = ax^2 + bx + c$? Куди напрямлені вітки, якщо $a < 0$?

2. Фізика:

Який вид руху відбувається по горизонталі, якщо опір повітря відсутній? (Рівномірний).

Який вид руху по вертикалі? (Рівноприскорений з прискоренням g).

III. Вивчення нового матеріалу (Теорія + Візуалізація) (15 хв)

1. Виведення рівнянь руху (Дошка)

Учитель фізики разом з учнями записує рівняння в проекціях:

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha; x = v_0 t \cos \alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha; y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

2. Отримання рівняння траєкторії (Математика)

Виражаємо час t з першого рівняння і підставляємо в друге. Отримуємо:

$$y = (\operatorname{tg} \alpha) \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \cdot x^2$$

Вчитель математики: "Подивіться на це рівняння. Це функція виду

$$y = ax^2 + bx,$$

де x — це дальність. Графіком є парабола, вітки якої направлені вниз (бо перед x^2 стоїть мінус). Вершина параболи — це максимальна висота підйому."

IV. Експериментально-дослідницька робота в GeoGebra (15 хв)

Учні відкривають посилання <https://www.geogebra.org/m/ue8qqgma>.

Примітка: Інтерфейс цієї моделі (рис. 2.1) містить повзунки для зміни кута α , швидкості v_0 та кнопку "Пуск/Анімація".

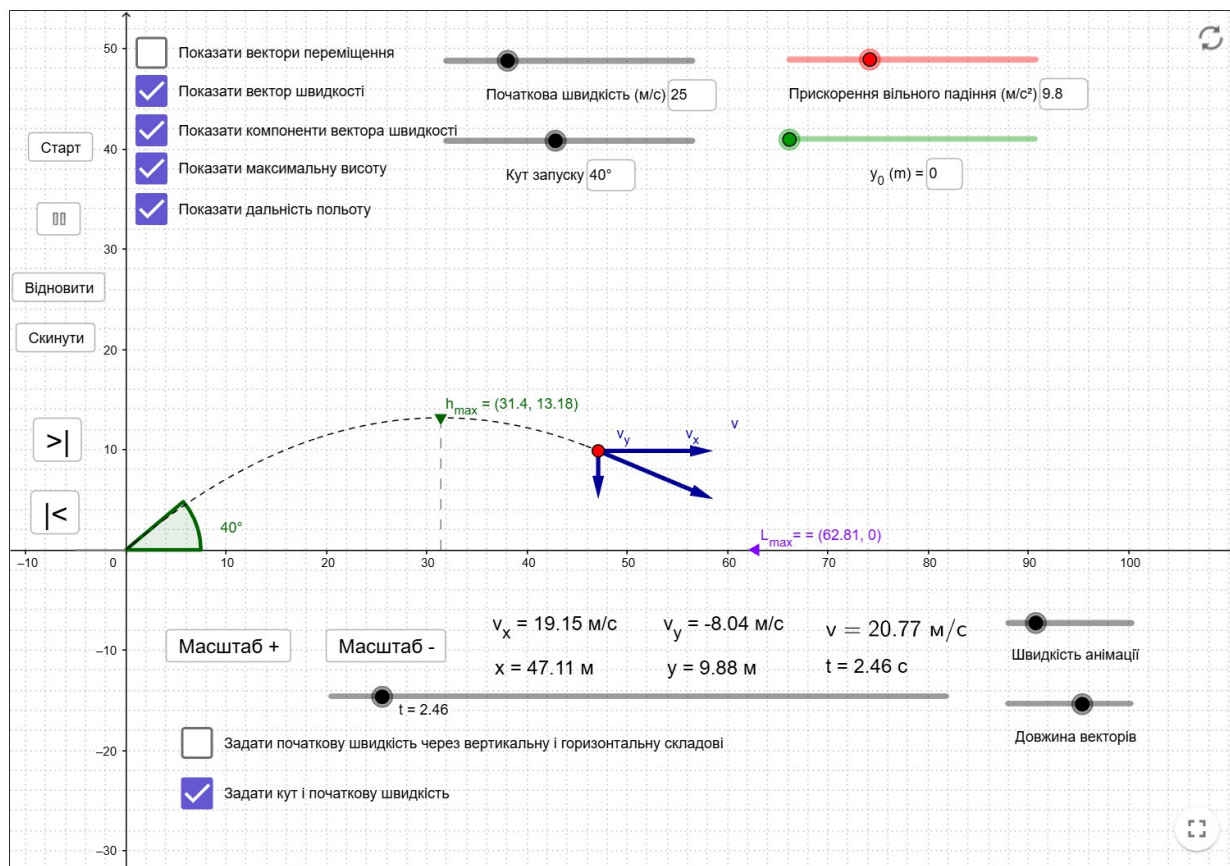


Рис. 2.1 Розробка до уроку «Рух тіла, кинутого під кутом до горизонту»

Завдання 1. Дослідження впливу початкової швидкості.

Дія: Встановіть кут $\alpha = 45^\circ$. Змінійте швидкість v_0 від 10 м/с до 30 м/с.

Спостереження: Як змінюється висота і дальність? (Зростають).

Математичний висновок: Параметр v_0 стоїть у знаменнику коефіцієнта біля x^2 . Збільшення v_0 "розширює" параболу.

Завдання 2. Пошук кута максимальної дальності (Ключовий момент).

Дія: Зафіксуйте $v_0 = 20$ м/с. Змінійте кут α з кроком $10 - 15^\circ$ ($15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$).

Запис даних: Учні заносять дальність польоту для кожного кута в таблицю.

Висновок: При якому куті дальність найбільша? (Учні мають експериментально підтвердити 45°).

Завдання 3. "Симетрія" траєкторій.

Дія: Запустіть тіло під кутом 30° , зафіксуйте точку падіння. Тепер, не змінюючи швидкість, запустіть під кутом 60° .

Питання: Що ви помітили щодо дальності польоту?

Результат: Дальність однакова.

Математичне обґрунтування: $\sin(2\alpha)$ (який входить у формулу дальності) має однакові значення для кутів α та $90^\circ - \alpha$.

V. Розв'язування компетентнісної задачі (5 хв)

Задача: "Футболіст хоче перекинути стінку суперників висотою 2,5 м, яка стоїть на відстані 10 м. Він б'є по м'ячу зі швидкістю 15 м/с під кутом 60° . Чи перелетить м'яч стінку?"

1. Розрахунок: Учні підставляють дані в рівняння траєкторії для $x=10$.
2. Перевірка: Вводять параметри ($v_0 = 15$ м/с, $\alpha=60^\circ$) в GeoGebra і дивляться значення у при $x=10$ (або візуально оцінюють проходження траєкторії).

VI. Підсумки уроку та рефлексія (3 хв)

Бесіда: Що спільного між струменем води з шланга та ударом м'яча? (Траєкторія — параболою).

GeoGebra: Чи допомогла програма зрозуміти, чому дальність при 30° і 60° однакова?

VII. Домашнє завдання

1. Теорія: Вивчити параграф підручника.
2. Практика: Використовуючи ту ж саму модель GeoGebra, знайти (підбором), під яким кутом треба кинути тіло зі швидкістю 25 м/с, щоб влучити в мішень, що знаходиться на відстані 50 м. Результат перевірити розрахунком.

Тема: *Рух тіла по похилій площині під дією кількох сил.*

Тип уроку: комбінований урок (засвоєння нових знань + віртуальна лабораторна робота).

1. Мета уроку:

Навчальна: сформувати алгоритм розв'язання задач на рух тіла по похилій площині; навчити учнів проєктувати сили на осі координат у випадку похилої опори.

Розвивальна: розвивати навички роботи з інтерактивними моделями (GeoGebra), логічне мислення та вміння аналізувати залежність прискорення від кута нахилу та коефіцієнта тертя.

Виховна: виховувати самостійність під час виконання віртуального експерименту.

Обладнання: Комп'ютер, планшети для учнів, інтерактивний застосунок GeoGebra (<https://www.geogebra.org/m/zwxmrc5>), мультимедійна дошка.

Хід уроку

I. Організаційний етап (2 хв)

Привітання, перевірка готовності учнів до уроку.

II. Актуалізація опорних знань (5 хв)

Фронтальне опитування:

1. Сформулюйте II закон Ньютона.
2. Які сили діють на тіло, що лежить на горизонтальній поверхні?

3. Як знайти проєкцію вектора на вісь, якщо вектор напрямлений під кутом α ?

III. Мотивація та вивчення нового матеріалу (10 хв)

Проблема: Чи завжди тіло ковзає по похилій площині? Від чого залежить його прискорення?

Теоретичне виведення (на дошці разом з учнями):

1. Малюємо похилу площину з кутом α .
2. Позначаємо сили: $F_{тяж}$ (вниз), N (перпендикулярно площині), $F_{тер}$ (проти руху).
3. Обираємо осі: OX – вздовж площини, OY – перпендикулярно до неї.
4. Записуємо II закон Ньютона: $m\vec{a} = \vec{F}_{тяж} + \vec{N} + \vec{F}_{тер}$.
5. Проєкції:

$$OX: ma = mg \sin \alpha - F_{тер}$$

$$OY: 0 = N - mg \cos \alpha \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

$$\text{Оскільки } F_{тер} = \mu N, \text{ то } a = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$$

IV. Робота з симуляцією GeoGebra (15 хв)

Учні відкривають посилання: <https://www.geogebra.org/m/zwxmrc5>

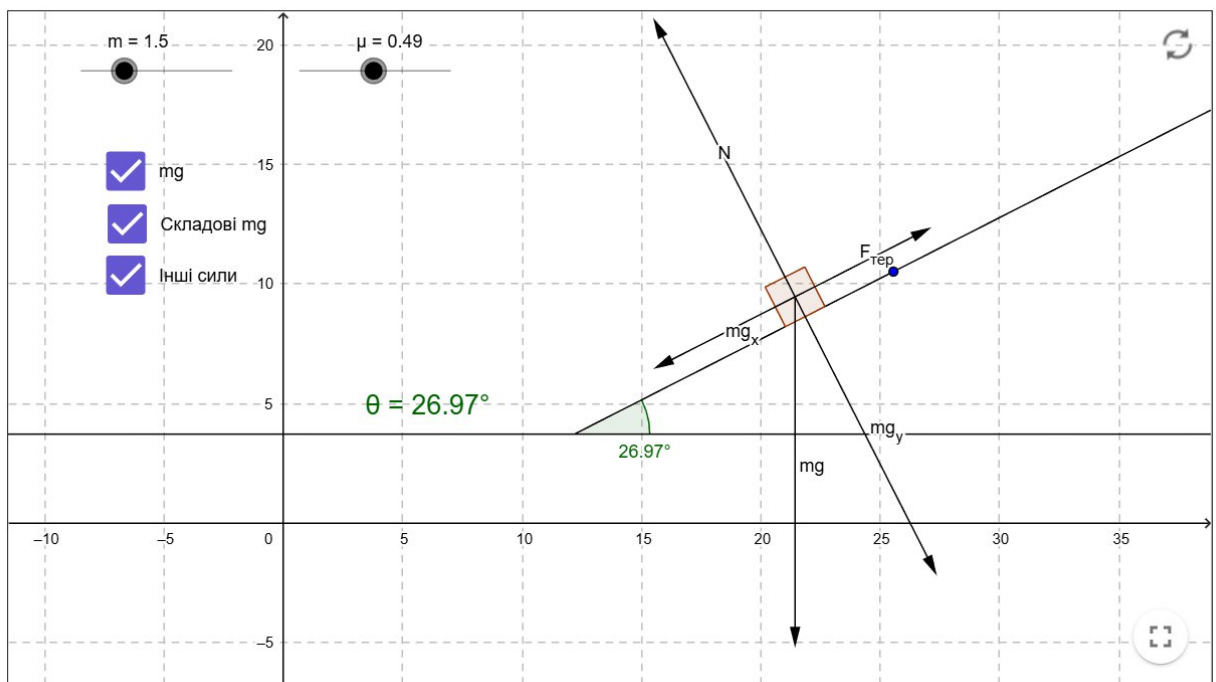


Рис. 2.2 Розробка до уроку «Рух тіла по похилій площині»

Інструкція для учнів:

В застосунку ви бачите тіло на похилій площині. Ви можете змінювати повзунками кут нахилу (α), коефіцієнт тертя (μ) та масу (m).

Завдання 1. «Умова початку руху»

Встановіть $\mu = 0,3$. Поступово збільшуйте кут α .

Знайдіть мінімальний кут, при якому тіло починає рухатися.

Перевірка: Порівняйте результат із теоретичним ($\tan \alpha > \mu$).

Завдання 2. «Дослідження прискорення»

Зафіксуйте кут $\alpha = 30^\circ$.

Змінюйте масу тіла. Чи змінюється прискорення в симуляції? (Учні мають побачити, що прискорення не залежить від маси).

Встановіть $\mu = 0$ (ідеально гладка поверхня). Виміряйте прискорення. Порівняйте з розрахунком $a = g \sin \alpha$.

Завдання 3. «Гальмування»

Встановіть велике значення μ та малий кут. Спостерігайте за вектором рівнодійної сили.

V. Закріплення знань (8 хв)

Розв'язування розрахункової задачі:

Задача: Тіло зісковзує з похилої площини завдовжки 2 м, яка нахилена під кутом 45° . Коефіцієнт тертя 0,2. Визначити час спуску.

(Учні використовують формулу $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$ та кінематичне рівняння $S = \frac{at^2}{2}$).

VI. Підбиття підсумків та рефлексія (3 хв)

Що допомагає візуалізувати симуляція GeoGebra (напрямки сил, зміна векторів)?

Чи підтвердилися теоретичні формули під час віртуального експерименту?

VII. Домашнє завдання (2 хв)

1. Опрацювати параграф підручника.

2. Виконати письмово задачу: «З яким прискоренням піднімається тіло вгору по похилій площині з кутом 30° , якщо йому надали початкову швидкість? $\mu = 0,1$ ».

3. Експериментально (за допомогою GeoGebra) перевірити: при якому співвідношенні μ та α тіло буде рухатися рівномірно ($a = 0$)?

Тема: *Гармонічні коливання.*

Мета уроку:

Навчальна:

Фізика: Закріпити поняття коливального руху, амплітуди, періоду, частоти та фази коливань; з'ясувати фізичний зміст похідної координати за часом.

Математика: Удосконалити навички побудови та перетворення графіків тригонометричних функцій $y = A \sin(\omega x + \varphi)$; показати застосування похідної для знаходження миттєвої швидкості.

Розвивальна: Розвивати вміння моделювати процеси за допомогою ПЗ GeoGebra, аналізувати графіки, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки.

Виховна: Формувати науковий світогляд, демонструючи єдність законів природи та математики.

Тип уроку: Урок формування нових знань (інтегрований урок).

Обладнання: Мультимедійний проектор, комп'ютер з встановленим ПЗ GeoGebra, демонстраційний маятник (пружинний або математичний).

Хід уроку

I. Організаційний етап (2 хв)

Привітання, перевірка готовності класу.

II. Мотивація навчальної діяльності (5 хв)

Учитель фізики: Демонструє коливання маятника. Запитує: "Які процеси в природі є періодичними?" (биття серця, зміна дня і ночі, звукові хвилі).

Учитель математики: Як описати цей рух мовою формул? Ми знаємо, що це періодичний рух. Які функції в математиці є періодичними? (Синус і

косинус). Сьогодні ми поєднаємо механіку та тригонометрію, щоб створити "цифрового двійника" цього маятника.

III. Актуалізація опорних знань (7 хв)

Фронтальне опитування:

1. (Фізика) Що таке амплітуда, період (T), частота (ν), циклічна частота (ω)?
2. (Математика) Як впливають коефіцієнти A , k , b на графік функції
3. $y = A \sin(kx + b)$? (Розтяг вздовж осей, зсув).
4. (Математика) Геометричний та фізичний зміст похідної (швидкість зміни функції).

IV. Вивчення нового матеріалу (Практична робота в GeoGebra) (20 хв)

Учні ознайомлюються з моделлю (рис. 2.3) гармонічних коливань у середовищі GeoGebra (<https://www.geogebra.org/m/htzz3fj3>)

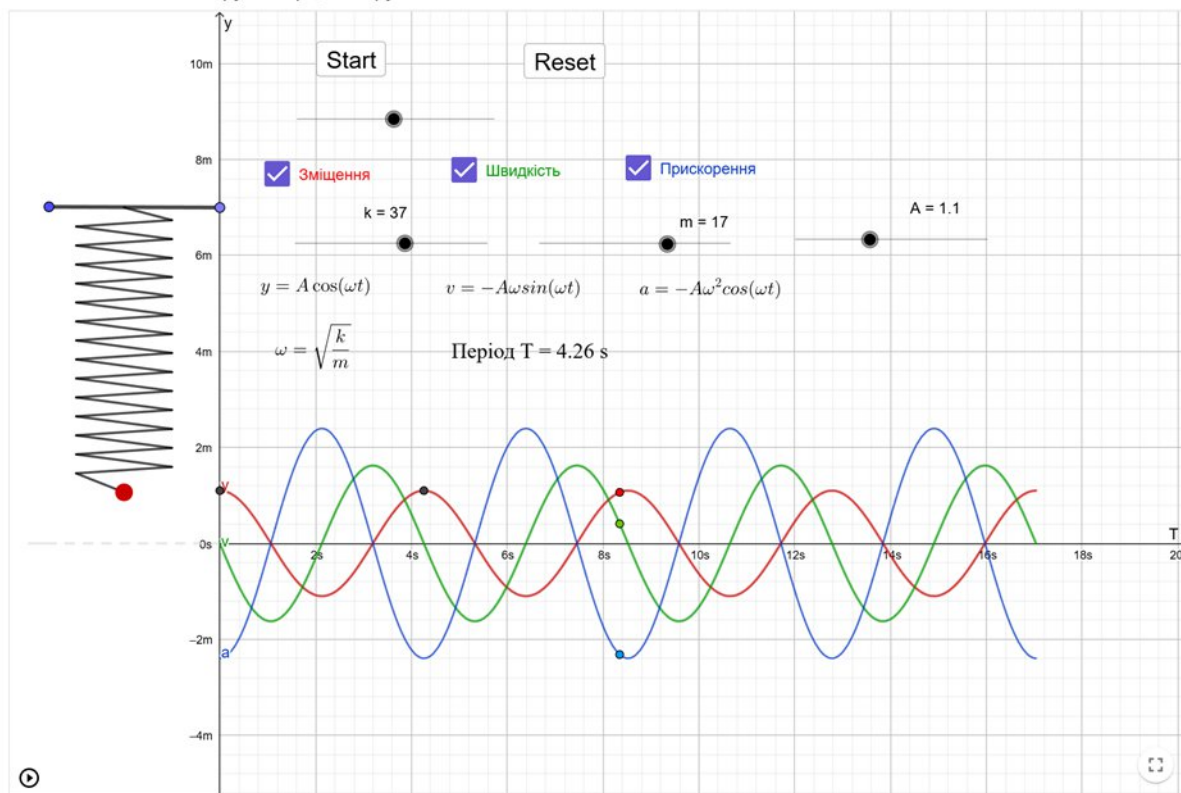


Рис. 2.3 Розробка до уроку «Гармонічні коливання»

Крок 1. Побудова моделі координати.

Учні вводять функцію координати тіла:

$$y(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$$

Створюють повзунки (sliders) для параметрів:

A (Амплітуда): від 0 до 5.

ω (Циклічна частота): від 0 до 10.

φ (Початкова фаза): від 0 до 2π

Крок 2. Дослідження (Інтегрований аналіз):

Завдання: Змінюйте повзунок A .

Спостереження: Графік розтягується по вертикалі.

Висновок: Впливає на максимальне відхилення тіла від рівноваги (Амплітуду).

Завдання: Змінюйте повзунок ω .

Спостереження: Графік стискається/розтягується по горизонталі ("гармошка").

Висновок: Змінюється період коливань ($T = \frac{2\pi}{\omega}$). Чим більша частота, тим швидше відбуваються коливання.

Крок 3. Швидкість як похідна (математика --> фізика).

Учитель математики пропонує знайти похідну функції $y(t)$ засобами GeoGebra (команда $\text{Derivative}(x)$).

З'являється графік: $v(t) = y'(t) = -A \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$.

Аналіз графіків: Учні накладають графік координати та швидкості.

Бачимо, що графік швидкості зсунутий відносно координати на чверть періоду.

Фізичний зміст: Коли маятник проходить положення рівноваги ($y=0$), його швидкість максимальна. У крайніх точках ($y=A$) швидкість дорівнює нулю.

V. Закріплення знань (8 хв)

Розв'язування задачі:

Дано рівняння руху тіла (в системі CI): $x = 0.05 \cos(10\pi t)$.

1. Визначити амплітуду, частоту та період коливань.
2. Записати рівняння швидкості $v(t)$.
3. За допомогою GeoGebra перевірити, якою буде координата та швидкість через $t = 0.1$ с.

Відповідь:

$$A = 0.05 \text{ м}, \omega = 10\pi \text{ рад/с.}$$

$$\text{Період } T = \frac{2\pi}{10\pi} = 0.2 \text{ с.}$$

$$v(t) = x'(t) = -0.5\pi \sin(10\pi t).$$

VI. Підбиття підсумків. Рефлексія (3 хв)

- Прийом "Незакінчене речення":
- "Сьогодні я зрозумів, що графік синуса в фізиці описує..."
- "Змінюючи параметр ω в GeoGebra, ми змінюємо фізичну величину..."

VII. Домашнє завдання

1. Опрацювати відповідний параграф підручника.
2. *Творче завдання:* у GeoGebra побудувати графік кінетичної енергії

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \text{ для розглянутого на уроці прикладу (прийняти } m=1 \text{ кг) і}$$

дослідити, як він змінюється у часі порівняно з потенціальною енергією.

2.4. Експериментальна перевірка ефективності розроблених інтегрованих уроків

Організація та етапи педагогічного експерименту

Метою експериментальної частини дослідження була перевірка гіпотези про те, що використання інтегрованих уроків з математики та фізики з залученням динамічного середовища GeoGebra сприяє підвищенню рівня навчальних досягнень учнів 10-х класів, розвитку їхнього пізнавального інтересу та формуванню цілісної наукової картини світу.

Експеримент проводився у три етапи:

1. *Констатувальний етап:* визначення початкового рівня знань та мотивації учнів.

2. *Формувальний етап*: впровадження розроблених інтегрованих уроків у навчальний процес.

3. *Контрольний етап*: аналіз результатів та порівняння показників контрольної та експериментальної груп.

Для проведення дослідження було обрано два 10-х класи НВК “ЗОШ І-ІІІ ст. – ДНЗ с. Великі Гаї” Великогаївської сільської ради Тернопільської області.

Контрольна група (КГ): 18 учнів (навчання проводилося за традиційною методикою, математика і фізика викладалися окремо без синхронізації тем та використання GeoGebra).

Експериментальна група (ЕГ): 17 учнів (навчання проводилося за розробленою методикою інтеграції з використанням комп'ютерного моделювання).

У ході формувального етапу в експериментальній групі було проведено серію інтегрованих уроків. Ключовою особливістю стало використання програмного забезпечення GeoGebra для візуалізації математичних моделей фізичних процесів.

Тема 1: "Рух тіла, кинутого під кутом до горизонту" (кінематика; властивості квадратичної функції).

На цьому уроці учні досліджували параболічний рух.

Математичний аспект: аналіз властивостей параболи, коефіцієнтів квадратичної функції $y = ax^2 + bx + c$.

Фізичний аспект: розкладання вектора швидкості, рівняння руху $x(t)$ та $y(t)$.

Робота в GeoGebra: учні використовували динамічну модель, де за допомогою повзунків змінювали початкову швидкість v_0 та кут кидання α . Це дозволило миттєво спостерігати зміну дальності польоту та висоти підйому, пов'язуючи це зі зміною вершини параболи.

Тема 2: "Рух тіла по похилій площині" (динаміка; вектори та геометрія).

Урок був спрямований на розв'язання задач з використанням векторного методу.

Математичний аспект: операції над векторами, проектування векторів на осі координат, співвідношення в прямокутному трикутнику.

Фізичний аспект: сили, що діють на тіло (тяжіння, реакція опори, тертя), другий закон Ньютона.

Робота в GeoGebra: побудова динамічної схеми сил. Зміна кута нахилу площини в програмі автоматично змінювала довжину векторів проєкцій сил $mg \sin \alpha$ та $mg \cos \alpha$, що дозволило учням зрозуміти умови рівноваги та прискореного руху без громіздких обчислень вручну на початковому етапі.

Тема 3: "Гармонічні коливання" (механіка; тригонометричні функції).

Інтеграція дозволила пояснити фізичну суть параметрів тригонометричних функцій.

Математичний аспект: побудова графіків функцій $y = A \sin(\omega t + \phi)$, дослідження впливу амплітуди, періоду та фази. Похідна як швидкість зміни функції.

Фізичний аспект: коливання математичного та пружинного маятників.

Робота в GeoGebra: візуалізація перетворення графіка синусоїди при зміні фізичних параметрів. Учні наочно побачили, що похідна від координати (графік синуса) є графіком швидкості (косинус), що спростило розуміння фазового зсуву на $\pi/2$.

Для оцінки ефективності методики було проведено підсумкове тестування, яке включало як розрахункові задачі, так і завдання на розуміння графіків та функціональних залежностей.

Таблиця 2.2

Рівні успішності учнів 10 класів

Рівень знань	Контрольна група (до)		Експериментальна група (до)		Контрольна група (після)		Експериментальна група (після)	
	К-сть	(%)	К-сть	(%)	К-сть	(%)	К-сть	(%)
Високий	2	11%	2	12%	3	17%	5	29%
Достатній	6	33%	5	29%	8	44%	8	47%
Середній	7	39%	8	47%	5	28%	3	18%
Початковий	3	17%	2	12%	2	11%	1	6%
Всього:	18	100%	17	100%	18	100%	17	100%

Аналіз діаграми успішності показує, що на початку експерименту рівень знань в обох групах був приблизно однаковим. Після впровадження інтегрованих уроків з GeoGebra в експериментальній групі спостерігається значне зростання якості знань (сума високого та достатнього рівнів) — з 41% до 76%. У контрольній групі цей показник зріс менш суттєво — з 44% до 61%.

Якісні зміни в експериментальній групі:

Візуалізація абстракцій: Учні краще розуміють зв'язок між формулою та реальним процесом. Наприклад, вони перестали сприймати параболу лише як "малюнок у зошиті з алгебри", а бачать у ній траєкторію реального тіла.

Економія часу: використання GeoGebra дозволило скоротити час на рутинні побудови графіків, вивільнивши його для аналізу фізичної суті явищ.

Підвищення мотивації: анкетування показало, що 85% учнів ЕГ зазначили, що уроки стали цікавішими, а складні теми (особливо тригонометрія у коливаннях) – зрозумілішими.

ВИСНОВКИ ДО II РОЗДІЛУ

Розв'язання фізичних задач визначено як ключовий етап навчання, що дозволяє учням глибше розуміти суть явищ та застосовувати математичні методи у природничих науках. Завдання розподілено на групи за методичною метою (обчислювальні, структурні, кінетичні, енергетичні) та за фізичним змістом (механіка, теплові явища, електродинаміка, хвильові, оптичні та квантові процеси).

Ефективність міжпредметної інтеграції забезпечується поєднанням традиційних методів (включення матеріалу іншого предмета у виклад, використання наочності) та специфічних прийомів (постановка проблемних питань, використання ІКТ, виконання комплексних домашніх та творчих завдань).

В основу реалізації зв'язків покладено процес встановлення асоціацій. Найвищим рівнем засвоєння знань визначено IV рівень — міжсистемні асоціації, коли учні здатні вільно встановлювати зв'язки між знаннями з різних галузей наук.

Використання GeoGebra дозволяє трансформувати статичні формули у динамічні моделі. Основними перевагами інструменту визначено: візуалізацію складних концепцій: інтерактивна зміна параметрів через «повзунки» для дослідження графіків руху, ходу променів в оптиці та суперпозиції хвиль; створення віртуальних лабораторій: можливість моделювання експериментів (балістика, динаміка, електродинаміка), що є критично важливим при браку реального обладнання; аналіз даних: автоматизація побудови графіків та обробки результатів лабораторних робіт.

Розроблені плани-конспекти (зокрема тем про рух під кутом до горизонту, рух по похилій площині та гармонічні коливання) демонструють, що інтеграція дозволяє одночасно досягати цілей обох предметів. Наприклад, виведення рівняння траєкторії руху тіла у фізиці безпосередньо пов'язується з властивостями квадратичної функції в математиці, що робить навчання більш осмисленим та цілісним.

Інтегровані уроки з використанням GeoGebra сприяють раціональному використанню часу, реалізації диференційованого підходу та стимулюють учнів до самостійного наукового пошуку.

ВИСНОВКИ

Аналіз науково-методичної літератури підтвердив, що математика і фізика є фундаментально пов'язаними дисциплінами. Проте в сучасній шкільній програмі їх викладання часто розсинхронізоване, що призводить до фрагментарності знань учнів. Інтегрований підхід дозволяє подолати цю проблему, демонструючи математику як мову фізики, а фізику – як сферу практичного застосування математичних абстракцій.

Встановлено, що використання динамічного середовища GeoGebra є ефективним засобом реалізації інтегрованого підходу. Програма дозволяє створювати динамічні моделі («живі креслення»), які візуалізують абстрактні математичні формули (графіки функцій, вектори) у контексті реальних фізичних процесів. Це сприяє переходу від репродуктивного до дослідницького рівня навчання.

Розроблено серію інтегрованих уроків для 10-го класу за темами "Рух тіла, кинутого під кутом до горизонту", "Гармонічні коливання" та "Рух тіла по похилій площині". Методика проведення цих уроків базується на паралельному вивченні фізичних явищ та їх математичного опису з використанням комп'ютерного моделювання.

Педагогічний експеримент підтвердив ефективність запропонованої методики. В експериментальній групі кількість учнів з високим та достатнім рівнем навчальних досягнень зросла на 27% (порівняно з 8% у контрольній групі).

Учні експериментальних класів продемонстрували глибше розуміння функціональних залежностей (зокрема тригонометричних та квадратичних функцій) та їх фізичного змісту. Спостерігалось підвищення пізнавального інтересу до вивчення предметів природничо-математичного циклу та формування навичок наукового моделювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Засєкіна Т. М. Інтеграція в шкільній природничій освіті: теорія і практика: монографія. Київ : Педагогічна думка, 2020. 400 с.
2. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В. Основи особистісно-орієнтованої технології формування фахових якостей майбутнього учителя фізики. *Фундаментальна та професійна підготовка фахівців з фізики*: матеріали ІХ Всеукр. наук. конф. Київ, НПУ, 2002. С. 31.
3. Хавіна І. В. Теоретичні аспекти інтегрованого навчання. Наук. вісн. Мелітопол. держ. пед. ун-ту. Серія: Педагогіка: зб. наук. пр. / Мелітопол. держ. пед. ун-т ім. Богдана Хмельницького. Мелітополь 2013. № 1. С. 81–83.
4. Шишкін Г.О. Теоретичні і методичні засади інтеграції змісту дисциплін природничо-математичного і професійного циклів підготовки майбутніх учителів технологій : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 / Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова, Київ, 2015.
5. Мерзляк А. Г., Номіровський Д. А., Полонський В. Б., Якір М. С. Алгебра і початки аналізу (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Харків: Гімназія, 2018. 400 с.
6. Бевз Г. П., Бевз В. Г., Владімірова Н. Г. Алгебра і початки аналізу (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Київ: Освіта, 2018. 336 с.
7. Істер О. С., Єргіна О. В. Алгебра і початки аналізу (профільний рівень): підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Київ: Генеза, 2018, 448 с.
8. Нелін Є. П. Алгебра і початки аналізу (профільний рівень): підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Харків: Ранок, 2018. 272 с.
9. Бевз Г. П., Бевз В. Г., Владіміров В. М., Владімірова Н. Г. Геометрія. (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Київ: Освіта, 2018. 272 с.

10. Мерзляк А. Г., Номіровський Д. А., Полонський В. Б., Якір М. С. Геометрія (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Харків: Гімназія, 2018. 272 с.
11. Істер О. С., Єргіна О. В. Геометрія (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Київ: Генеза, 2018, 240 с.
12. Нелін Є. П. Геометрія (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Харків: Ранок, 2018. 272 с.
13. Засекіна Т. М. Фізика (профільний рівень): підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Київ: Оріон, 2018. 304 с.
14. Бар'яхтар В. Г., Довгий С. О., Божинова Ф. Я., Кірюхіна О. О. Фізика (рівень стандарту) підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Харків: Ранок, 2018. 272 с.
15. Гельфгат І. М. Фізика (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Київ: Оріон, 2018. 256 с.
16. Сиротюк В. Д. Фізика (рівень стандарту) підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Київ: Генеза, 2018, 448 с.
17. Офіційна сторінка GeoGebra. URL: <https://www.geogebra.org>
18. Дубовик В., Рудницький С. Візуалізація навчального матеріалу в процесі підготовки майбутніх учителів математики засобами середовища GEOGEBRA. Фізико-математична освіта, 34(2). 2022. 33-37. URL: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-005>