

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Фізико-математичний факультет
Кафедра математики та методики її навчання**

**ВИКОРИСТАННЯ STEAM-ОРІЄНТОВАНИХ ПІДХОДІВ У НАВЧАННІ
МАТЕМАТИКИ НА БАЗОВОМУ РІВНІ ПІДГОТОВКИ**

Кваліфікаційна робота студентки
групи МІм-24
ступінь вищої освіти «магістр»
спеціальності
014.04. Середня освіта (Математика)
Майтак Анастасії Віталіївни
Керівник: канд. пед. наук, доцент
Крамаренко Т.Г.

ЗАПЕВНЕННЯ

Я, Майтак Анастасія Віталіївна, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Я не надавала і не одержувала недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело. Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомена. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ STEAM-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДО НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ.....	7
1.1. Поняття та сутність STEAM-навчання в закладах середньої освіти.....	7
1.2. Міжпредметні та внутрішньопредметні зв'язки у навчанні математики.....	15
Висновки до першого розділу.....	29
РОЗДІЛ II. МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ НА БАЗОВОМУ РІВНІ.....	31
2.1. Методика навчання розділу «Функції, їхні властивості та графіки» в закладах середньої освіти.....	31
2.2. Аналіз навчального матеріалу з розділу «Функції, їхні властивості та графіки» в підручниках для 10 класу щодо можливостей застосування STEM-навчання.....	39
Висновки до другого розділу.....	47
РОЗДІЛ III. ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ STEAM-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДО НАВЧАННЯ РОЗДІЛУ «ФУНКЦІЇ, ЇХНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ГРАФІКИ».....	49
3.1. Педагогічні умови реалізації STEAM у навчанні математики.....	49
3.2. Використання засобів цифрових технологій у STEAM-навчанні.....	60
3.3. Використання STEAM-проектів при вивченні розділу «Функції, їхні властивості та графіки».....	74
3.4. Бінарні та інтегровані уроки як одна із форм STEAM-навчання	84
Висновки до третього розділу.....	93
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	98
ДОДАТКИ.....	107

ВСТУП

Актуальність проблеми. Сучасний етап розвитку української освіти передбачає перехід до нової моделі організації навчання, визначеної Державним стандартом базової середньої освіти. Його реалізація потребує переосмислення підходів до освітнього процесу та добору методів, які відповідають філософії та цілям Концепції «Нова українська школа». Реформа загальної середньої освіти акцентує увагу не лише на зміні методик, а передусім — на створенні оновленого змісту освіти. Це передбачає пошук ефективних способів інтегрування навчальних предметів, посилення дослідницького характеру навчання, а також розроблення сучасних технологій і інструментів, що забезпечуватимуть якісне опанування знань та формування ключових компетентностей.

Сучасна освіта орієнтована на підготовку учнів до життя в умовах швидких змін та глобалізації, що потребує поєднання знань із різних предметних галузей. Застосування STEAM-підходу в математичному навчанні допомагає розвивати ключові навички, необхідні для сучасного світу: аналітичне мислення, креативність, здатність ефективно працювати в команді та володіння цифровими технологіями. Особливе значення мають міжпредметні зв'язки, адже математика є фундаментом для природничих наук, технічних дисциплін та творчих сфер. Завдяки інтеграції математики з іншими галузями учні можуть переносити знання на практику, вирішувати комплексні задачі та реалізовувати проєктні і дослідницькі завдання. Такий підхід не лише поглиблює розуміння цінності математики, але й стимулює інтерес до її вивчення та активну участь у навчальному процесі. В українській середній освіті питання впровадження STEAM-орієнтованого підходу є надзвичайно актуальним через необхідність модернізації освітнього процесу відповідно до нових державних стандартів. Актуальність дослідження обумовлена також потребою у створенні ефективних методик, які допоможуть учителям інтегрувати STEAM-елементи у навчання математики на базовому рівні підготовки. Це дозволить не лише вдосконалити якість математичної освіти, а

й підготувати учнів до майбутньої професійної діяльності у сферах, пов'язаних із наукою, технікою та інноваціями. Актуальність зазначеної проблеми, недостатній рівень її вивчення в педагогічній теорії та практиці зумовив вибір теми магістерського дослідження: «Використання STEAM-орієнтованих підходів у навчанні математики на базовому рівні підготовки».

Мета дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні та практичній реалізації використання STEAM-орієнтованих підходів у навчанні математики на базовому рівні підготовки.

Відповідно до поставленої мети визначено такі **завдання дослідження**:

1. Визначити поняття та сутність STEAM-навчання в контексті закладів середньої освіти.
2. Дослідити роль міжпредметних і внутрішньопредметних зв'язків у навчанні математики як основи для інтегрованого підходу.
3. Розробити методичні основи навчання розділу «Функції, їхні властивості та графіки» у закладах середньої освіти з використанням STEAM-орієнтованого підходу.
4. Провести аналіз навчального матеріалу підручників для 10 класу щодо відповідності змісту розділу «Функції, їхні властивості та графіки» можливостям впровадження STEAM-методів.
5. Визначити педагогічні умови реалізації STEAM-орієнтованого підходу у навчанні математики.
6. Дослідити можливості використання цифрових технологій для впровадження STEAM-методик.
7. Розробити STEAM-проекти і моделі бінарних та інтегрованих уроків з теми «Функції, їхні властивості та графіки».

Об'єкт дослідження – процес навчання математики у закладах середньої освіти на базовому рівні підготовки.

Предмет дослідження – використання STEAM-орієнтованих підходів у навчанні математики при вивченні розділу «Функції, їхні властивості та графіки».

Методи дослідження: теоретичні (аналіз наукової, психолого-педагогічної та методичної літератури, матеріалів наукових досліджень і публікацій у періодичних виданнях з проблеми STEAM-освіти – з метою визначення теоретичних засад дослідження); синтез, порівняння, узагальнення – для формування системного бачення використання STEAM-підходів у навчанні математики; абстрагування, індукція та дедукція – для з'ясування сутності основних понять дослідження («STEM», «STEAM», «інтегроване навчання», «цифрові освітні технології» тощо); моделювання та проєктування – для розробки прикладів бінарних і інтегрованих уроків, а також STEAM-проєктів із теми «Функції, їхні властивості та графіки»; систематизація та класифікація отриманої інформації – для формулювання узагальнень і висновків. Емпіричні (педагогічне спостереження за навчальним процесом у закладах середньої освіти; аналіз змісту підручників з математики для 10 класу з метою виявлення можливостей інтеграції STEAM-компонентів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у окресленні структури впровадження цифрових технологій та проєктної діяльності у викладанні математики; висвітленні моделі організації бінарних та інтегрованих уроків як однієї з форм реалізації STEAM-освіти; визначенні практичних шляхів застосування STEAM-проєктів для розвитку математичної, технологічної та творчої компетентностей учнів.

Апробація результатів роботи. Результати роботи були апробовані шляхом представлення тез на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми розвитку професійних компетентностей вчителів математичної, природничої та технологічної освітніх галузей», що відбулася 28 лютого 2025 року в місті Дніпро.

Структура роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та загальних висновків, списку використаних джерел, що налічує 79 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 131 сторінку. У роботі вміщено 6 додатків (на 25 сторінках).

РОЗДІЛ І. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ STEAM-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДО НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ

1.1. Поняття та сутність STEAM-навчання в закладах середньої освіти

STEAM-освіта — це інноваційний підхід, що поєднує технічні, природничі та мистецькі дисципліни задля формування цілісного світогляду та практичних навичок. Її головна мета полягає у підготовці школярів до життя в умовах сучасного інформаційного суспільства, де поряд із фаховими знаннями цінуються критичне мислення, креативність, здатність до інновацій і командної взаємодії.

Абревіатура STEM з'явилася у 2001 році завдяки ініціативі наукових адміністраторів Національного наукового фонду США (NSF). До цього у вжитку була інша назва — SMET, що позначала поєднання знань і навичок у професійно орієнтованих галузях. Біологиня Джудіт Рамалі, яка обіймала посаду помічника директора NSF з питань освіти та людських ресурсів, запропонувала змінити порядок слів і запровадила новий термін. Розшифровується STEM так: S – science (наука), T – technology (технології), E – engineering (інженерія, технічна творчість), M – mathematics (математика) [69].

STEM-освіта — це сучасна освітньо-наукова концепція, що ґрунтується на міждисциплінарному підході до навчання. Її головне завдання полягає у розвитку наукового мислення, формуванні ключових компетентностей, світоглядних орієнтирів та життєвих цінностей, необхідних для становлення особистості дослідника. Особливий акцент робиться на практичному застосуванні знань із природничих наук, математики, техніки та інженерії з метою розв'язання реальних проблем, що забезпечує підготовку учнів до майбутніх професійних викликів [23].

Для всебічного розвитку дитини важливо рівномірно активувати обидві

півкулі мозку та сприяти розвитку її творчих здібностей. У цьому допомагає мистецтво (Art), що стало підставою для розширення аббревіатури STEAM. STEAM-освіта передбачає інтеграцію природничих наук, технологій, інженерії, мистецтва та математики, пропонуючи творчий підхід до навчання. Вона поєднує не лише технічні, математичні та інженерні дисципліни, а й художні напрями — промисловий дизайн, архітектуру, індустриальну естетику та інші. Додаткова літера «А» також символізує концепцію «All», підкреслюючи важливість включення різних навчальних предметів для комплексного та взаємопов'язаного вивчення матеріалу [51].

Головне завдання STEAM-освіти полягає у гармонійному поєднанні теоретичних знань і практичних умінь учнів, а також у формуванні цілісного розуміння природничо-математичних дисциплін через інтеграцію проєктної діяльності. Учні навчаються не лише засвоювати теоретичний матеріал, а й ефективно застосовувати його на практиці, реалізуючи проєкти, що імітують реальні життєві ситуації. Завдяки STEAM-підходу розвивається міждисциплінарне мислення, яке допомагає усвідомлювати взаємозв'язки між різними галузями: як математичні моделі використовуються в інженерії, як технології сприяють візуалізації наукових ідей, а творчі підходи — покращують технічні рішення.

Одним із ключових завдань STEAM-освіти є розвиток навичок, важливих у XXI столітті. Серед них — креативність, що передбачає здатність створювати нові ідеї та рішення; критичне мислення, яке допомагає аналізувати дані та оцінювати факти й аргументи; командна робота, що включає ефективну комунікацію та співпрацю в групі; та технологічна грамотність, тобто вміння користуватися сучасними цифровими інструментами. Застосування інтерактивних і проєктних методів навчання підвищує зацікавленість учнів у процесі навчання. Робота зі створенням моделей, розв'язання інженерних завдань або інтеграція мистецтва робить навчальний процес більш цікавим і захопливим [35].

Окрім цього, STEAM-освіта спрямована на підготовку учнів до

майбутньої професійної діяльності, допомагаючи їм розуміти сучасний ринок праці та нові професії, що з'являються на перетині науки, технологій і мистецтва. Вона підтримує усвідомлений вибір кар'єрного шляху, особливо в галузях, пов'язаних з інноваціями та творчими технологічними рішеннями.

У праці «STEAM-освіта: сутність та історія ідеї» І. Романько підкреслює, що підходи STEM+ розширюють можливості для ефективного навчання, інтегруючи різні напрямки, зокрема творчі. Філософія STEAM-освіти будується на принципі: STEAM = природничі науки + технології, що спираються на математику, і реалізуються через мистецтво та інженерні практики. Погоджуємося з автором у тому, що STEAM — це не просто формальне об'єднання дисциплін, а концепція, що спрямована на розвиток компетенцій і викладання предметів через моделювання реальних життєвих ситуацій [28, с. 54].

Основою STEAM-освіти є міждисциплінарний підхід, що поєднує кілька предметів у єдину систему. Зокрема, інтегруються природничі науки, інженерна творчість, креативні дисципліни та математичні знання, при цьому зберігається точність і глибина наукових понять. Застосування STEAM-підходів дозволяє учням практично використовувати набуті знання, розвивати критичне мислення та інтегрувати сучасні технології, зокрема ІКТ, у навчальний процес і власний розвиток. Дослідники відзначають, що STEM-технології найбільш ефективні для груп із природничо-математичним та технологічним профілем, особливо у старшій школі, коли учні можуть побачити реальне застосування сучасних технологій. Це особливо важливо в період вибору навчального профілю, коли формується особистість учня та здійснюється свідомий вибір майбутньої професійної траєкторії [30, с. 67]. Також відзначається позитивний вплив інтеграції завдань гуманітарного та технічного спрямування. Це підтверджується, наприклад, під час розвитку комунікативної компетентності майбутніх учителів інформатики через виконання творчих проєктів [63, с. 36]. Застосування елементів STEAM-освіти під час вивчення іноземної мови в дистанційному форматі також має вагоме

значення, оскільки сприяє одночасному розвитку учнів у різних сферах та формує комплексні компетентності [55, с. 277].

Під час роботи над сучасними проектами учні проявляють креативність та використовують інноваційні підходи для досягнення поставлених цілей. У STEAM-освіті особливе значення має проєктний підхід, що передбачає застосування новітніх технологій і наукових досягнень. В. Андрієвська зазначає, що саме проєктна діяльність є однією з найбільш ефективних стратегій реалізації STEAM-освіти, оскільки вона сприяє формуванню дитини як творця. Працюючи над проєктами, учні інтегрують знання з різних предметів для розв'язання конкретних завдань, одночасно генерують нові ідеї та розвивають ключові компетенції, зокрема інформаційні, соціальні та полікультурні [76, с. 17]. Слід відзначити, що не всі проєкти можна виконувати індивідуально. STEAM-освіта передбачає командну роботу, під час якої учні спільно розв'язують поставлені завдання, створюючи прототипи продуктів або реалізуючи проєкти разом.

Варто підкреслити, що учні не можуть одразу приступати до реалізації STEAM-проєктів без попередньої базової підготовки. Впровадження STEAM у навчальний процес має на меті підготовку учнів до практико-орієнтованого навчання. У цьому процесі важливу роль відіграють не лише учні, а й вчителі. На відміну від традиційного навчання, у STEAM-освіті вчитель виступає консультантом або наставником, надаючи рекомендації та підтримку у розв'язанні навчальних завдань. STEAM-освіта передбачає створення високоякісного STEAM-орієнтованого освітнього середовища, яке дозволяє учням зануритися у цифровий простір і здобути сучасні компетентності. Для ефективного функціонування такого середовища необхідно забезпечити доступ до електронних освітніх ресурсів та активно використовувати наявні платформи. Додатково важливе застосування аналітично-інформаційних систем, що підтримують наукові дослідження, управління навчальним процесом та контроль досягнень учнів [27, с. 142]. Сучасний ринок ІТ-продуктів пропонує широкий спектр безкоштовних онлайн-сервісів,

мобільних додатків та платформ, що дозволяють впроваджувати STEAM-освіту як у гуманітарних, так і в технічних дисциплінах [55, с. 279]. Це означає, що окрім традиційної аудиторної роботи, STEAM-підходи можна ефективно використовувати під час дистанційного навчання, а також у процесі самостійного розвитку учнів.

До ключових елементів STEAM-стратегії з акцентом на екологічність та інтегративні підходи належать адаптивний простір, що поєднує фізичне середовище та цифрові технології, гейміфікацію, комбінування різних методів навчання, а також розвиток комунікації, співпраці та колегіальності (рис. 1.1). Міжгалузева та внутрішньогалузева інтеграція передбачає взаємозв'язки між STEM-дисциплінами та іншими сферами знань, що дозволяє не лише поєднувати інформацію, а створювати нову якість навчального процесу, сприяючи формуванню цілісного бачення світу. Інтеграція компетенцій як чинник професійного та інноваційного розвитку допомагає ефективно виконувати завдання, раціонально використовувати ресурси та генерувати інноваційні рішення. Об'єднання педагогічних методів, підходів та технологій у межах конкретної навчальної ситуації забезпечує трансформаційний ефект, дозволяючи педагогам визначати оптимальні способи взаємодії з учнями. Цифровий освітній екопростір передбачає комплексну інтеграцію сучасних цифрових технологій у навчальний процес, що сприяє його інтенсифікації та створенню умов для реалізації індивідуалізованих траєкторій розвитку кожного учасника освітнього середовища. Мережеві форми взаємодії забезпечують формування професійних спільнот і груп, які дозволяють педагогам ефективно обмінюватися досвідом, ресурсами та методичними інструментами в контексті STEAM-освіти, відкриваючи доступ до широкого спектра навчальних матеріалів і інноваційних можливостей. Маркетингова складова STEAM-комунікації охоплює систематизоване використання веб-платформ, електронних довідників та соціальних мереж, що сприяє популяризації та стратегічному розвитку STEAM-ініціатив. Контент-орієнтована інтеграція реалізується через конструювання навчальних кейсів,

які синтезують знання з різних STEM-дисциплін у межах визначеної теми або проблемної ситуації, стимулюючи глибоке аналітичне освоєння матеріалу та практичну апробацію отриманих знань. Водночас застосування штучного інтелекту в контексті STEAM-освіти дозволяє формувати релевантний, адаптивний контент, який підтримує навчальний процес, оптимізує педагогічну діяльність і сприяє підвищенню ефективності освітніх результатів [49, с. 18].

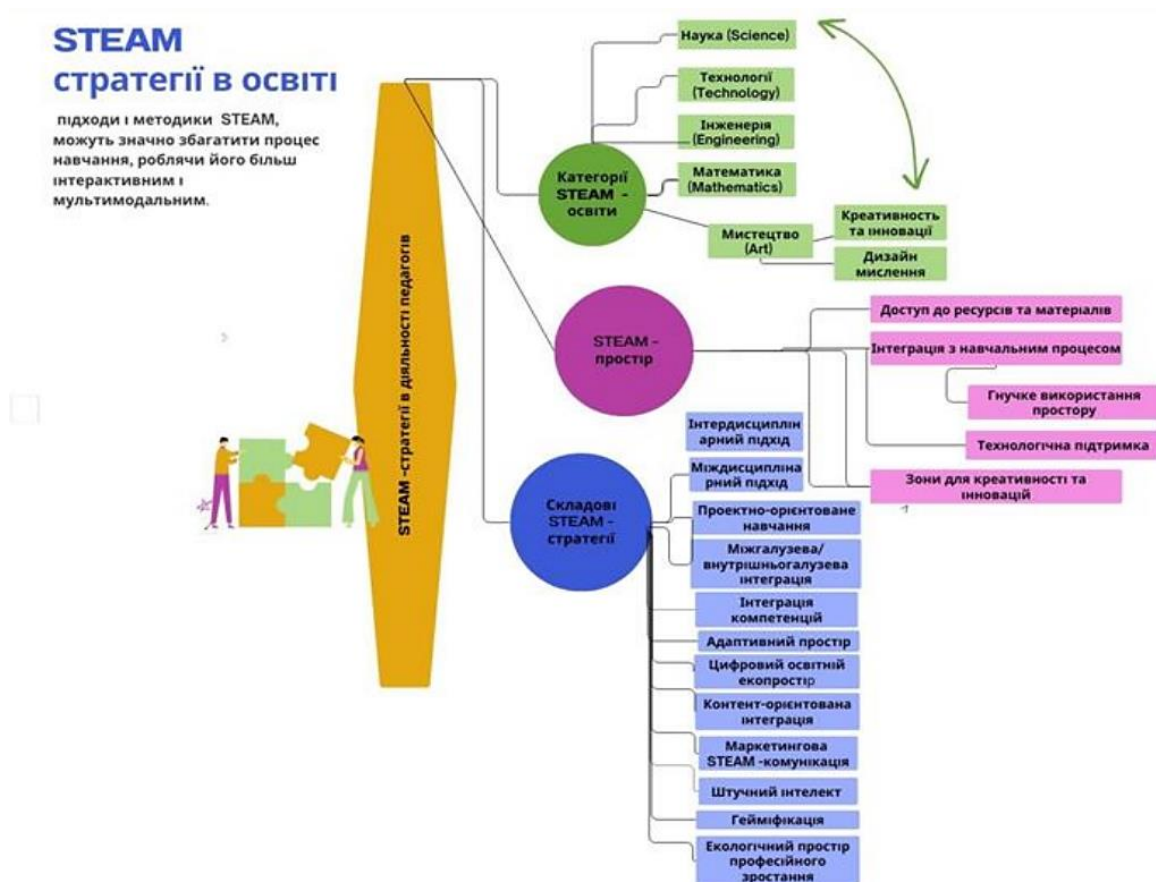


Рис. 1.1. STEAM-стратегії в освіті

STEAM-стратегії в освітньому процесі передбачають застосування різноманітних підходів і методик, що значною мірою збагачують навчальний досвід, роблячи його більш інтерактивним, мультимодальним та орієнтованим на активне пізнання. Такий підхід забезпечує інтеграцію наук, технологій, інженерії, мистецтва та математики, стимулюючи учнів виходити за межі традиційних педагогічних методів і рамок, поєднуючи теоретичні знання з практичними експериментами та дослідженнями. Реалізація STEAM-проектів у навчальному середовищі виступає ефективним інструментом впровадження

компетентнісного та діяльнісного підходів, що проявляється у створенні сучасного шкільного одягу, арт-просторів, інтерактивних арт-інсталяцій, цифрового мистецтва, креативних майстерень та еко-дизайну, спрямованого на озеленення і благоустрій навчальних територій. Така діяльність стимулює учнів до крос-дисциплінарного мислення, сприяє розвитку креативності, аналітичних здібностей і соціальної відповідальності, формуючи цілісне бачення взаємозв'язку науки, технологій і мистецтва в сучасному світі. STEAM-підхід передбачає формування цифрового освітнього екопростору, що відкриває широкі можливості для застосування інноваційних технологій, таких як 3D-друк, програмування, робототехніка, штучний інтелект (ШІ), а також доповнена (AR) і віртуальна реальність (VR). Яскравим проявом такої інтеграції є освітні простори, зокрема «Музей цікавої науки» в Одесі та «Інтерактивний науковий музей Quantum» у Харкові, де концепція STEAM реалізується на практиці, дозволяючи відвідувачам не лише ознайомлюватися з новітніми науковими відкриттями, а й брати участь у експериментальних активностях. Використання мобільних застосунків на основі AR, таких як Civilizations AR, надає учням можливість віртуально відвідувати історичні об'єкти, тоді як платформа Magenta Studio через алгоритми генеративної обробки дає змогу створювати музику, експериментувати з нею та поєднувати з візуальними мистецькими практиками. За допомогою Google Earth учні можуть досліджувати біологічні екосистеми, а додаток JigSpace дозволяє створювати й вивчати AR-моделі різноманітних об'єктів — від механізмів і технічних пристроїв до складних машин, сприяючи формуванню крос-дисциплінарного мислення та практичних компетенцій [19].

За допомогою інструментів, таких як онлайн-конструктор на платформі <https://ornament.name/>, учні мають змогу створювати індивідуальні дизайни для вишиванок, рушників чи серветок, застосовуючи текстову вишивку та генеруючи орнаменти на основі літер українського алфавіту. Альтернативним ресурсом є програма Pattern Maker, яка дозволяє конвертувати фотографії або обрані зображення у схеми для вишивки, що надалі можуть бути реалізовані

учнями власноруч. Подібні практичні завдання не лише стимулюють зацікавленість учнів, а й сприяють глибшому розумінню наукових, технічних і художніх принципів, розвиваючи критичне мислення та творчий потенціал. Одним із компонентів STEAM-освіти є впровадження елементів гейміфікації, що традиційно використовуються в ігровій сфері, але демонструють високу ефективність і в навчальному процесі. При розробці гейміфікованих стратегій для STEAM-уроків у цифровому або традиційному середовищі необхідно враховувати низку ключових аспектів: ціль уроку (акцент на концентрацію уваги, мотивацію, розвиток необхідних навичок і компетенцій), специфіку навчального середовища (онлайн або офлайн), часові обмеження, складові елементів гейміфікації (структура, механіка, динаміка), чіткі інструкції для виконання завдання та організацію зворотного зв'язку [49, с. 17].

STEAM-ігри виступають потужним інструментом, що здатен трансформувати традиційні підходи до навчання, роблячи його більш гнучким, інтерактивним та персоналізованим. Вони охоплюють ключові компоненти STEAM-стратегії, зокрема інтегроване та білінгвальне викладання, використання передових цифрових технологій, міждисциплінарне навчання, розвиток інтердисциплінарних зв'язків, практично орієнтовані методики та проектну діяльність. Такий підхід сприяє всебічному розвитку учнів, забезпечуючи формування як технічних, так і соціальних компетенцій (hard та soft skills). Через реалізацію STEAM-проектів у сферах робототехніки, веб-дизайну та мистецтва з елементами гейміфікації учні мають змогу опановувати перетини технологій, поєднуючи практичне конструювання, виготовлення виробів, пристроїв і механізмів із подальшим проведенням експериментів, досліджень та набуттям нових знань у процесі навчальної діяльності [19].

Сучасна українська освіта активно орієнтується на інноваційний розвиток та впровадження новітніх освітніх стратегій. Водночас, враховуючи значну кількість концепцій, рекомендацій, методичних матеріалів, досліджень і освітніх центрів, що стосуються STEAM-освіти, не всі заклади загальної

середньої освіти мають змогу повною мірою реалізувати всі вимоги цього підходу. Матеріально-технічне забезпечення навчальних кабінетів потребує оновлення як у кількісному, так і в якісному вимірах. У цьому контексті важливо, щоб педагогічні працівники організовували навчально-виховний процес із урахуванням наявних ресурсів, активно інтегрували інформаційні онлайн-ресурси та використовували власне професійне бачення при плануванні та проведенні уроків, що забезпечує оптимальне поєднання інноваційних практик із реаліями освітнього середовища.

1.2. Міжпредметні та внутрішньопредметні зв'язки у навчанні математики

Перші спроби визначити поняття «міжпредметні зв'язки» датуються 1960-ми роками ХХ століття. У педагогічному словнику 1961 року воно розглядалось як «взаємна узгодженість навчальних програм, обумовлена системою наук та дидактичними цілями» [12]. Аналіз наукових досліджень, присвячених різним підходам до тлумачення цього поняття, дозволив виділити вісім основних характеристик міжпредметних зв'язків, що відображають їхню сутність, функціональне призначення та роль у формуванні цілісного освітнього процесу (рис. 1.2).

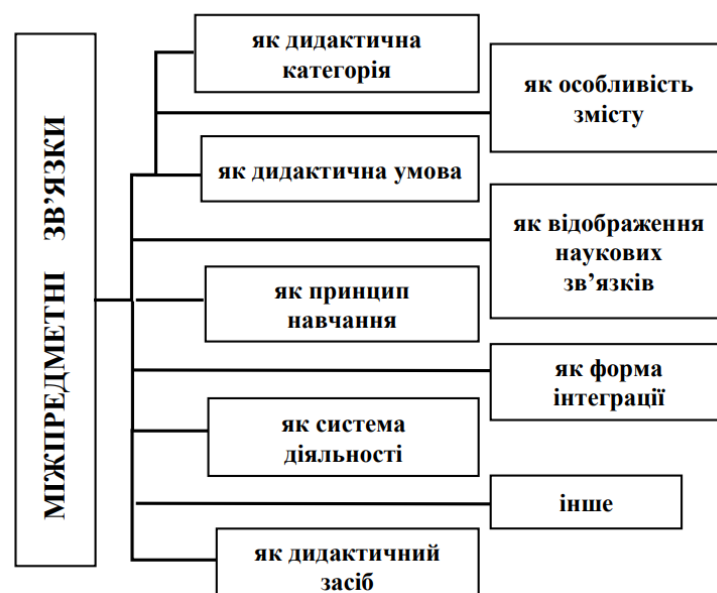


Рис. 1.2. Основні підходи до визначення поняття «міжпредметні зв'язки»

Проблематика міжпредметних зв'язків привертає увагу науковців та педагогів з моменту запровадження поділу навчального процесу на окремі дисципліни. Першими, хто обґрунтував необхідність інтеграції різних предметів, були видатні дидакти Я. А. Коменський, К. Д. Ушинський, Дж. Локк, І. Г. Песталоцці, А. Дістервег та інші. Під міжпредметними зв'язками розуміють взаємне узгодження навчальних програм, що визначається системою наук та дидактичною метою. Вони відображають комплексний підхід до організації навчання та виховання, дозволяючи не лише виділяти ключові компоненти змісту освіти, а й визначати взаємозв'язки між різними навчальними дисциплінами, що забезпечує цілісне та системне формування знань у учнів [14, с. 210].

Ідея організації навчального процесу через міжпредметні зв'язки виникла майже чотириста років тому й активно обговорювалася в працях філософів, педагогів та психологів того часу. Першим системно дослідив проблему інтеграції різних навчальних дисциплін видатний педагог Я. А. Коменський. Він підкреслював, що знання, які перебувають у взаємозв'язку, слід подавати учням також у взаємопов'язаному вигляді. Коменський пропонував об'єднувати різні сфери навчання, наприклад: читання з письмом, медицину з ботанікою, граматику з філософією, філософію з літературою. На його думку, такий підхід дозволяє учням глибше засвоювати матеріал і отримувати більш різнобічний та цілісний навчальний досвід, поєднуючи знання з кількох дисциплін у єдину систему.

А. Дістервег, прихильник системного предметного підходу до навчання, вважав, що правильне встановлення зв'язків між різними дисциплінами дозволяє учням здобувати більш глибокі та цілісні знання, а також формувати практичні уміння і навички. Він підкреслював необхідність інтеграції навчального матеріалу, відзначаючи, що знання розвиваються послідовно і взаємопов'язано: «Усе має чіплятися один за одного. Одне завдяки іншому процвітати і дозрівати».

Й. Ф. Герbart, німецький педагог, психолог і філософ, першим

спробував пояснити значення міжпредметних зв'язків з позицій асоціативної психології. Він розглядав урок як послідовність чотирьох основних етапів:

1) Ясність (виразність) – учні спокійно знайомляться з новим матеріалом, концентруючи увагу на його змісті.

2) Асоціація – нові знання пов'язуються з уже відомими учням фактами, що стимулює розвиток уявлень і підготовлює до активного пізнання.

3) Система – учні опрацьовують матеріал логічно, визначають основні ідеї, формули, правила та закони, усвідомлюючи його структуру та взаємозв'язки.

4) Метод – отримані знання застосовуються на практиці, що відповідає психологічній стадії реалізації та використання засвоєного матеріалу [32, с. 47-48].

Міжпредметні зв'язки в навчанні математики виступають ключовим інструментом надання практичного спрямування вивченню цієї дисципліни. З дидактичної точки зору їх впровадження передбачає інтеграцію знань та закономірностей з інших навчальних предметів з метою підвищення мотивації учнів до освоєння абстрактних математичних понять та формування практичних навичок. Засвоєні математичні знання сприяють розвитку загальних умінь у виконанні розрахунків і вимірювань, а вивчення суміжних дисциплін демонструє практичне застосування математичних понять. Це, у свою чергу, стимулює формування наукового світогляду та розуміння математичного моделювання як універсального методу пізнання реальних явищ і процесів.

У навчанні математики міжпредметні зв'язки виконують кілька важливих ролей.

Зокрема, методологічна функція спрямована на формування у учнів цілісного та системного уявлення про навколишній світ. Вона допомагає зрозуміти закономірності розвитку природи та її взаємозв'язки, показуючи, що знання з різних галузей доповнюють одне одного. Завдяки такому підходу навчальний процес відображає сучасні принципи природознавства, де поєднуються ідеї та методи різних дисциплін, а системне мислення стає

основою для глибшого пізнання природних явищ.

Освітня функція міжпредметних зв'язків полягає в тому, щоб допомогти учням формувати цілісне, глибоке та усвідомлене розуміння навчального матеріалу, а також навчитися гнучко застосовувати знання у різних контекстах. Через поєднання математичних понять із іншими дисциплінами учні краще розуміють їхню взаємозалежність і місце в загальній системі знань, що сприяє більш осмисленому та продуктивному засвоєнню навчального матеріалу.

Розвиваюча роль міжпредметних зв'язків проявляється у сприянні формуванню у учнів системного й творчого мислення, активної пізнавальної позиції, самостійності та зацікавленості у вивченні математики.

Виховна функція полягає у створенні умов для всебічного розвитку школярів під час уроків математики. Інтеграція знань з різних дисциплін дозволяє педагогам одночасно формувати ціннісні орієнтації, соціальні навички та когнітивні компетенції учнів, реалізуючи комплексний підхід до виховання.

Конструктивна функція міжпредметних зв'язків спрямована на вдосконалення навчального процесу: змісту матеріалу, методів викладання та організації уроків. Це досягається шляхом інтеграції знань та підходів з різних предметних галузей, що робить навчання більш змістовним і практично орієнтованим [6].

Впровадження міжпредметних зв'язків передбачає координацію роботи вчителів різних природничих та суміжних дисциплін для створення комплексних навчальних і позакласних заходів, які враховують зміст кількох програм і підручників одночасно. Інтеграція знань досягається через застосування спільних методів роботи, таких як робота з літературою, науковими приладами, таблицями та схемами, а також виконання завдань різного типу — від якісних до розрахункових, що є необхідним як для загальноосвітніх, так і для спеціалізованих професійних дисциплін.

Для забезпечення міжпредметних зв'язків у навчальному процесі

застосовуються різноманітні інструменти: запитання, завдання, проблемні та пізнавальні ситуації, наочні посібники, тексти, навчальні проблеми міжпредметного характеру тощо. Систематичне використання таких інтеграційних завдань, зокрема проблемних питань і практичних задач, сприяє глибшій інтеграції знань учнів із різних дисциплін, що є важливою розвивальною функцією навчання математики.

Значення уроків математики для формування правильного, логічного та дисциплінованого мислення учнів неодноразово підкреслювалося у наукових дослідженнях та педагогічній літературі [7]. У контексті STEAM-освіти міжпредметні зв'язки набувають особливої ваги, оскільки вони дозволяють інтегрувати знання з різних дисциплін і застосовувати математичні методи для вирішення практичних завдань у сфері інженерії, природничих наук та технологій.

Міжпредметні задачі — це завдання, для розв'язання яких необхідно застосовувати знання з різних навчальних дисциплін або використовувати матеріал одного предмета з метою викладання іншого. Значну роль у формуванні політехнічних знань і вмінь учнів відіграють спеціально розроблені міжпредметні завдання, питання та проблемні ситуації. Вони допомагають учням усвідомити практичну цінність загальноосвітніх знань у професійній діяльності, незалежно від галузі виробництва.

Міжпредметні задачі можуть бути такими:

а) завдання, спрямовані на застосування знань з іншого предмета, усвідомлення умінь і навичок, здобутих на суміжних уроках, а також розвиток раціоналізаторських здібностей;

б) завдання, що пов'язані з дотриманням правил безпеки праці та акуратністю виконання роботи;

в) дослідницькі або експериментальні задачі, у процесі розв'язання яких учні застосовують знання з кількох дисциплін.

У процесі розв'язування міжпредметних задач учні здійснюють складні пізнавальні та розрахункові дії, що впливають на:

1. усвідомлення сутності міжпредметних завдань та розуміння необхідності застосування знань із суміжних дисциплін;
2. відбір і актуалізацію необхідних знань із інших предметів;
3. перенесення знань у нові ситуації та зіставлення їх із матеріалом суміжних дисциплін;
4. синтез знань, встановлення відповідності понять, одиниць вимірювання та розрахункових дій, а також їх практичне виконання;
5. отримання результату, формулювання висновків і закріплення засвоєних понять [29].

Математика як навчальна дисципліна має унікальну дуальну природу. З одного боку, вона є самостійним предметом із чітко визначеною логічною структурою, що вимагає послідовного засвоєння матеріалу та суворого дотримання логіки викладання. З іншого боку, математичні знання, набуті учнями, мають сприяти ефективному засвоєнню суміжних дисциплін, таких як природничі науки, інформатика та економіка, що робить необхідним врахування потреб цих предметів у змісті навчання.

Перший аспект визначає професійну складову діяльності вчителя математики та є пріоритетним у плануванні уроків. Другий аспект, проте, часто реалізується за принципом «залишковості»: міжпредметні зв'язки впроваджуються переважно тоді, коли на це є достатньо часу під час уроку.

Низька мотивація вчителів математики до впровадження міжпредметних зв'язків стала особливо помітною після запровадження зовнішнього незалежного оцінювання (ЗНО). Основна мета ЗНО полягає у визначенні рівня підготовки учнів з математики, зокрема їхніх знань, умінь та способів діяльності, що впливає на можливість вступу до вищих навчальних закладів. У цьому контексті варіанти тестів ЗНО часто стають основним орієнтиром для підготовки учнів, витісняючи навчальні програми та підручники.

Проблема практичного впровадження міжпредметних зв'язків у навчання полягає також у тому, що більшість учителів математики спеціалізуються виключно на власній дисципліні і не володіють глибокими

знаннями у суміжних науках. Це призводить до того, що вони не завжди помічають можливості та переваги інтеграції знань з інших природничих дисциплін, обмежуючи потенціал реалізації міжпредметних зв'язків на уроках математики [3].

Реалізація міжпредметних зв'язків може здійснюватися різними методами. Один із них полягає у розв'язуванні прикладних завдань, що охоплюють знання з суміжних дисциплін. Такий підхід дозволяє учням усвідомити практичне застосування математичних методів у різних галузях, зокрема у фізиці, де вони допомагають розв'язувати реальні проблеми. Іншим методом є використання прикладів із суміжних предметів для ілюстрації математичних понять, що дає змогу показати учням, як опанований матеріал може застосовуватися у різних сферах. Наприклад, концепція «Золотого перерізу» демонструє, як математичні принципи проявляються у живописі та архітектурі, підкреслюючи зв'язок між точними науками та мистецтвом.

Ці підходи свідчать про те, що математика може бути інтегрована не лише з природничо-математичними дисциплінами, а й із гуманітарними предметами. Зокрема, інтеграція з українською мовою та літературою дозволяє представляти математичні ідеї через літературні образи або поетичні аналогії, демонструючи учням не лише логіку та точність, а й творчий аспект мислення у математиці.

Цікаво, що багато видатних математиків, зокрема Ісаак Ньютон, Блез Паскаль і Леонард Ейлер, цікавилися не лише математикою, а й фізикою, хімією та навіть поезією. Наприклад, Карл Вейерштрасс зазначав, що математик без поетичної чутливості не зможе досягти справжньої досконалості в своїй науці. Такий факт підкреслює значущість творчого мислення та інтердисциплінарних підходів у розвитку математичних знань, що можуть бути корисними також у літературі та інших галузях.

На перший погляд, казка та математика здаються несумісними поняттями. Проте використання казкових завдань значно підвищує інтерес дітей до предмета. Учні здатні самостійно створювати математичні казки та

опуси на теми, наприклад: «Математична подорож», «Аліса у Дробовому царстві», «Пригоди Нулика» тощо. Не менш цікавими є дитячі твори на теми: «За що я люблю математику», «Математика в професії моїх батьків», «Цей прекрасний геометричний світ» та інші [46].

Використання індивідуальних домашніх завдань, які поєднують українську мову та математику, дозволяє не лише розвивати міжпредметні зв'язки, але й сприяє розвитку творчого та критичного мислення учнів. Оцінювання таких завдань окремо за кожним предметом дозволяє зберегти чіткість у розумінні вимог кожної дисципліни та уникнути розмивання відповідальності. Однак така нестандартність завдань робить їх більш привабливими для учнів, що позитивно впливає на їх мотивацію до навчання.

Регулярне використання на уроках математики матеріалів з української літератури, цитат відомих людей або художніх творів є чудовим способом інтеграції різних предметів та підвищення інтересу до навчання. Цитати великих математиків або літературні уривки, що торкаються математичних тем, не тільки збагачують уроки, а й показують, як математика тісно пов'язана з іншими сферами життя. Це дозволяє учням побачити практичне застосування математичних знань у різних контекстах.

Дидактичні оповідання, поетичні твори та казки виконують не лише освітню функцію, а й слугують інструментом активізації навчального процесу та перевірки знань учнів у ігровій формі. Вірші-загадки або казки-запитання стимулюють пізнавальну активність, формують інтерес до предмета та створюють умови для осмисленої взаємодії з навчальним матеріалом. Крім того, твори, де персонажі досліджують нові явища або знаходять оригінальні рішення, ефективно застосовуються для введення нового матеріалу, сприяючи легшому засвоєнню складних математичних понять і підвищуючи мотивацію учнів.

Залучення учнів до творчих завдань у процесі вивчення математики стимулює розвиток креативного мислення, сприяє глибшому розумінню навчального матеріалу та підвищує інтерес до дисципліни. Такі практики, як

складання математичних казок, науково-фантастичних оповідань чи пародій, дозволяють поєднувати точність і логіку математичних знань із художньою уявою, створюючи більш інтерактивне та емоційно насичене навчальне середовище, яке зменшує монотонність традиційних уроків.

Створення тематичних кросвордів, шарад, шифрограм та ребусів сприяє не лише повторенню вивченого матеріалу, а й розвитку логічного та аналітичного мислення учнів. Такі інтерактивні завдання стимулюють застосування математичних понять у нестандартних ситуаціях, одночасно вдосконалюючи навички розв'язування задач.

Малювання образів, що символізують математичні ідеї, є ефективним способом візуалізації абстрактних концепцій. Це дає можливість учням передати власне розуміння предмета через мистецтво, допомагає глибше засвоювати матеріал та закріплювати ключові математичні поняття в пам'яті.

Творчі завдання не лише сприяють удосконаленню математичних навичок учнів, а й формують позитивну атмосферу на уроках, стимулюють розвиток міжпредметних зв'язків і демонструють, як математичні знання інтегруються з іншими галузями діяльності [45, с. 37]. Таким чином, встановлення взаємозв'язків між навчальними дисциплінами сприяє формуванню цілісної системи знань, опануванню основ наук, розвитку пізнавальної активності та самостійності мислення учнів, підвищенню ефективності та якості навчального процесу.

Застосування STEAM-підходу на уроках математики дозволяє наочно показати практичне використання цього предмета та міждисциплінарні зв'язки. Це сприяє глибшому усвідомленню абстрактних математичних концепцій і відкриває широкий спектр можливостей для організації інтерактивного навчання. Далі розглянемо деякі способи інтеграції STEAM у математичні уроки. (Таблиця 1.1) [38].

Таблиця 1.1

**Приклади міжпредметних зв'язків складників STEAM з
математикою**

Складники STEAM	Приклади міжпредметних зв'язків
Наука (Science)	● Використання задач із фізики чи біології та реальних наукових даних для створення математичних моделей. Наприклад, учні можуть вивчати лінійні або квадратні рівняння через аналіз падіння тіл або динаміку росту популяцій. ● Застосування статистичних методів для дослідження математичних функцій на основі реальних даних з географії чи фізики. Це можуть бути, наприклад, спостереження за змінами клімату або вимірювання показників кислотності ґрунту.
Технології (Technology)	● Використання спеціалізованого програмного забезпечення, такого як GeoGebra або Wolfram Alpha, для проведення обчислень, побудови графіків функцій, розв'язання рівнянь та експериментального моделювання змін параметрів. ● Застосування основ програмування на платформах Python або Scratch дозволяє створювати алгоритми для автоматизованого розв'язування математичних задач і моделювання різних процесів.
Інженерія (Engineering)	● Проектна діяльність дозволяє пов'язати навчальні теми з реальними інженерними завданнями, такими як розрахунок конструкцій мостів, будівельних об'єктів або аналіз траєкторій руху. Наприклад, учні можуть створювати моделі для інженерних проєктів та використовувати лінійні і квадратні рівняння для оцінки міцності конструкцій. ● Математичні знання необхідні також для програмування

	роботів та моделювання їхнього руху, де рівняння допомагають визначати швидкість, траєкторії та обмеження, оптимізуючи виконання завдань.
Мистецтво (Arts)	● Математичні принципи знаходять своє відображення в мистецтві через симетрію, пропорції та фрактальні структури. Наприклад, можна використовувати функції для створення і моделювання художніх візерунків. ● При моделюванні тривимірних об'єктів вивчаються пропорції, перспектива та обчислення, що є важливими для архітектури, дизайну та створення реалістичних 3D-моделей.

Згідно з наданими рекомендаціями щодо створення ефективного STEAM-уроку (Погромська Г. С., Махровська Н. А., Рогожинська Е. К., 2024) у Додатку А наведено приклад фрагменту заняття [38].

Наприкінці XIX століття шкільна програма значно ускладнилася через збільшення кількості предметів, що створювало перевантаження для учнів і ускладнювало процес навчання. У перші роки існування СРСР освітяни шукали шляхи оптимізації навчального процесу через об'єднання дисциплін у єдині навчальні блоки та застосування проєктного підходу. У 1920–1930-х роках математика та інші предмети не викладалися ізольовано — замість цього навчання будувалося на інтегрованих темах, що дозволяло одночасно засвоювати новий матеріал і повторювати вже набуті знання, формуючи цілісне розуміння навчального матеріалу.

На уроках аналізувалися різноманітні життєві ситуації, використовуючи дані з алгебри, геометрії, фізики, креслення, природознавства, історії та інших предметів. Як приклад, у Додатку Б наведено проєкт «Від сохи до трактора», що реалізовувався у школах у 1929–1930 навчальному році. Проте знання, отримані таким чином, не забезпечували глибокого оволодіння математикою та іншими дисциплінами, були фрагментарними та недостатньо систематизованими. Після невдалої спроби впровадження комплексних

програм відбувся різкий рух у протилежний бік: навчальні предмети, зокрема математика, стали надто формалізованими та розчленованими, що обмежило можливості для міжпредметної інтеграції [60].

Поняття «внутрішньопредметні зв'язки» стосується взаємозалежності та логічної єдності окремих розділів і тем у межах одного навчального предмета. У контексті математики це означає встановлення змістовних зв'язків між різними поняттями, темами або методами, які розглядаються в рамках курсу. Такі зв'язки сприяють формуванню в учнів системного уявлення про предмет, глибокому засвоєнню знань і їх практичному застосуванню.

Внутрішньопредметні зв'язки забезпечують логічну послідовність і структурованість у вивченні навчального матеріалу, коли одна тема стає основою для вивчення наступної. Наприклад, розділи алгебри (розв'язання рівнянь, нерівностей, властивості функцій) слугують базою для оволодіння математичним аналізом (похідна, інтеграл), а поняття тригонометричних функцій є ключовими для розв'язання задач із геометрії та фізики.

Внутрішньопредметні зв'язки у навчанні математики є невід'ємним елементом формування системного мислення та цілісного сприйняття предмета. Актуальність цього питання зумовлена необхідністю створення якісної основи для глибокого розуміння фундаментальних математичних понять, їх логічної послідовності та взаємозв'язків. Зростаючі вимоги до сучасної освіти, що спрямована на підготовку учнів до життя у високотехнологічному середовищі, обумовлюють необхідність реалізації таких зв'язків, які дозволяють ефективно інтегрувати нові знання у вже існуючу базу.

Ще однією складовою актуальності є забезпечення практичного спрямування математичної освіти. Внутрішньопредметні зв'язки дозволяють інтегрувати окремі поняття у контекст прикладних задач, що не лише мотивує учнів до навчання, але й готує їх до використання математичних методів у повсякденному житті та професійній діяльності. Наприклад, розв'язання задач з геометрії із застосуванням алгебраїчних методів або використання

тригонометричних функцій для опису реальних явищ формує уявлення про практичну значущість математики.

Окрім того, внутрішньопредметні зв'язки сприяють підготовці учнів до міждисциплінарного навчання, зокрема у рамках STEAM-орієнтованого підходу. Оскільки математика є основою для багатьох наук, забезпечення її системного вивчення через послідовну інтеграцію понять і методів є необхідною передумовою для подальшого ефективного навчання в інших галузях [33].

Наприклад, розглянемо внутрішньопредметні зв'язки алгебри та математичного аналізу, які проявляються через вивчення функцій, їхніх властивостей, а також таких ключових понять математичного аналізу, як похідна та інтеграл. Алгебра і математичний аналіз є взаємопов'язаними розділами математики, які забезпечують послідовне та логічне вивчення складних понять і методів. Цей взаємозв'язок проявляється у вивченні функцій, їхніх властивостей, а також у розумінні похідних і інтегралів, які є центральними поняттями математичного аналізу.

Алгебра виступає основою для математичного аналізу, оскільки знання про функції, їх графіки та властивості починають формуватися ще на етапі вивчення шкільного курсу алгебри. Учні вивчають: поняття функції як залежності між змінними; властивості функцій (зростання, спадання, періодичність, парність і непарність); методи розв'язання рівнянь та нерівностей; побудову графіків основних елементарних функцій (лінійної, квадратичної, показникової, логарифмічної тощо). Ці знання є базою для подальшого аналізу поведінки функцій у математичному аналізі. Властивості функції використовуються при дослідженні її похідної чи побудові її графіка.

Похідна є ключовим поняттям математичного аналізу, що базується на алгебраїчних методах роботи з функціями. Основи для її розуміння формуються через аналіз приростів функції, що пояснюється через формулу різниці значень функції; обчислення межі відношення приростів функції до приростів аргументу: розв'язання рівнянь та нерівностей, пов'язаних із

похідними, що передбачає опору на алгебраїчні методи. Знаходження точок екстремуму функції включає розв'язання рівнянь, утворених за допомогою першої похідної, що вимагає знання алгебраїчних методів.

Інтеграл, як обернена операція до похідної, також має тісний зв'язок із алгеброю. Знання про властивості функцій і методи роботи з ними є необхідними для розв'язання інтегралів (зокрема, через розкладання функцій на простіші складові); розрахунків площ під графіками функцій, обсягів тіл обертання, які передбачають використання властивостей елементарних функцій. Інтегрування алгебраїчних функцій демонструє безпосередній зв'язок між алгебраїчними методами і математичним аналізом.

Алгебра та геометрія є двома основними складовими шкільного курсу математики, які мають тісний взаємозв'язок. Взаємодія між цими розділами дозволяє учням більш глибоко зрозуміти як геометричні, так і алгебраїчні концепції, а також застосовувати їх для вирішення широкого спектра задач. Одним із найяскравіших прикладів інтеграції алгебри та геометрії є координатна геометрія, яка забезпечує аналітичний підхід до геометричних об'єктів і процесів.

Алгебра забезпечує потужний інструментарій для роботи з геометричними об'єктами. Завдяки використанню алгебраїчних рівнянь, нерівностей та систем, учні можуть:

1. *Описувати геометричні об'єкти.* Геометричні фігури, такі як пряма, коло, парабола, гіпербола чи еліпс, можна описати за допомогою рівнянь.
2. *Знаходити взаємозв'язки між об'єктами.* Алгебра дозволяє визначати точки перетину прямих, дотичність кіл, взаємне розташування об'єктів тощо.

З іншого боку, геометрія допомагає учням візуалізувати алгебраїчні поняття, що сприяє їх кращому розумінню. Наприклад, побудова графіків функцій дозволяє зрозуміти властивості коренів рівнянь або знаків нерівностей, а аналіз симетрії графіка функції демонструє властивості парності та непарності. Координатна геометрія дозволяє об'єднати геометричний і алгебраїчний підходи, створюючи цілісний інструмент для

розв'язання складних задач.

Висновки до першого розділу

На основі аналізу наукових джерел з проблеми дослідження визначено теоретичні засади впровадження STEAM-орієнтованого підходу у навчанні математики, що є сучасною освітньою тенденцією, спрямованою на інтеграцію дисциплін для формування практичних компетентностей учнів. STEAM-навчання визначено як міждисциплінарний підхід, який інтегрує природничі науки, технології, інженерію, мистецтво та математику для створення цілісного освітнього процесу, що сприяє розвитку креативного, критичного та системного мислення учнів.

Розкрито роль міжпредметних і внутрішньопредметних зв'язків у навчанні математики як механізму, що забезпечує інтеграцію знань, формує системне мислення учнів і створює передумови для застосування математичних знань у реальних життєвих і професійних ситуаціях. Зокрема, міжпредметні зв'язки дозволяють інтегрувати математику з іншими дисциплінами, такими як фізика, хімія, біологія, географія та інформатика, а внутрішньопредметні зв'язки забезпечують логічну єдність і послідовність у засвоєнні математичних понять.

З'ясовано, що STEAM-орієнтоване навчання у поєднанні з міжпредметними та внутрішньопредметними зв'язками забезпечує розвиток ключових компетентностей учнів, таких як здатність до критичного аналізу, творчий підхід до вирішення задач, навички ефективної співпраці, володіння сучасними технологіями та готовність до вирішення складних, багатогранних проблем.

Одним із ключових завдань STEAM-освіти є формування навичок 21 століття, таких як креативність – здатність генерувати нові ідеї та рішення; критичне мислення – аналіз даних, оцінка фактів і аргументів; командна робота – ефективне спілкування і співпраця в групах; технологічна

грамотність – уміння використовувати сучасні цифрові інструменти. Використання інтерактивних і проєктних методів навчання сприяє підвищенню зацікавленості учнів у навчальному процесі. Створення моделей, розв’язання інженерних задач або інтеграція мистецтва роблять процес здобуття знань більш захопливим. Окрім цього, STEAM-навчання спрямоване на підготовку учнів до майбутньої професійної діяльності, орієнтуючи їх у світі сучасних професій, що базуються на синтезі науки, технологій та мистецтва. Воно сприяє усвідомленому вибору кар’єрного шляху, особливо в галузях, пов’язаних з інноваціями.

Міжпредметні зв’язки у навчанні математики сприяють глибшому розумінню предмета, його інтеграції в інші сфери знань та формуванню компетентностей, необхідних для успішного навчання та життя. Їх впровадження є важливим кроком до модернізації освітнього процесу у середній школі та підготовки учнів до реалій сучасного світу.

Актуальність внутрішньопредметних зв’язків у навчанні математики зумовлена необхідністю формування в учнів системного мислення, забезпечення якісного засвоєння теоретичного матеріалу та розвитку здатності до його практичного застосування. Цей підхід відповідає сучасним вимогам до математичної освіти та сприяє підвищенню її ефективності у закладах середньої освіти. Внутрішньопредметні зв’язки є основою для організації навчального процесу, адже вони забезпечують послідовність, системність і практичну спрямованість у засвоєнні знань. Їхнє використання сприяє формуванню в учнів цілісного уявлення про математику як логічно зв’язану науку, що дозволяє не лише розуміти теоретичні аспекти, а й застосовувати їх у різних контекстах.

РОЗДІЛ II. МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ НА БАЗОВОМУ РІВНІ

2.1. Методика навчання розділу «Функції, їхні властивості та графіки» в закладах середньої освіти

Вивчення поняття функції у загальноосвітній школі є складним, проте надзвичайно важливим етапом у освоєнні математики. Саме розуміння функції слугує фундаментом для засвоєння більш складних математичних тем, адже без чіткого усвідомлення цього поняття подальше навчання стає ускладненим.

Зазвичай ознайомлення з функцією починається з аналізу залежностей між двома змінними, де кожному значенню незалежної змінної відповідає одне і лише одне значення залежної. Для формування цілісного уявлення про функцію доцільно застосовувати різноманітні приклади залежностей, представлені у різних формах: через формулу, графік або таблицю. При цьому важливо спиратися на знання та вміння учнів, набуті раніше, а також на їх попередній досвід роботи з функціями, що допомагає поступово перейти від конкретних випадків до загального визначення.

Учні отримують перші базові знання про функції вже у 7 класі під час вивчення теми «Функції». У цьому курсі розглядають функціональні залежності між величинами як математичну модель реальних процесів, знайомлять з поняттям «функція», областю визначення та областю значень функції, способами її задання, графіком функції, а також з лінійною функцією, її властивостями та графічним поданням.

На вивчення теми «Функції» відведено 10 навчальних годин, протягом яких учні повинні опанувати такі навчальні результати:

- 1) Показувати використання функцій та лінійних залежностей у різних сферах і життєвих ситуаціях.
- 2) Роз'яснювати основні поняття: що таке аргумент і функція, визначати

область визначення та область значень, а також пояснювати графічне зображення функції.

3) Давати визначення основних понять: функція, її графік, лінійна функція та пряма пропорційність.

4) Пояснювати послідовність дій для побудови графіка функції.

5) Виконувати завдання на визначення області визначення функції, обчислення значень функції за заданим аргументом, побудову графіків лінійної функції, а також визначення аргументів за графіком і аналіз властивостей функції на основі її графічного зображення.

6) Складати та розв'язувати практичні задачі на пряму пропорційність, використовуючи життєвий досвід, а також моделювати реальні процеси шляхом побудови графіків лінійної функції.

У 8 класі в темі «Раціональні вирази», яка передбачає 24 години навчання, учні знайомляться з функцією виду $y = \frac{k}{x}$, що називається гіперболою.

Очікувані результати навчання за цією темою включають:

- 1) вміння описувати властивості функції $y = \frac{k}{x}$ за її графіком;
- 2) здатність розв'язувати завдання, що передбачають побудову графіка функції $y = \frac{k}{x}$

У темі «Квадратні корені. Дійсні числа», на яку відведено 10 годин, учні знайомляться з функціями $y = x^2$ та $y = \sqrt{x}$.

Очікувані результати включають:

- 1) аналіз і характеристику властивостей функцій $y = x^2$ та $y = \sqrt{x}$ на основі їх графіків;
- 2) розв'язування завдань, що передбачають побудову графіків цих функцій та роботу з ними.

У 9 класі, під час вивчення теми «Квадратичні функції», яка передбачає 10 навчальних годин, учні опановують основи квадратичних функцій, зокрема способи обчислення їхніх значень у конкретних точках. Вони навчаються

пояснювати вплив різних перетворень на графік функції: $f(x) \rightarrow f(x)+a$; $f(x) \rightarrow f(x+a)$; $f(x) \rightarrow kf(x)$, $f(x) \rightarrow -f(x)$. Окрім того, учні засвоюють алгоритм побудови графіка квадратичної функції, вчать аналізувати функцію за її графіком та вирішувати задачі, що передбачають побудову графіків квадратичних функцій [1].

У 10 і 11 класах визначено різні рівні вивчення математики. Програма стандартного рівня орієнтована на завершення формування у учнів уявлення про математику як складову загальної культури. Вона не враховує подальше вивчення математики або її застосування в професійній діяльності.

Академічна програма пропонує розширений зміст навчального матеріалу та вищі вимоги до його засвоєння порівняно зі стандартною програмою. Вивчення математики на цьому рівні є особливо цінним, коли воно інтегрується з іншими профільними дисциплінами, забезпечуючи їх більш ефективне опанування.

Профільна програма передбачає поглиблене опрацювання математичного матеріалу з акцентом на подальшу професійну діяльність, де знання математики та її практичне застосування стають ключовими для розвитку компетентностей учнів [21, с.30].

Серед очікуваних результатів навчально-пізнавальної діяльності учнів при вивченні степеневі функції з використанням STEM-підходів виділяються такі компетентності:

- обчислення значень величин за формулами з урахуванням різних одиниць вимірювання;
- виконання відсоткових розрахунків;
- визначення природної області визначення функціональних залежностей;
- аналіз основних властивостей функції за графіком;
- дослідження властивостей функцій та розпізнавання їх графіків;
- моделювання реальних процесів за допомогою степеневих функцій.

Щодо показникової та логарифмічної функцій, учні повинні оволодіти навичками:

- розпізнавання та побудови графіків показникової і логарифмічної функцій;
- ілюстрації їх властивостей за допомогою графічних моделей;
- застосування цих функцій для опису реальних процесів.

Наприклад, розуміння властивостей показникової функції дозволяє учням розраховувати доходи за депозитами або оцінювати доцільність кредитних умов у різних банках, демонструючи практичне застосування математичних знань у житті [56].

Основна мета вивчення функцій полягає у формуванні у учнів цілісного уявлення про функції як математичні моделі, що описують залежності між різними величинами та об'єктами природи, техніки чи соціального середовища. У процесі навчання акцент робиться на ознайомленні з основними способами задання функції, зокрема на прикладах прямої та оберненої пропорційності.

Не менш важливим є ознайомлення учнів із графіками функцій, способами їх задання та поняттями області визначення і області значень. Пояснення цих понять доцільно починати з конкретних прикладів, демонструючи, що функція визначається через залежність між змінними, які можуть мати різну природу — не лише числову, але й якісну чи фізичну.

Поступово учні переходять до роботи з числовими функціями. На цьому етапі доцільно ввести три основні способи задання функцій (словесний, табличний, графічний та аналітичний), а також застосувати символічне позначення $y=f(x)$ для загальної функції, що дозволяє формувати уявлення про універсальність і гнучкість математичних моделей.

Графік залежності (рис. 2.1) демонструє, що одному значенню незалежної змінної x відповідають два значення залежної змінної y і $-y$. Це означає порушення другої ключової властивості функції, адже для одного конкретного значення x існує більше ніж одне значення y , що суперечить визначенню функції як однозначної залежності між змінними.

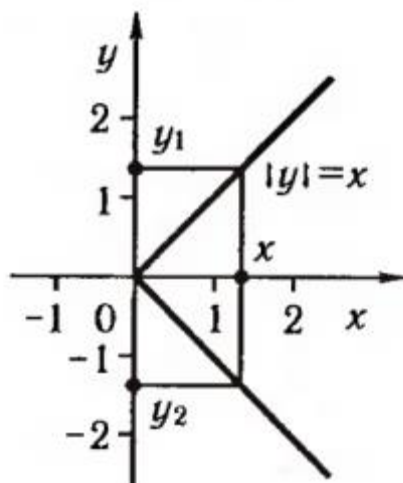


Рис. 2.1

Термін «функція» іноді вживають у двох значеннях: як опис функціональної залежності та як позначення залежної змінної. Залежно від способу визначення функції мова може йти про обчислення значень аргументів, які відповідають певним значенням цієї функції.

Відомий методист із викладання математики Слєпкань З. І. пропонує загальну методичну схему вивчення окремих видів функцій як у курсі алгебри, так і в курсі алгебри та початків аналізу:

I. Етап мотивації. Розглядаються конкретні приклади залежностей, що призводять до виникнення певного виду функції, щоб зацікавити учнів і показати практичну необхідність поняття функції.

II. Формулювання означення функції. Вчитель вводить означення залежно від виду функції та рівня підготовки учнів. Можливі два підходи:

- Конкретно-індуктивний метод – учні самостійно виокремлюють істотні властивості і формулюють означення;
- Абстрактно-дедуктивний метод – вчитель формулює означення та наводить приклади нового виду функції.

На цьому етапі доцільно розв'язувати усні вправи, у яких серед запропонованих функцій є такі, що не належать до розглядуваного виду, щоб учні навчилися відокремлювати потрібні властивості.

III. Побудова графіка та аналіз властивостей. Учні будують графік функції по точках, використовуючи заготовлену таблицю значень, та

«читають» з нього властивості функції. Надалі, зокрема в 9–10 класах, при систематизації знань про функції та введенні понять зростаючої, спадної, парної, непарної та періодичної функцій, можна аналітично довести властивості окремих видів функцій.

IV. Застосування властивостей функцій. Отримані знання використовуються для розв’язування рівнянь, нерівностей та інших задач, що дозволяє учням побачити практичне застосування функцій та зміцнити розуміння їх властивостей [57].

При вивченні лінійних функцій за конкретно-індуктивним методом учням доцільно запропонувати кілька прикладів залежностей між змінними і записати їх у вигляді єдиного рівняння. Позначивши незалежну змінну через x , залежну змінну через y , коефіцієнт при змінній через k , а вільний постійний член через b , отримаємо рівняння $y = kx + b$.

Вчитель звертає увагу на те, що будь-яка функція, яку можна подати у такій формі, належить до *лінійних*. Учні на основі цього рівняння формують власне визначення лінійної функції. Оскільки найважливішою властивістю лінійних функцій є їх структура, вчитель пояснює, що, в загальному випадку, між членами рівняння стоїть знак «плюс». Якщо ж між членами стоїть знак «мінус», це вказує на відношення до вільного члена b . Значення коефіцієнтів k і b є неістотними властивостями функції: вони можуть бути будь-якими числами, а порядок слідування членів також може змінюватися.

Лінійні функції відіграють ключову роль у вивченні систем лінійних рівнянь із двома невідомими, особливо під час застосування графічного методу розв’язання. Учні вже знайомилися з цими функціями раніше, коли вивчали графіки рівнянь із двома змінними. Під час ознайомлення з поняттями зростаючої, спадної, парної та непарної функцій у 10 класі доцільно звернутися до властивостей лінійних функцій і довести їх аналітично. Такий підхід допомагає учням глибше зрозуміти закономірності поведінки функцій та їх взаємозв’язок із графічним представленням, що формує цілісне сприйняття теми та полегшує перехід до складніших видів функцій.

Пряма пропорційність розглядається як окремий випадок лінійної функції, адже рівняння $y=kx$ є спрощеною формою загального рівняння $y=kx+b$ при $b=0$. Тому до вивчення прямої пропорційності доцільно підходити через знайомство з лінійними функціями, починаючи з варіанту без вільного члена. Наступним кроком учні можуть самостійно сформулювати визначення прямої пропорційності та навести приклади залежностей, що описуються рівнянням $y=kx$.

Як особливий випадок лінійної функції, пряма пропорційність завжди зображується прямою лінією. Учням корисно звернути увагу на характерні властивості такої прямої: наприклад, коли $x=0$, то й $y=0$, тому графік завжди проходить через початок координат. Для побудови графіка достатньо вибрати зручне значення x , обчислити відповідне y за формулою та позначити точку на координатній площині, після чого з'єднати точки прямою.

Методисти радять працювати не лише зі стандартними завданнями на побудову графіків лінійної функції та прямої пропорційності за відомою формулою, а й з оберненими вправами. У таких завданнях учні мають знайти рівняння функції, виходячи з графіка. Це сприяє розвитку аналітичного мислення, умінню читати та інтерпретувати графічні зображення функцій, а також допомагає виявляти закономірності, що визначають залежності між змінними [57].

Під час вивчення функцій $y = x^2$ і $y = x^3$ доцільно наводити конкретні приклади залежностей між величинами, що відповідають цим функціям, наприклад: площа квадрата як функція довжини його сторони або об'єм куба залежно від довжини його сторони. Учні демонструють більшу зацікавленість і активність, якщо перед заповненням таблиць і побудовою графіків спочатку дослідити властивості цих функцій та зробити передбачення щодо особливостей розташування їх графіків, спираючись на відомі закономірності виразів x^2 і x^3 .

Вивчення *оберненої пропорційності* $y = \frac{k}{x}$ можна ефективно пов'язати з прикладами реальних залежностей, які учні зустрічають у повсякденному

житті або під час вивчення інших предметів, таких як фізика чи геометрія. Наприклад, при сталому значенні напруги сила струму в колі з провідником змінюється обернено пропорційно до опору, що описується формулою $I = \frac{U}{R}$.

Під час вивчення *квадратичної* функції $y = ax^2 + bx + c$, якщо $a \neq 0$, в 9 класі на етапі мотивації можна легко наводити приклади залежностей виду $y = ax^2$, оскільки це частковий випадок квадратичної функції. Проте підібрати приклади для загального вигляду функції складніше. Один із таких прикладів міститься у курсі фізики, де учні знайомляться з формулою, що описує положення тіла в будь-який момент часу відносно системи координат:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}.$$

Найскладнішим для сприймання учнів є навчальний матеріал щодо побудови графіка квадратичної функції загального вигляду $y = ax^2 + bx + c$. Тому не випадково учнів готують до цього, послідовно розглядаючи питання побудови графіків функцій $y = x^2$, $y = ax^2 + n$, $y = a(x + m)^2 + n$ з використанням побудови відомого графіка функції $y = x^2$.

Вивчення графіків квадратичних функцій та їхніх загальних форм відкриває можливості для більш глибокого аналізу функцій. Для учнів математичних гуртків або класів з поглибленим вивченням математики це стає способом розвивати вміння будувати графіки складніших функцій через узагальнення та застосування геометричних перетворень відомих графіків. Одним із ключових підходів є поєднання основних перетворень графіків — зміщення, масштабування, відображення та інші. Зокрема, вісім базових перетворень можна використовувати як фундамент для побудови графіків тригонометричних, степеневих, експоненціальних та логарифмічних функцій, що вивчаються в курсах елементарної алгебри та початків аналізу. Такий підхід дозволяє учням глибше усвідомлювати взаємозв'язки між різними типами функцій і значно розвивати їхні аналітичні та просторові навички.

2.2. Аналіз навчального матеріалу з розділу «Функції, їхні властивості та графіки» в підручниках для 10 класу щодо можливостей застосування STEM-навчання

Математичні знання та вміння слугують не самоціллю, а ефективним інструментом розвитку особистості учня, формуючи його математичну грамотність. Це передбачає вміння усвідомлювати роль математики в сучасному світі, приймати обґрунтовані рішення на основі математичних міркувань та застосовувати отримані знання для розв'язання як пізнавальних, так і практичних завдань. Особливе значення в математичній освіті має систематичне використання історичних джерел, яке підвищує інтерес до предмета, стимулює науково-дослідницьку активність, розвиває критичне мислення та дозволяє учням усвідомити математику як невід'ємну складову світової культури. Навчальні приклади, що поєднують змістовність та доступність, допомагають простежити еволюцію математичних понять, взаємозв'язків, теорій і методів. Крім того, інтеграція національно-патріотичного виховання через знайомство з життям і здобутками видатних учених, зокрема українських математиків, сприяє формуванню у школярів поваги до науки та історичної спадщини [4].

Підручники з математики виступають основним інструментом навчального процесу, який забезпечує засвоєння предмета учнями. Оцінка їх ефективності потребує врахування кількох ключових критеріїв, що визначають змістовність, доступність та практичну цінність матеріалу:

1. Зміст і структура – логічність викладу, відповідність чинній навчальній програмі, послідовність і взаємозв'язок тем.
2. Доступність і наочність – зрозумілість пояснень, використання ілюстрацій, прикладів, схем; наявність елементів, що стимулюють інтерес та мотивацію учнів.
3. Практична складова – різноманітність вправ, контрольних завдань і завдань для самостійної роботи, чітка система оцінювання та можливості

застосування знань у практичних ситуаціях.

Зміст, структура, логічність, відповідність освітній програмі. Підручники з математики повинні відповідати навчальній програмі та враховувати освітні потреби учнів. Вони мають охоплювати всі ключові поняття, теоретичні засади та методи, необхідні для засвоєння предмета, органічно поєднуючи теорію з практичними завданнями. Матеріал подається логічно та послідовно, що сприяє глибокому розумінню математичних концепцій. Досягнення цього забезпечується структурованою організацією розділів і підрозділів, які поступово розкривають тему та полегшують її сприйняття.

Наочність, доступність, якість пояснень, мотиваційний аспект та зацікавленість навчального матеріалу. Підручники мають забезпечувати чітке та зрозуміле викладення матеріалу, доступне для сприйняття учнями. Вони повинні демонструвати ефективні методи навчання, які стимулюють розвиток різних видів мислення, підтримують зацікавленість у предметі та формують ключові компетентності. Продумана структура та якісне подання інформації сприяють не лише засвоєнню знань, а й розвитку аналітичного мислення, логіки та здатності до самостійного розв'язання математичних задач.

Застосування різноманітних методів викладання значно підвищує результативність навчання. Поєднання пояснення теоретичного матеріалу, демонстрації прикладів, виконання вправ, практичних завдань і проєктної діяльності дозволяє учням активно включатися у навчальний процес і глибше опановувати математичні концепції. Різноманіття підходів враховує особливості різних типів мислення — аналітичного, логічного, творчого, візуального — що дає можливість кожному учневі знайти найбільш ефективний шлях для засвоєння знань і розвитку своїх сильних сторін.

Інтерактивні методи, використання реальних прикладів і візуалізація абстрактних понять роблять навчання більш доступним і захопливим. Це підтримує інтерес і мотивацію учнів, а також сприяє формуванню ключових компетентностей: критичного мислення, уміння розв'язувати проблеми,

ефективної комунікації та командної взаємодії, що є важливими не лише в навчанні математики, а й у повсякденному житті.

Приклади та вправи, система оцінювання. Наявність різноманітних прикладів, вправ і задач у підручниках є ключовим елементом навчального процесу, оскільки вони сприяють глибшому засвоєнню математичних понять. Завдяки практичним завданням учні не лише знайомляться з теоретичним матеріалом, а й отримують можливість застосовувати його у конкретних ситуаціях. Різноманітність завдань дозволяє відпрацьовувати необхідні навички, закріплювати знання та розвивати алгоритмічне і творче мислення.

Практичні вправи формують уміння аналізувати різні математичні та життєві ситуації, використовувати різні стратегії та підходи до розв'язання задач, що підвищує гнучкість мислення учнів. Окрім цього, завдання, запропоновані в підручниках, сприяють підготовці до контрольних робіт, іспитів та вступних випробувань, допомагаючи учням систематизувати знання та відточувати відповідні навички.

Різноманіття вправ також забезпечує можливість диференціації навчання: учні та вчителі можуть обирати завдання відповідно до рівня підготовки та індивідуальних освітніх потреб. Такий підхід сприяє ефективному засвоєнню матеріалу, розвитку самостійності та впевненості учнів у використанні математичних знань.

Порівняємо підручники з алгебри та початків аналізу для учнів 10 класу, опираючись на наведені вище критерії (Табл. 2.1). Для порівняльного аналізу пропонуємо такі підручники:

1. Нелін, Є. П.. Математика (алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) : підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти. Харків : *Ранок*, 2018. 328 с. [44].

2. Математика (алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) : підруч. для 10 класу закладів загальної середньої освіти / М. І. Бурда та ін. Київ : УОВЦ «*Оріон*», 2018. 288 с. [37]

3. Істер, О. С.. Математика : (алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) : підруч. для 10-го кл. закл. заг. серед. освіти. Київ : *Генеза*, 2018. 384 с. [25].

4. Математика : алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти / А. Г. Мерзляк та ін.. Харків : *Гімназія*, 2018. 256 с. [36].

5. Бевз, Г. П., Бевз, В. Г.. Математика : Алгебра і початки аналізу та геометрія. Рівень стандарту : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти. Київ : *Освіта*, 2018. 288 с. [5].

Таблиця 2.1.

**Порівняльний аналіз підручників з математики для учнів 10 класу
щодо відповідності до змісту навчального матеріалу**

№	Підручник	Зміст
1	Нелін, Є. П.. Математика (алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) : підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти. Харків : <i>Ранок</i> , 2018. 328 с. [44].	Числові функції та їх властивості Застосування властивостей функцій до розв'язування рівнянь і нерівностей Корінь n -го степеня. Арифметичний корінь n -го степеня, його властивості Степінь з раціональним показником та його властивості Степенева функція, її властивості та графік
2	Математика (алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) : підруч. для 10 класу закладів загальної середньої освіти / М. І. Бурда та ін. Київ : УОВЦ «Оріон», 2018. 288 с. [37]	Числові функції та їхні властивості Корінь n -го степеня. Арифметичний корінь n -го степеня та його властивості. Степінь з раціональним показником. Степенева функція та її властивості.
3	Істер, О. С.. Математика :	Числова функція. Графік функції.

	(алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) : підруч. для 10-го кл. закл. заг. серед. освіти. Київ : <i>Генеза</i> , 2018. 384 с. [25].	Монотонність і неперервність функції. Парні і непарні функції. Корінь n -го степеня. Арифметичний корінь n -го степеня. Властивості арифметичного кореня n -го степеня. Степінь з раціональним показником і його властивості. Степеневі функції, їх властивості та графіки.
	Математика : алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти / А. Г. Мерзляк та ін.. Харків : <i>Гімназія</i> , 2018. 256 с. [36].	Найбільше і найменше значення функції. Парні та непарні функції. Степенева функція з натуральним показником. Степенева функція із цілим показником. Означення кореня n -го степеня. Властивості кореня n -го степеня. Означення та властивості степеня з раціональним показником. Ірраціональні рівняння
	Бевз, Г. П., Бевз, В. Г.. Математика : Алгебра і початки аналізу та геометрія. Рівень стандарту : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти. Київ : <i>Освіта</i> , 2018. 288 с. [5].	Числові функції. Властивості функції. Корені n -го степеня з раціональними показниками. Степеневі функції.

Аналіз підручників з математики для 10-го класу (рівень стандарт) показав, що всі вони відповідають чинній навчальній програмі [43] та методичним вимогам до такого виду літератури. Водночас порівняння змістового наповнення теми «Функції, їхні властивості та графіки» виявило певні відмінності у підходах до викладання матеріалу, які можуть мати

значення для реалізації STEM-орієнтованого навчання, оскільки вони впливають на можливості інтеграції міжпредметних зв'язків, практичного застосування знань і використання інтерактивних методів у навчальному процесі:

Повнота розгляду теми «Функції». Усі підручники охоплюють матеріал про числові функції, їхні властивості та основні операції над ними. Підручник Істера [25] приділяє значну увагу графічним аспектам функцій, включаючи монотонність, неперервність, парність і непарність, що відкриває можливості для візуалізації математичних моделей і підтримує реалізацію STEM-підходів. Натомість підручники Неліна [44], Бурди [37] та Бевза [5] розглядають числові функції більш узагальнено, акцентуючи увагу на їхніх властивостях без глибокого графічного аналізу. Мерзляк [36] виділяє тему найбільших і найменших значень функцій, що має практичне значення для розв'язування оптимізаційних задач у прикладних науках, таких як фізика чи економіка.

Опрацювання кореня n -го степеня та степеневих функцій. Усі підручники надають визначення кореня n -го степеня та описують його основні властивості. Проте підручники Істера [25] та Неліна [44] пропонують детальніший виклад матеріалу, включно з графічним представленням степеневих функцій, що сприяє кращому засвоєнню та візуалізації залежностей. Мерзляк [36] зосереджується на розгляді окремих випадків степеневих функцій із натуральним або цілим показником, не охоплюючи загальний випадок так широко, як це зроблено у підручниках Істера [25], Неліна [44] та Бурди [37].

Графіки функцій та їх застосування. Підручник Істера [25] присвячує окремий підрозділ побудові графіків функцій, що має ключове значення для STEM-орієнтованого навчання, адже дозволяє учням аналізувати математичні моделі та робити їхню інтерпретацію. Натомість у підручниках Неліна [44], Бурди [37] та Бевза [5] графіки функцій розглядаються у контексті інших тем і не отримують окремого детального аналізу, що зменшує можливості для глибокого графічного дослідження. Мерзляк [36] майже не приділяє уваги

графічним аспектам функцій, що обмежує застосування його матеріалу для інтеграції з природничими та технічними дисциплінами.

Використання прикладних задач на уроках математики є однією з ключових методик STEM-освіти, оскільки дозволяє поєднувати теоретичні знання з їх практичним застосуванням у реальному житті. Такі задачі допомагають учням побачити, як математичні поняття використовуються у науці, техніці, інженерії та програмуванні, сприяючи розвитку системного та критичного мислення. Крім того, прикладні задачі підвищують мотивацію учнів, оскільки демонструють зв'язок між математикою та повсякденними ситуаціями. Використання цього підходу також сприяє розвитку міжпредметних зв'язків, стимулює інтерес до інших природничих дисциплін та технологій, а також формує практичні навички, необхідні для дослідницької та проєктної діяльності.

Аналіз підручника «Математика: Алгебра і початки аналізу та геометрія: рівень стандарту» авторів Г. Бевз та В. Бевз [5] показав, що автори приділяють значну увагу прикладній спрямованості математики, починаючи з теми «Числові функції». Увага зосереджена на тому, де та як числові функції застосовуються у різних сферах: медицині, фізиці, економіці та сільському господарстві. Автори демонструють, що за допомогою числових функцій можна моделювати та аналізувати реальні процеси, зокрема тривалість поїздки на автомобілі, витрати на електроенергію, зміну температури в приміщенні або час завантаження файлів. Для закріплення теоретичних знань учням пропонуються прикладні задачі, які сприяють розвитку навичок аналізу та інтерпретації даних: наприклад, аналіз графіка руху двох електропоїздів (№ 12, с. 15), обчислення споживання електроенергії (№ 22, с. 16), а також задачі №№ 25, 27, 28, 41, 43, що мають прикладний характер і дозволяють учням бачити практичну значимість математичних моделей у повсякденному житті [5].

У процесі вивчення наступних тем учням пропонуються прикладні задачі для повторення та закріплення знань. Наприклад, задача № 128

присвячена екологічній проблемі «цвітіння» води, задача № 165 охоплює розрахунки відсотків при зміні цін на екологічно чисті товари, а задача № 211 дозволяє обчислити концентрацію солі у розчині. Наприкінці кожної теми учні отримують творчі завдання прикладного змісту, які дають змогу аналізувати різні способи задання функцій на конкретних прикладах із фінансів, екології, здорового способу життя та інших сфер, а також визначати, які функції описують процеси в навколишньому середовищі. Теми супроводжуються реальними прикладами: так, періодичність функції ілюструється через кардіограму. Для закріплення матеріалу пропонуються практичні задачі прикладного характеру (№ 248, с. 58; 254, с. 59; 315, с. 71; 366, с. 84; 384, с. 85). Учні визначають моменти часу, коли сила електричного струму в міській освітлювальній мережі досягає мінімального або максимального значення або дорівнює нулю (№ 410, с. 92), а також обчислюють швидкість розмноження популяції коників, що шкодять сільськогосподарським культурам (№ 508, с. 109). Значна частина задач присвячена похідній та її практичним застосуванням (№№ 524, 530, 531, с. 118; №№ 572, с. 126; 613, 621, с. 132). Таким чином, автори підручника систематично поєднують теоретичний матеріал із реальними прикладами та практичними задачами, що сприяє глибокому засвоєнню математичних знань і розвитку навичок їх застосування у різних сферах життя [5].

Аналіз підручника «Математика : (алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) О. Істера [25] показав, що автор прагнув представити теоретичний матеріал простим і зрозумілим мовним стилем, доповнивши його малюнками та прикладами використання математики у повсякденному житті. Це дозволяє учням побачити практичне застосування теорії через задачі прикладного змісту. Наприклад, під час вивчення функцій учні визначають залежність вартості обладнання від терміну експлуатації (задача 3, с. 7), розраховують формулу залежності температури води від часу (задача 6, с. 9), будують графік падіння тіла (№ 1.18, с. 13) та руху м'яча (№ 2.22, с. 24). Задачі прикладного змісту подані в рубриці «Життєва

математика», де пропонуються вправи, пов'язані з визначенням відсотків на вклад, розрахунком заробітної плати залежно від відпрацьованих днів, обчисленням втрати води в організмі тощо. Такі задачі зазвичай подаються в кінці кожного параграфа для учнів 10 класу [25].

Аналіз посібника «Алгебра і початки аналізу» авторського колективу під керівництвом А. Мерзляк (рівень стандарту) [36] показав, що задачі прикладного змісту переважно використовуються під час вивчення теми «Правила обчислення похідних». При вивченні похідної учні розв'язують задачі, пов'язані з рухом тіла вздовж прямої. Наприклад, у задачі № 20.9 с. 117 [36] пропонується визначити імпульс матеріальної точки в певний момент часу, знаючи її масу та закон руху. Подібне завдання передбачено і для знаходження кінетичної енергії матеріальної точки (№ 20.10, с. 118) [36]. Під час повторення матеріалу за 10 клас учні розглядають задачі на рух тіла по прямій (№ 26.36, с. 139) [36].

Висновки до другого розділу

На основі аналізу наукових джерел і навчального матеріалу розділу «Функції, їхні властивості та графіки» визначено методичні особливості навчання математики на базовому рівні, що відповідають сучасним освітнім тенденціям. Розглянуто ефективні підходи до викладання функцій у закладах середньої освіти, які спрямовані на розвиток системного мислення учнів, формування навичок аналізу, узагальнення та практичного застосування знань. Якісне вивчення теми дозволяє учням здобути глибокі знання й навички в галузі математики, що створює підґрунтя для вивчення математики не тільки у школі, а й у перспективі в закладах вищої освіти.

Проведено аналіз п'яти підручників з математики для 10-го рівня стандарт. Усі підручники відповідають вимогам навчальної програми з математики 10-го класу та методичним вимогам до такого виду літератури.

Проаналізовано три навчальні посібники з математики для рівня

стандарту, а саме підручники авторів Г. Бевза та В. Бевза, О. Істера, а також авторського колективу під керівництвом А. Мерзляка. Аналіз засвідчив, що всі ці підручники містять задачі прикладного змісту, які допомагають учням пов'язати теоретичний матеріал із реальним життям. Виявлено, у підручнику Г. Бевза та В. Бевза значна увага приділена практичному застосуванню числових функцій у різних сферах (медицина, фізика, економіка, сільське господарство), що сприяє розвитку міжпредметних зв'язків. У підручнику О. Істера теоретичний матеріал подано доступною мовою з ілюстраціями, а задачі прикладного змісту згруповані в рубриці «Життєва математика», що допомагає учням усвідомити зв'язок між математикою та повсякденними ситуаціями. Водночас у посібнику під керівництвом А. Мерзляка прикладні задачі використовуються переважно при вивченні теми «Похідна» та її застосування.

Аналіз підтвердив, що використання прикладних задач є важливим елементом сучасного навчального процесу, оскільки сприяє глибшому засвоєнню математичних понять, підвищує мотивацію учнів та розширює їхні знання про практичне застосування математики. Однак ступінь використання прикладних задач у підручниках варіюється: одні автори приділяють цьому більше уваги, тоді як інші зосереджуються на класичних методах викладання. Це свідчить про необхідність подальшого вдосконалення методики включення задач прикладного характеру у навчальні матеріали, щоб зробити математичну освіту ще більш практично орієнтованою.

Розглянуто роль вивчення функцій як фундаменту для вивчення інших розділів математики і природничих наук. Зокрема, дослідження графіків, властивостей функцій та їх застосування дозволяє розвивати уявлення учнів про взаємозв'язок теоретичних знань із практичними завданнями. Це також сприяє підготовці учнів до вирішення комплексних проблем у міждисциплінарних проєктах.

РОЗДІЛ III. ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ STEAM-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДО НАВЧАННЯ РОЗДІЛУ «ФУНКЦІЇ, ЇХНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ГРАФІКИ»

3.1. Педагогічні умови реалізації STEAM у навчанні математики

Головна мета STEAM-освіти полягає у підготовці учнів до подальшого навчання та професійної діяльності відповідно до вимог сучасного суспільства XXI століття. В Україні STEAM-освіта реалізується на трьох рівнях: формальному, неформальному та інформальному. Організаційна структура STEAM-освіти регламентується державними стандартами загальної середньої, дошкільної, позашкільної та вищої освіти, а також спеціалізованими нормативними документами, присвяченими STEAM-напрямам [18].

У системі загальної середньої освіти реалізація STEAM здійснюється у три етапи — початковій, середній та старшій школі, де відбувається інтеграція традиційних навчальних предметів, таких як математика, фізика, хімія, біологія, географія, астрономія та технології, відповідно до вікових особливостей учнів і рівня їхніх компетентностей.

Застосування STEAM-технологій особливо доцільне у старшій школі, у класах природничо-математичного та технологічного профілів, коли учні визначають свій основний освітній напрям. STEAM-підходи передбачають поступове зростання рівня самостійності учнів:

- у 1–5 класах учнів заохочують до пошукової діяльності під керівництвом учителя;
- у 6–8 класах вони виконують дослідницькі роботи на основі навчального матеріалу, проходячи всі етапи наукового дослідження та отримуючи нові для себе факти;
- у 8–9 класах учні проводять самостійне дослідження тем, що виходять за межі програми, за потреби консультуючись із вчителем. Результатом такої роботи є написання та захист проєктів науково-технічного напрямку, участь у конкурсах

і фестивалях;

- у 9–12 класах відбувається поглиблене наукове дослідження за обраною темою з досягненням практичного результату, включно з розробкою стартапів.

Потрібно відмітити такі переваги STEAM-освіти:

- у центрі уваги STEAM-методики завжди практичне завдання або проблема, що дозволяє учням шукати рішення не тільки на рівні теорії, а через безпосередні експерименти та проби і помилки;

- STEAM-освіта формує творчий простір для розвитку світогляду учня, де він не лише реалізує власні потреби, а й готується до дорослого життя в суспільстві, роблячи усвідомлений вибір майбутньої професійної діяльності;

- завдяки STEAM учні отримують більшу автономність у навчальному процесі, що зменшує вплив індивідуальних стосунків із вчителем і дозволяє об'єктивніше оцінювати прогрес. Така автономія сприяє розвитку самостійності, умінню приймати власні рішення та нести за них відповідальність;

- уроки за STEAM-технологією забезпечують одночасне вивчення теоретичного матеріалу та його закріплення через практичне застосування різноманітних завдань, що сприяє глибшому розумінню предмета.

Складання математичної моделі задачі полягає у перекладі умови завдання на мову математики. Під час розв'язання прикладних задач на уроках, наприклад, економічних, екологічних чи фізичних, учні усвідомлюють значення математики для науки та повсякденного життя. Однією з ефективних STEAM-технологій є використання задач прикладного змісту: це можуть бути завдання, що описують архітектурні споруди рідного міста або відомі пам'ятки світу, процес розмноження бактерій і ріст популяцій комах, утворення розчинів і швидкість хімічних реакцій, а також швидкість руху тіл, виконану роботу чи силу струму. Такий підхід поєднує теорію з практикою, стимулює інтерес учнів і розвиває міждисциплінарне мислення.

Одним із ефективних засобів навчання є практико-орієнтовані завдання, тобто завдання, умови яких описують ситуації із повсякденного життя учнів.

До них належать, зокрема, складання текстових задач після проведення виробничих або навчальних екскурсій, виконання практичних робіт із вимірюванням, спостереженням та збором даних, а також задачі, пов'язані з купівлею товарів чи оптимізацією витрат. Для десятикласників можна запропонувати завдання на обчислення площі класної кімнати за власними вимірами, визначення довжини плінтуса для оздоблення кімнати, враховуючи її форму та кількість вимірів, або визначення довжини власного кроку для оцінки площі спортивного майданчика в кроках і сантиметрах.

Лабораторно-графічні роботи на уроках математики є однією з ефективних форм діяльності, що сприяє розвитку навичок побудови графіків та обчислювальних умінь. Вони дозволяють глибше зрозуміти взаємозв'язки між величинами, ознайомитися з вимірювальними та обчислювальними приладами, їх практичним застосуванням, а також навчитися виконувати вимірювання й обчислення з потрібною точністю.

Учні із захопленням пізнають геометрію через орігамі – мистецтво складання паперу без клею та ножиць. Найпростіша операція – згинання аркуша – не потребує спеціальних навичок, лише уяви. Орігамі допомагає розвивати графічні навички, побудову схем та геометричних фігур на площині й у просторі без використання креслярських інструментів. Учні можуть трансформувати фігури, створюючи нові форми. Наприклад, завдання «побудувати пряму, маючи аркуш паперу» спочатку викликає здивування, але швидко з'являються рішення: на прямокутному аркуші пряму можна провести по одній із сторін, а на довільному – досить перегнути аркуш, і лінія перегину виявиться потрібною прямою.

Можна організовувати пленерні уроки, які проходять не в класі, а просто неба або в докільлі, щоб учні вчилися помічати, слухати та аналізувати навколишній світ. На таких заняттях легко поєднати теоретичні знання з практичними спостереженнями та реальними життєвими ситуаціями. Наприклад, у 10 класі можна провести урок-екскурсію на тему «Математика навколо нас» на пришкільній території. Основна мета таких уроків –

спостереження за об'єктами, явищами та процесами, що вивчаються, і застосування на практиці отриманих математичних знань.

Позакласні заходи з математики слугують логічним продовженням уроків, допомагаючи учням застосовувати набуті знання на практиці та поглиблювати їх розуміння. Під час таких активностей школярі можуть обговорювати власні ідеї, демонструвати цікаві приклади, виконувати експериментальні завдання та моделювати різні ситуації. Тематичні екскурсії додають навчальному процесу наочності і практичності, дозволяючи побачити реальне застосування математичних та технічних принципів. Вони також розвивають інтерес до інженерних і наукових професій, сприяють формуванню системного наукового мислення, інтегрують знання з різних предметів і забезпечують можливість організованої проєктної та дослідницької діяльності учнів у природному або технічному середовищі.

Згідно з «Методичними рекомендаціями щодо розвитку STEAM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти України на 2018–2019 навчальний рік», учні можуть активно долучатися до різноманітних освітніх заходів. Серед них – олімпіади з природничо-математичних дисциплін, Міжнародний математичний конкурс «Кенгуру», Всеукраїнські інтерактивні конкурси «МАН – Юніор Дослідник» і «МАН – Юніор Ерудит», а також конкурси науково-дослідницьких робіт Малої академії наук.

Участь у конкурсі «Кенгуру» дає школярам можливість із зацікавленістю розв'язувати завдання, що займають проміжне місце між типовими шкільними вправами та складними олімпіадними задачами районного чи обласного рівня. Це не лише розвиває логічне і аналітичне мислення, а й формує стійкий інтерес до математики та спонукає учнів до самостійного пізнання науки [13].

STEAM-підхід сприяє розвитку низки ключових компетентностей XXI століття, оскільки активізує навички критичного мислення та розв'язання проблем під час аналізу математичних завдань, пошуку закономірностей і знаходження рішень. Завдяки STEAM-проєктам учні вчаться встановлювати зв'язки між математичними концепціями та реальними задачами, виконувати

завдання з оптимізації ресурсів у проєктах з робототехніки або здійснювати розрахунки для архітектурних моделей. Водночас розвивається творче мислення: учні не обмежуються вивченням формул, а знаходять нестандартні способи застосування математичних принципів для розв'язання практичних завдань, наприклад, створюючи інтерактивні моделі графіків або дизайн об'єктів з використанням математичних закономірностей. Працюючи над проєктами, учні розвивають навички співпраці та командної роботи, навчаються обговорювати ідеї, розподіляти обов'язки та поєднувати власні знання. На уроках математики доцільно використовувати різноманітні цифрові технології, зокрема спеціалізовані програми для розв'язування рівнянь, графічні калькулятори та симуляції, що одночасно допомагає формувати цифрові компетентності учнів [38].

Основна мета STEAM-освіти полягає у формуванні системного мислення у учнів. Типові завдання STEAM охоплюють одразу кілька наукових галузей і творчі підходи, наприклад: створення макету школи майбутнього, виготовлення батарейки з овочів і фруктів, проєктування «розумної теплиці» або вітряка для забезпечення енергією власного будинку. Такі завдання демонструють учням, як різні науки взаємодіють і застосовуються у реальному житті. STEAM-освіта допомагає учням ефективно орієнтуватися у сучасному швидкозмінному світі, легко адаптуватися до нових технологій і актуальних трендів [39].

Реалізація STEAM-орієнтованого підходу в навчанні математики, зокрема в розділі «Функції, їхні властивості та графіки», потребує створення певних педагогічних умов, які забезпечать ефективне інтегрування міжпредметних зв'язків та розвиток необхідних компетентностей учнів.

Основними педагогічними умовами є:

1. Інтеграція навчального матеріалу. Поєднання математичних знань з іншими дисциплінами, такими як фізика, інформатика, мистецтво та технології, для формування цілісного сприйняття навчального матеріалу. Це сприяє розвитку в учнів здатності застосовувати математичні концепції в

різних контекстах та підвищує мотивацію до навчання [35]. У фізиці багато явищ описуються за допомогою функцій. Наприклад, залежність шляху від часу при рівноприскореному русі описується квадратичною функцією. Вивчення таких залежностей допомагає учням зрозуміти практичне застосування математичних функцій у реальному світі. Використання програмного забезпечення, такого як GeoGebra, дозволяє учням моделювати та візуалізувати графіки функцій. Це поєднує математичні знання з навичками роботи з комп'ютерними програмами, розвиваючи технічні компетенції учнів. Математичні функції можуть бути використані для створення художніх зображень та дизайнів. Наприклад, побудова фракталів або симетричних візерунків базується на математичних принципах. Використання сучасних технологій, таких як 3D-друк або робототехніка, вимагає розуміння математичних функцій для програмування та моделювання. Це показує учням практичну цінність математичних знань у сучасних технологічних процесах [24; 79].

2. *Використання проєктної діяльності.* Проєктна діяльність є потужним засобом для реалізації STEAM-освіти, і її застосування в навчанні розділу «Функції, їхні властивості та графіки» дозволяє значно поглибити розуміння математичних концепцій учнями. Вона активізує творчий та дослідницький потенціал, надаючи учням можливість розв'язувати реальні проблеми за допомогою математичних функцій. Під час роботи над проєктами вчитель підтримує учнів, спрямовує їх на пошукову та дослідницьку діяльність, виступаючи роллю наставника, який допомагає визначити мету та завдання проєкту. STEAM-проєкт відрізняється від звичайного тим, що його завдання зосереджені на технічних аспектах, детальному опрацюванні проблеми та її дослідженні, що завершується створенням реального практичного продукту. Такий підхід дає можливість учням пройти повний технологічний цикл – від формулювання проблеми до розробки і реалізації рішення. Крім того, виконуючи проєкт, школярі набувають навичок презентації своєї роботи та розвивають соціальні і комунікативні компетенції.

Використання STEAM-проектів у навчальному процесі сприяє формуванню у учнів цілісного розуміння світу та наукового світогляду, пробуджує інтерес до вивчення природи й соціального середовища, розвиває здатність досліджувати явища та закономірності експериментальним шляхом, а також сприяє вдосконаленню дослідницьких навичок і практичних умінь [50].

У контексті розділу «Функції, їхні властивості та графіки» проектна діяльність дозволяє інтегрувати міждисциплінарні знання: математика (моделювання реальних процесів), технології (візуалізація графіків за допомогою програмного забезпечення), інженерія (розробка інженерних проектів з використанням функцій), мистецтво (створення абстрактних творів на основі графіків) та природничі науки (аналіз експериментальних даних). Практичне застосування знань відбувається через розв'язання реальних проблем, наприклад, розробка моделі прогнозування погоди або проектування мосту. Учні розвивають дослідницькі та творчі навички, формулюючи гіпотези, проводячи експерименти та аналізуючи дані. Проектна діяльність сприяє розвитку комунікативних та презентаційних навичок, формуванню цілісного світогляду, показуючи зв'язки між різними галузями знань. Прикладами STEAM-проектів можуть бути створення моделі сонячного колектора, проектування мосту або розробка гри з використанням графіків функцій.

Прикладом такого STEAM-проекту на уроці математики може бути проєкт «Математичні функції у світі навколо нас».

Проект спрямований на дослідження та практичне застосування математичних функцій для моделювання різних реальних явищ. Учні вивчатимуть, як різні типи функцій (лінійні, квадратні, показникові, логарифмічні та інші) можуть бути використані для моделювання процесів у природі, техніці, економіці тощо. Основною метою є не тільки освоєння теоретичних аспектів математичних функцій, а й практичне застосування цих знань у реальних ситуаціях.

Мета проєкту: ознайомити учнів з різними типами математичних функцій та їх властивостями; поглибити розуміння учнями математичних моделей для опису реальних процесів (наприклад, економічних, біологічних чи фізичних); розвинути вміння учнів використовувати математичні функції для створення графіків та моделювання явищ; сприяти розвитку навичок роботи з програмним забезпеченням для побудови графіків (наприклад, GeoGebra або Excel); підвищити інтерес учнів до математики через практичне застосування функцій у реальному житті.

Задання проєкту:

1. Познайомитися з різними типами функцій і їх властивостями (лінійні, квадратні, експоненційні та інші).
2. Вивчити, де в реальному житті застосовуються ці функції: в економіці, фізиці, біології, географії.
3. Створити математичну модель для конкретної проблеми (наприклад, описати зміну популяції за допомогою експоненціальної функції або розрахувати економічний розвиток за допомогою лінійної функції).
4. Побудувати графіки функцій для отриманих моделей.
5. Презентувати результати роботи у вигляді звіту та презентації.

Характеристика проєкту:

1. За кількістю учасників: груповий (2–4 учні в групі).
2. За терміном виконання: середньостроковий (2–3 уроки).
3. За ступенем інтеграції: інтегрований (математика, економіка, біологія, фізика, географія).
4. За переважаючим видом діяльності: дослідницький, практикоспрямований.
5. За масштабом: локальний.
6. Учасники проєкту: учні 10 класу.
7. Складові STEAM-проєкту:

Складова STEAM-проєкту	Предмети: інтеграція / зміст завдання	Проектний продукт
Science (природничі науки)	Дослідження, як функції використовуються в природі (біологія, географія) для моделювання популяцій, змін клімату тощо.	Доповідь, дослідження
Technology (технології)	Пошук інформації в мережі Інтернет, використання програмного забезпечення (GeoGebra, Excel) для створення графіків функцій.	Презентація, графіки
Engineering (інжиніринг, проєктування)	Створення математичних моделей для різних проблем (економічний розвиток, зміна клімату, рух об'єктів).	Створення моделей
Arts (мистецтво)	Візуалізація графіків функцій, оформлення результатів роботи у вигляді графіків та діаграм, що наочно демонструють математичні концепції.	Оформлення графіків та презентації
Mathematics (математика)	Виконання розрахунків та побудова графіків функцій для вирішення поставлених завдань.	Побудова графіків, аналіз результатів

8. Матеріальне та технічне забезпечення: комп'ютер, мережа Інтернет, програмне забезпечення для створення графіків (GeoGebra, Excel), проектор для презентацій, папір, маркери для оформлення результатів [26].

3. *Використання сучасних технологій.* Сучасні програми, такі як GeoGebra, надають можливість створювати динамічні моделі математичних об'єктів. GeoGebra поєднує в собі можливості моделювання, візуалізації та програмування, що робить її ефективним інструментом для вивчення функцій та їхніх графіків. Учні можуть самостійно будувати графіки, змінювати параметри функцій та спостерігати за змінами в реальному часі, що сприяє

кращому розумінню математичних концепцій [68].

ІКТ забезпечують інтерактивність та наочність навчального процесу. Використання комп'ютерів, інтерактивних дошок та планшетів робить уроки більш динамічними та цікавими для учнів. Це дозволяє вчителю демонструвати графіки функцій, моделювати їх поведінку та аналізувати властивості в реальному часі. Такі засоби сприяють глибшому розумінню матеріалу та розвитку в учнів навичок самостійного дослідження [11]. Використання ІКТ дозволяє реалізувати різні педагогічні технології, такі як проєктне навчання, проблемне навчання та ігрові технології. Це робить навчальний процес більш гнучким та адаптивним до потреб сучасних учнів. Наприклад, учні можуть працювати над спільними проєктами, використовуючи онлайн-ресурси та інструменти для спільної роботи, що розвиває їхні цифрові компетентності та вміння співпрацювати [10].

Застосування інтерактивних методів, таких як моделювання ситуацій, діалоги та обмін думками, сприяє активному залученню учнів до навчального процесу. Це дозволяє розвивати їхні комунікативні навички, вміння працювати в команді та критично мислити. Інтерактивні технології також сприяють індивідуалізації навчання, оскільки вчитель може адаптувати завдання відповідно до рівня підготовки кожного учня [9].

4. Розвиток критичного та креативного мислення. Ця педагогічна умова передбачає створення навчальних ситуацій, що стимулюють учнів до аналізу, оцінювання та пошуку нестандартних рішень, що особливо важливо при вивченні математичних концепцій, таких як функції. Створення навчальних ситуацій, які стимулюють учнів аналізувати, оцінювати та знаходити нестандартні рішення, розв'язування реальних проблем, де необхідно застосовувати математичні знання, створення на уроках проблемних ситуацій, які потребують від учнів самостійного пошуку рішень, стимулює розвиток критичного мислення. Учні аналізують умови задачі, виявляють суперечності та шукають шляхи їх подолання, що сприяє формуванню аналітичних навичок [8]. Наприклад, при вивченні графіків функцій можна запропонувати учням

завдання, де необхідно проаналізувати графік та визначити, які параметри функції могли спричинити його таку форму. Розглядаючи графіки реальних процесів, наприклад, зміну температури протягом дня, учні можуть аналізувати, які фактори могли вплинути на форму графіка, розвиваючи тим самим критичне мислення.

Запропонування учням задач, які мають декілька правильних відповідей або шляхів розв'язання, стимулює їхню креативність та критичне мислення. Такі задачі спонукають до глибшого аналізу та пошуку альтернативних рішень, що розвиває гнучкість мислення [53]. Можна запропонувати учням завдання на побудову графіків функцій, які задовольняють певним умовам, але мають різні форми.

Організація групової роботи над математичними задачами сприяє розвитку комунікативних навичок, вміння аргументувати свою позицію та враховувати думки інших. Учні можуть працювати в групах над проєктами, де необхідно застосовувати знання про функції для розв'язання практичних завдань. Це формує в учнів толерантність, здатність до співпраці та критичної оцінки різних підходів до розв'язання проблем. При побудові графіка, кожна група може використовувати свій метод, а потім презентувати його, та обговорити плюси та мінуси кожного [22].

5. Підготовка та професійний розвиток вчителів. Забезпечення вчителів необхідними знаннями та навичками для впровадження STEAM-освіти, включаючи інтеграцію навчальних предметів, використання сучасних технологій та розробку проєктних завдань [48]. Педагог повинен вміти розробляти проєктні завдання, які дозволяють учням застосовувати знання про функції для розв'язання задач, інтегруючи математику з інженерією, технологіями, мистецтвом та природничими науками. Це вимагає від вчителя не лише знання предмету, але й вміння бачити міждисциплінарні зв'язки та створювати навчальні ситуації, які сприяють формуванню цілісного світогляду учнів. Таким чином, підготовка та професійний розвиток вчителів є необхідною умовою для успішного впровадження STEAM-орієнтованого

підходу до навчання розділу «Функції, їхні властивості та графіки», що дозволяє зробити процес навчання більш цікавим, практично спрямованим та ефективним.

3.2. Використання засобів цифрових технологій у STEAM-навчанні

Дослідження в галузі методики викладання математики показують, що у навчальному процесі широко застосовуються спеціалізовані програмні засоби, зокрема системи комп'ютерної алгебри та програми динамічної математики. До першої групи відносять Maple, Mathematica, Maxima та інші, тоді як до другої — GSP, GeoGebra, GRAN, DG тощо. Системи комп'ютерної алгебри наразі не мають українських аналогів, що пояснюється браком фінансування відповідних розробок. Серед програм динамічної математики варто відзначити українські продукти GRAN та DG, які раніше рекомендувалися для використання в школах. Загальний аналіз публікацій свідчить, що у практичному навчанні найактивніше використовуються саме програми динамічної математики.

GeoGebra — потужне динамічне середовище, яке поєднує геометрію, алгебру, таблиці, графіки, статистику та чисельні обчислення. У межах розділу «Функції, їхні властивості та графіки» учні можуть будувати різні типи функцій (лінійні, квадратичні, показникові, тригонометричні тощо), змінювати коефіцієнти та в режимі реального часу спостерігати, як змінюється їхній графік. Завдяки цьому формується глибше розуміння залежності між алгебраїчним записом функції та її графічним зображенням.

Можливості GeoGebra роблять цю програму ефективним інструментом для навчання математики з різними цілями. За її допомогою можна швидко створювати високоякісні зображення математичних об'єктів, таких як графіки функцій і рівнянь, геометричні фігури, формули, діаграми тощо, які надалі можна зберігати у файлах для демонстрації або використання у мультимедійних презентаціях та традиційних дидактичних матеріалах, наприклад на картках завдань або плакатах (Рис. 3.1). GeoGebra оснащена потужним набором

інструментів, що виходять за межі шкільної програми, тому далі розглядатимемо лише ті функції, які безпосередньо застосовуються для викладання математики у закладах загальної середньої освіти.

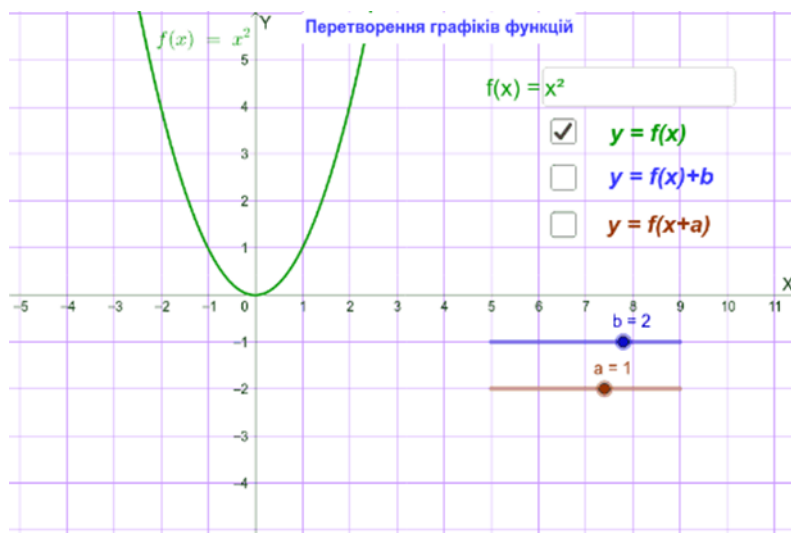


Рис. 3.1. Інтерактивне творче середовище GeoGebra

Desmos є ще одним ефективним інструментом для вивчення функцій. Його інтерфейс орієнтований на простоту та інтерактивність, що дозволяє навіть учням середньої школи з легкістю досліджувати поведінку функцій. У Desmos можна накладати кілька графіків, створювати анімації, використовуючи параметри, що особливо корисно для міжпредметних досліджень у межах STEAM, де візуалізація є важливою складовою.

Використання віртуальних середовищ GeoGebra та Desmos відкриває для вчителя математики можливості організації математичних хакатонів (від англ. *hack* – «зламувати» та *marathon* – «марафон»). Такі заходи, запозичені з IT-сфери, передбачають роботу учнівських команд над розв'язанням певної проблеми у визначений проміжок часу з подальшою презентацією результатів перед учасниками освітнього процесу. Переможці отримують не лише оцінки, а й підтримку своїх ідей у вигляді подальшого використання створених проєктів у навчанні. Американські науковці наголошують, що розвиток освіти лише у напрямі STEM без урахування Arts-дисциплін може призвести до втрати креативного мислення у молодого покоління. Тому інтерактивні форми роботи на уроках математики доцільно розглядати як інструмент інтеграції не лише STEM, а й STEAM та STREAM-освіти, що є сучасними відгалуженнями цього підходу

[64].

У мережі Інтернет можна знайти близько тридцяти публікацій, присвячених сучасним цифровим інструментам для візуалізації математичних понять — графічним онлайн-калькуляторам GeoGebra та Desmos. Окрім самого калькулятора Desmos, існує також спеціальне навчальне середовище TeacherDesmos, створене для організації змішаного навчання. У ньому педагоги можуть використовувати інтерактивні завдання й активності, що базуються на можливостях графічного калькулятора Desmos, для ефективної роботи з учнями.

У процесі навчання в електронному середовищі трансформується саме розуміння поняття «завдання» та «навчальне завдання». Потрапляючи у цифровий простір, учень опиняється в нових умовах виконання роботи. По-перше, він має змогу у будь-який момент повернутися до попереднього етапу виконання. По-друге, відсутній страх зробити помилку, адже система зі зворотним зв'язком одразу сигналізує про неточність і допомагає її виправити. По-третє, перед тим як подати остаточну відповідь, учень може експериментувати з моделями, змінювати параметри та умови, перевіряючи правильність власного розв'язання.

Найціннішою перевагою подібних цифрових середовищ є велика кількість інструментів, які надають учителю можливість працювати з ними як із конструктором, створюючи власні навчальні активності з різноманітними сценаріями. Зокрема, можна реалізовувати завдання у форматі гри. Під час опанування математичних тем, що вимагають відпрацювання практичних навичок, особливо ефективними є ігрові форми з елементами «влучності», «швидкої реакції», «вгадування» чи «точності». Такий підхід дозволяє спрямувати природну цікавість і азарт учнів у навчальне русло, перетворюючи їхню активність на засіб засвоєння предметного матеріалу. Вдалими об'єктами для побудови подібних інтерактивних ігор можуть бути лабіринти, важелі та інші знайомі з комп'ютерних ігор елементи, адаптовані до освітнього контексту.

У подібних навчальних активностях за допомогою спеціальних інструментів графічного калькулятора можна інтегрувати динамічні моделі, які сприяють

кращому розумінню та пригадуванню визначень. Такі моделі фактично виконують роль підказок, якими учень має навчитися користуватися самостійно. У цьому випадку акцент робиться не лише на запам'ятовуванні формальних визначень, а на формуванні діяльнісних умінь — своєрідних «схем дій», що стають робочими інструментами під час виконання завдань.

Як приклад можна розглянути активність «Стрільба по мішені» (рис. 3.2). Вона побудована так, щоб учень проходив шлях від усвідомлення проблеми до розв'язання конкретної задачі з навчального курсу. Такі завдання зазвичай спираються на математичні поняття, формули й алгоритми, знайомі з підручників, де завдання часто формулюються словами «знайдіть», «обчисліть» тощо. Отже, подібні активності виступають ефективною альтернативою традиційним вправам на відпрацювання формул і стандартних способів розв'язування задач [47].

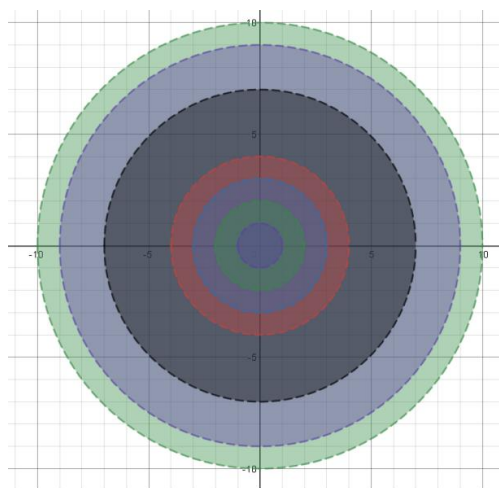


Рис. 3.2. Приклад активності: Стрільба по мішені

Активність може включати різні «челенджі» (від англ. *challenge*), тобто невеликі випробування для учня. Зазвичай це завдання, що виконуються на основі уже відомих алгоритмів або дій. Такі виклики можуть бути різного типу — від простих запитань із вибором правильної відповіді до завдань, які вимагають самостійного опанування нового способу роботи чи освоєння цифрового інструмента. Подібна активність зазвичай складається з кількох послідовних етапів — міні-челенджів, рівень складності яких поступово підвищується з кожним кроком. Їхня мета полягає в тому, щоб поступово навчити учня користуватися необхідними інструментами для подальшого розв'язання більш

складних і комплексних задач.

Інтерактивний онлайн-калькулятор, вбудований у таку активність, функціонує за принципом «розумного аркуша»: він самостійно реагує на дії учня, забезпечуючи миттєвий зворотний зв'язок. Завдяки цьому учневі не потрібно чекати коментарів або перевірки від учителя — система одразу демонструє результат його дій і допомагає скоригувати помилки в реальному часі.

Приклад активності: Desmos-малювання (лінійні функції) (Рис. 3.3). У цій навчальній діяльності учні працюють із математичними об'єктами — точками та відрізками, які описуються за допомогою координат, рівнянь або нерівностей. Поєднуючи ці елементи, вони поступово створюють цілісне графічне зображення. Такі вправи часто називають «малюванням за допомогою функцій», хоча фактично це не мистецьке малювання, а аналітичне конструювання з використанням математичних залежностей.

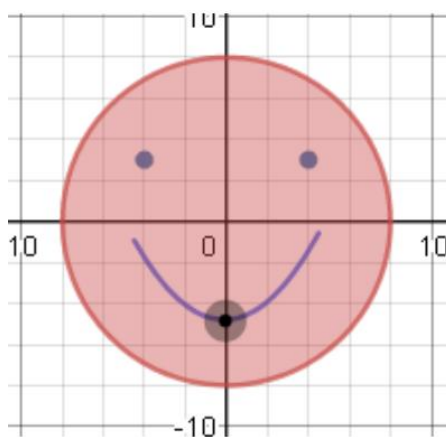


Рис. 3.3. Приклад активності: Desmos-малювання (лінійні функції)

У цьому прикладі цифровим об'єктом виступає стилізоване зображення обличчя. Завершується така активність, як правило, **творчим завданням**, яке учень виконує у вільній формі. Рівень складності створеного графічного продукту, а також набір використаних інструментів визначається самим учнем. Це залежить від того, наскільки успішно він засвоїв і зміг застосувати знання та навички, отримані під час виконання попередніх тренувальних етапів активності.

Одним із дієвих шляхів реалізації STEAM-підходу у вивченні функцій є використання цифрових лабораторій та симуляцій, що дозволяють моделювати реальні процеси та досліджувати математичні залежності у прикладному

контексті. Такі інструменти не лише підвищують зацікавленість учнів, але й сприяють глибшому розумінню природи функціональних зв'язків, розширюючи математичну освіту до рівня практичного застосування у науці, техніці та мистецтві. Цифрові лабораторії типу PhET Interactive Simulations, Algodoo, Tinkercad, а також прості моделювальні середовища на базі Excel чи Python дають можливість створювати віртуальні експерименти, де учень може досліджувати, як певні параметри впливають на результат, а ці залежності можна подати у вигляді графіків функцій.

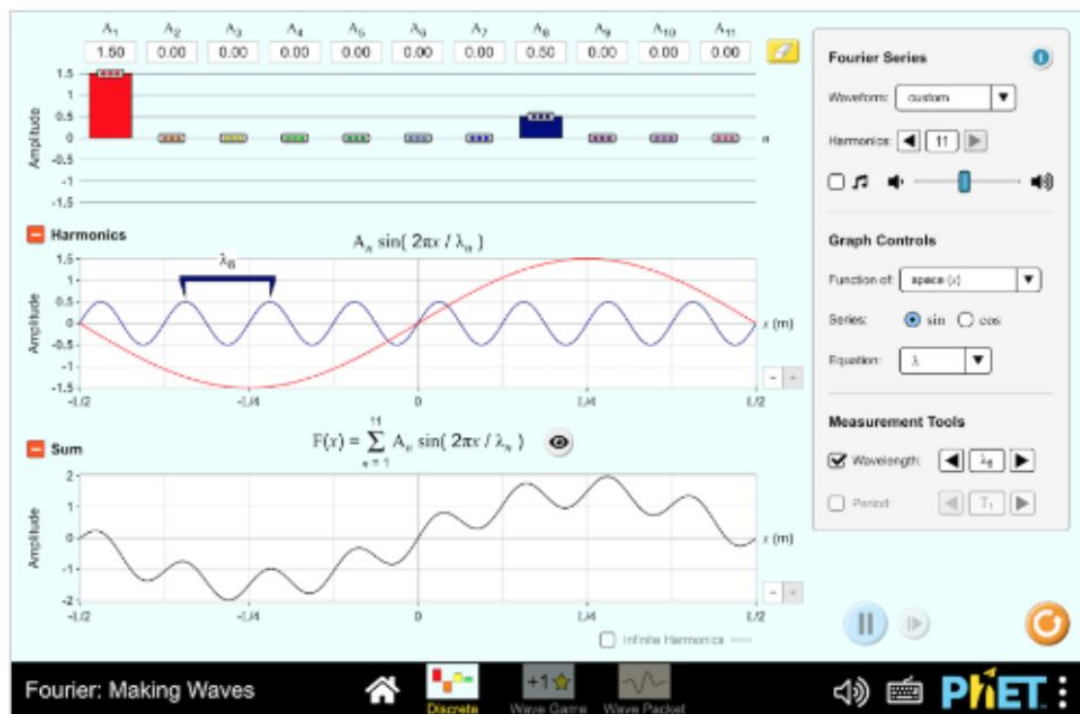
Під час вивчення теми тригонометричних функцій на уроках математики можна ефективно використовувати віртуальні лабораторії — інтерактивні симуляції (*simulation*) з природничих наук і математики. Учні можуть працювати з ними як на власних планшетах, так і під час занять у комп'ютерному класі. Наприклад, варто розглянути модель утворення звукових хвиль [54], яка дає змогу візуально простежити закономірності коливальних процесів.

Під час виконання роботи учням можна запропонувати такі завдання:

1. Дослідити адитивну властивість синусів і косинусів під час формування довільних періодичних функцій.
2. Охарактеризувати звуки, використовуючи опис за допомогою синусоїдальних хвиль.
3. Порівняти хвилі, що поширюються у просторі, з хвилями, які змінюються в часі.
4. Пояснити, що довжина хвилі та її період не відповідають окремим точкам на графіку, а позначають інтервал часу або відстань між двома послідовними піками, спадами чи іншими характерними точками хвилі (рис.3.4).



a)



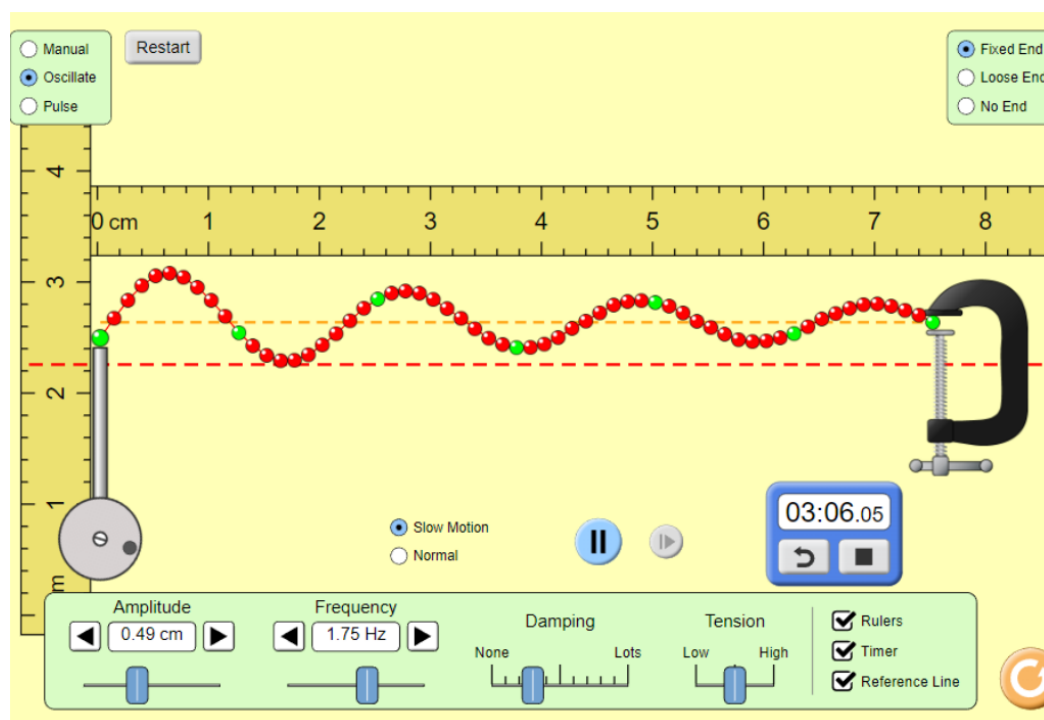
b)



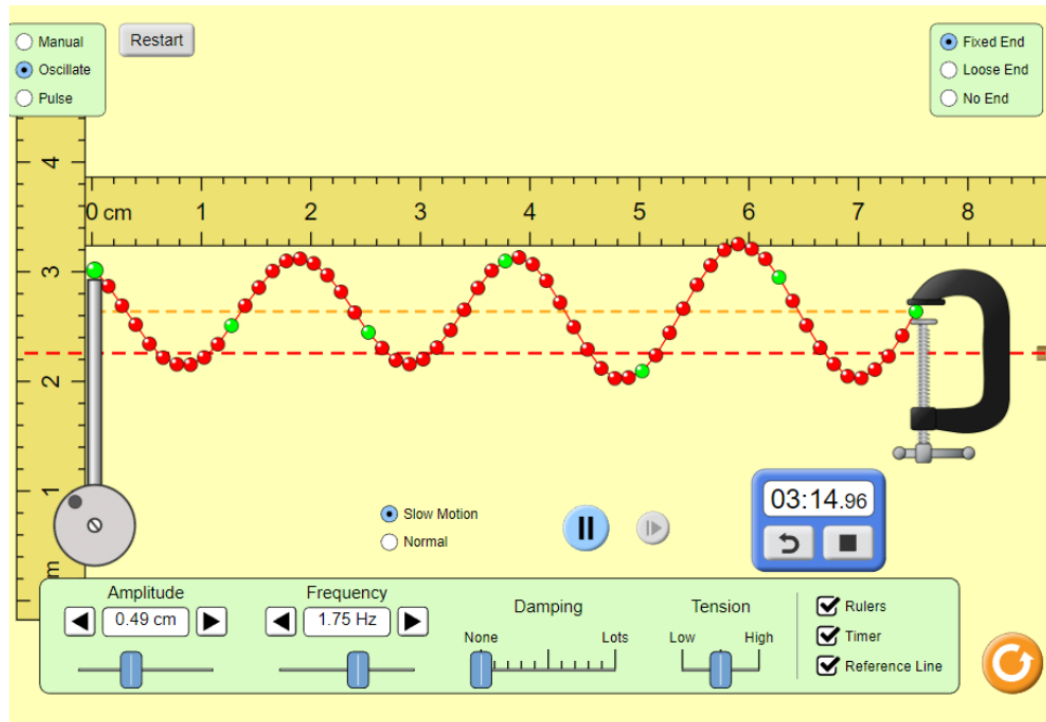
в)

Рис.3.4.. Тригонометричні функції (simulation)

Такі дослідження демонструють учням застосування даних функцій, знімаючи питання: «навіщо це знати?». Аналогічно, можна використати дослід коливання струни, в ході якого можна закріпити знання властивостей та графіків періодичних функцій (рис.3.5).



а)



б)

Рис.3.5. Коливання струни

Отже, під час опанування теми функцій на уроках математики доцільно поєднувати чисто теоретичні математичні завдання з практичними прикладами з інших галузей. Це відкриває можливість для проведення інтегрованих (бінарних) уроків, де математика поєднується з фізикою чи інформатикою, що сприяє глибшому розумінню міжпредметних зв'язків.

Під час занять корисно проводити тестування не лише для перевірки знань, а й для рефлексії та узагальнення матеріалу. Зручно реалізовувати це у форматі навчальної гри за допомогою онлайн-платформ Kahoot або Quizizz. Зокрема, сервіс *Kahoot* має як безкоштовний базовий тариф, так і платні розширені версії. У стандартному безкоштовному пакеті передбачено можливість:

- залучення учнів до участі у грі під час уроку або дистанційно;
- створення власних «кахутів» або використання готових шаблонів і банку запитань;
- використання різних типів запитань — тестів із вибором однієї правильної відповіді, форматів «так/ні» тощо;
- формування результатів та звітів для подальшого оцінювання або аналітики навчального процесу (рис.3.6).

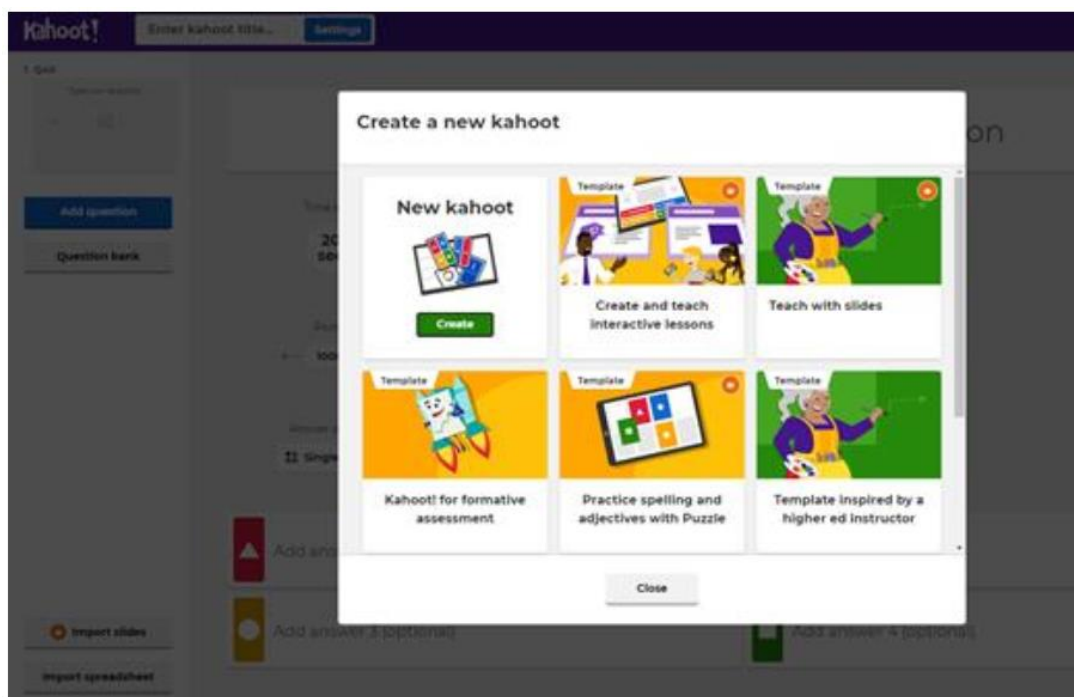


Рис. 3.6. Платформа Kahoot

На нашу думку, платформа Quizizz має ширші можливості та є більш привабливою для використання на уроках. Водночас вона має й певні недоліки. Серед них — відсутність україномовного інтерфейсу (доступні лише англійська та російська мови) та оцінювання швидкості відповіді, через що учні з повільнішим темпом роботи можуть отримати нижчий результат, навіть відповівши правильно.

До переваг Quizizz належать такі особливості:

- не потрібно встановлювати додаткові програми — достатньо перейти за посиланням join.quizizz.com і ввести код, наданий учителем;
- наявність зручного редактора формул, який дозволяє вводити математичні вирази як у запитання, так і у варіанти відповідей;
- можливість додавати зображення до запитань і відповідей (із власних файлів або безпосередньо з Інтернету);
- підтримка аудіо- та відеофайлів, що робить завдання більш інтерактивними;
- опція додавання цікавих фактів до запитань для підвищення мотивації учнів;
- яскравий, привабливий інтерфейс, який відображається на екрані

смартфона або комп'ютера кожного учасника;

- можливість налаштування темпу виконання тесту — спільно для всіх або індивідуально;

- широкий вибір ігрових елементів: бонуси, звуковий супровід, музика, різноманітні ефекти, що створюють атмосферу змагання та зацікавленості (рис.3.7).



Рис.3.7. Тестові завдання у програмі Quizizz

Використання таких програмних засобів з одного боку дає змогу повторити необхідний матеріал, або його закріпити, а з другого боку вносить елемент гри до уроку, стимулює мозкову діяльність учнів за рахунок зміни видів діяльності.

У фізиці багато явищ описуються функціональними залежностями. Наприклад, рух тіла за законом $s(t)=v_0t + \frac{1}{2}at^2$ — це квадратична функція, а гармонічні коливання описуються синусоїдою: $x(t)=A\sin(\omega t+\varphi)$. Учні можуть, використовуючи цифрові симуляції (PhET або симулятори Arduino), дослідити ці процеси, а потім побудувати графіки на основі експериментальних даних,

аналізуючи властивості функцій — парність, нулі, зростання, спадання тощо.

Використовуючи елементи програмування, учні можуть моделювати функції в середовищах Scratch, Python, Wolfram Alpha або Google Colab. Наприклад, створення коду для виведення графіка експоненційного росту або логарифмічного згасання — це і приклад вивчення властивостей функцій, і розвиток алгоритмічного мислення. Такі мініплани і симуляції особливо добре вписуються у STEAM-орієнтовані мікропроекти.

Функції можна інтерпретувати і з точки зору графічного дизайну: художні фігури, створені шляхом поєднання графіків (наприклад, серце, метелик або квітка з полярних функцій), дозволяють пов'язати математику з елементами цифрового мистецтва. У середовищі GeoGebra або Desmos можна створювати такі проекти, що одночасно розвивають як естетичне сприйняття, так і графічну грамотність [61].

У контексті STEAM-орієнтованого навчання розділу «Функції, їхні властивості та графіки» мікропроекти з використанням цифрових технологій сприяють глибшому розумінню математичних понять через практичне застосування знань. Такий підхід дозволяє учням інтегрувати математику з іншими дисциплінами, розвивати критичне мислення, творчість та навички командної роботи.

Мікропроекти можуть включати:

Програмування. Створення програм для побудови та аналізу графіків функцій за допомогою мов програмування, таких як Python або Scratch. Наприклад, учні можуть розробити програму, яка будує графік заданої функції та визначає її основні характеристики.

Аналіз даних. Використання електронних таблиць для обробки реальних даних та побудови відповідних графіків. Наприклад, аналіз змін температури протягом тижня та побудова графіка цієї залежності.

Інженерія. Моделювання фізичних процесів, що описуються функціональними залежностями, з використанням Arduino або інших мікроконтролерів. Наприклад, створення пристрою, який вимірює освітленість та

відображає її зміну у вигляді графіка.

За допомогою інструментів, таких як Canva або Google Slides, учні можуть створити цифровий плакат, що демонструє різні типи функцій та їх графіки. Такий плакат може включати гіперпосилання на додаткові ресурси або інтерактивні елементи. Використовуючи Scratch або Desmos, учні можуть створити анімацію, яка показує, як змінюється графік функції при зміні її параметрів. Це допомагає візуалізувати вплив коефіцієнтів на форму графіка. Проєкт з розробки простих веб-додатків, які дозволяють користувачам вводити параметри функції та отримувати відповідний графік, може бути реалізований з використанням HTML, CSS та JavaScript [66].

У сучасному STEAM-орієнтованому навчанні розділу «Функції, їхні властивості та графіки» використання цифрових платформ та онлайн-інструментів є основним для інтеграції математики з іншими дисциплінами. Наведемо короткий огляд таких ресурсів та приклади їх застосування у проєктній діяльності.

Google Colab — це хмарне середовище для програмування на Python, яке дозволяє виконувати код без встановлення додаткового програмного забезпечення. У контексті вивчення функцій учні можуть створювати та візуалізувати графіки функцій за допомогою бібліотек, таких як Matplotlib чи NumPy; аналізувати реальні дані, наприклад, зміни температури або фінансові показники, та моделювати відповідні функціональні залежності; розв'язувати задачі оптимізації, використовуючи математичні моделі.

Scratch — візуальне середовище програмування, яке дозволяє створювати інтерактивні проєкти без необхідності писати код. У навчанні функцій Scratch може бути використаний для створення анімацій, що демонструють зміну графіка функції при зміні її параметрів; розробки інтерактивних ігор, де рух об'єктів визначається математичними функціями; візуалізації математичних понять, таких як симетрія або періодичність.

Tinkercad — онлайн-платформа для 3D-моделювання та симуляції електронних схем. У STEAM-проєктах з функціями Tinkercad може бути

використаний для моделювання фізичних процесів, які описуються функціональними залежностями, наприклад, коливання маятника; створення інтерактивних моделей, де зміна параметрів впливає на поведінку системи, що дозволяє учням досліджувати функціональні зв'язки; розробки проєктів, які поєднують інженерію та математику, наприклад, створення роботів, рух яких визначається заданими функціями [77].

Arduino-simulator — інструмент для симуляції роботи мікроконтролерів Arduino без необхідності фізичного обладнання. У навчанні функцій цей симулятор дозволяє програмувати пристрої, які реагують на зміну вхідних параметрів, наприклад, освітленості або температури, та виводять відповідні графіки; досліджувати реальні фізичні процеси, моделюючи їх за допомогою функціональних залежностей; розробляти проєкти, що поєднують математику, фізику та інформатику, наприклад, створення системи автоматичного поливу, де рівень вологості ґрунту визначає частоту поливу. Використання цих платформ у STEAM-орієнтованому навчанні функцій сприяє розвитку критичного мислення, творчості та практичних навичок учнів, а також демонструє реальні застосування математичних понять у різних сферах життя [70].

У STEAM-орієнтованому навчанні розділу «Функції, їхні властивості та графіки» цифрові технології відіграють важливу роль у формуванні ключових компетентностей учнів. Вони сприяють розвитку математичної, інформаційно-цифрової, інженерної та креативної компетентностей, а також критичного мислення.

Математична компетентність. Цифрові інструменти, такі як GeoGebra, Desmos або Google Colab, дозволяють учням візуалізувати функції, досліджувати їхні властивості та аналізувати графіки. Це сприяє глибшому розумінню математичних понять і розвитку аналітичного мислення.

Інформаційно-цифрова компетентність. Використання цифрових платформ у навчанні функцій допомагає учням розвивати навички роботи з інформаційними технологіями. Вони вчаться використовувати різноманітні програми для моделювання, аналізу даних та створення візуалізацій, що є

важливими навичками в сучасному світі.

Інженерна компетентність. Застосування цифрових технологій у навчанні функцій дозволяє учням розвивати інженерне мислення. Вони можуть створювати моделі, симуляції та проекти, що поєднують математичні знання з технічними навичками, сприяючи розвитку системного підходу до вирішення проблем.

Креативна компетентність. Цифрові інструменти відкривають широкі можливості для творчості. Учні можуть створювати інтерактивні презентації, анімації та інші проекти, що дозволяють їм виражати свої ідеї та розвивати креативне мислення.

Роль візуалізації функцій у розвитку критичного мислення. Візуалізація функцій за допомогою цифрових технологій сприяє розвитку критичного мислення учнів. Вони можуть аналізувати графіки, виявляти закономірності, формувати гіпотези та перевіряти їх, що розвиває навички аналізу, синтезу та оцінювання інформації. Такий підхід сприяє глибшому розумінню математичних понять і підвищує мотивацію до навчання. Таким чином, інтеграція цифрових технологій у навчання функцій у рамках STEAM-підходу сприяє всебічному розвитку учнів, формуванню ключових компетентностей та підготовці їх до викликів сучасного світу [31; 52].

3.3. Використання STEAM-проектів при вивченні розділу «Функції, їхні властивості та графіки»

Використання STEAM-проектів у вивченні розділу «Функції, їхні властивості та графіки» сприяє формуванню міжпредметних зв'язків, що є ключовим елементом сучасної освіти. Такий підхід дозволяє інтегрувати знання з різних галузей, зокрема математики, фізики, інформатики, технологій та мистецтва, створюючи цілісне уявлення про навчальний матеріал. Проектна діяльність у STEAM-освіті забезпечує інтеграцію знань, розвиток критичного мислення та підвищення мотивації до навчання. Учні застосовують

математичні поняття у контексті інших дисциплін, що сприяє глибшому розумінню матеріалу та його практичного застосування. Аналізуючи функціональні залежності у різних контекстах, учні вчаться формулювати гіпотези, перевіряти їх та робити обґрунтовані висновки. Реалізація проєктів, що мають практичне значення, стимулює інтерес учнів до предмету та сприяє активному залученню в навчальний процес. Таким чином, впровадження STEAM-проєктів у вивчення функцій не лише поглиблює знання учнів, але й розвиває їхні навички інтеграції та застосування знань у різних сферах, що є важливим для підготовки до викликів сучасного світу [78].

У дослідженні В. Андрієвської та Л. Білоусової [67] висвітлюються три ключові підходи до впровадження STEAM-освіти у шкільний навчальний процес:

1. STEAM-проєкт — орієнтований на реальні проблеми, вирішення яких потребує інтеграції знань із різних навчальних дисциплін. Результати такої діяльності зазвичай презентуються в Інтернеті або демонструються на конкурсах та турнірах. Саме цей формат є найпоширенішим у міжнародній практиці STEAM-освіти.

2. STEAM-урок — зменшена версія STEAM-проєкту. Особливість цього формату полягає у чіткій структурованості кожного етапу уроку та суворому дотриманні часу. Крім того, кількість дисциплін, залучених до розв'язання завдання, обмежена, що спрощує організацію уроку у класному середовищі.

3. Мейкер-простір (MakerSpace) — творчий простір, у якому учень може розвивати свої здібності, проявляти таланти, випробовувати власні ідеї та реалізовувати творчий потенціал без страху помилитися. Тут учні співпрацюють із однокласниками і працюють із спеціальним обладнанням, таким як 3D-принтери, набори LEGO Education, WeDo 2.0 та інші інструменти. Мейкер-простір слугує джерелом ідей для нових проєктів, які надалі втілюються у STEAM-проєктах або STEAM-уроках. Ці підходи ефективно адаптуються й до освітніх програм закладів вищої освіти.

Зосередимо увагу на STEAM-проєктах. Робота над ними передбачає

поєднання дослідницької та творчої діяльності учнів, метою якої є отримання власних результатів під керівництвом вчителя. Під час вивчення різних тем окремі учні або групи протягом певного періоду часу розробляють навчальні проекти, реалізуючи ідеї та перевіряючи їх на практиці. Вчитель координує їхню роботу, стимулює пошукову активність, допомагає формулювати мету та завдання проекту, пропонує орієнтовані методи та прийоми дослідницької діяльності, а також сприяє збору та опрацюванню інформації для розв'язання конкретних навчально-пізнавальних завдань. Оскільки ефективна організація роботи учнів у рамках STEAM-проекту неможлива без належної підготовки педагога, особливу увагу варто приділити підготовці майбутніх учителів до впровадження STEAM-концепції у їхню професійну діяльність.

У межах STEAM-орієнтованого підходу до вивчення розділу «Функції, їхні властивості та графіки» можна виділити кілька типів проектів, які сприяють глибшому розумінню математичних понять та розвитку міжпредметних зв'язків.

Міні-проекти — це короткотривалі завдання з чітко визначеною метою, які дозволяють учням швидко застосувати теоретичні знання на практиці. Наприклад, побудова графіка функції, що описує зміну температури протягом дня, або створення анімації руху об'єкта за заданою функцією.

Довготривалі проекти передбачають комплексне дослідження з інтеграцією кількох дисциплін. Учні можуть, наприклад, моделювати фізичні процеси, такі як коливання маятника, використовуючи математичні функції для опису руху, або створювати інтерактивні презентації, що поєднують елементи мистецтва та технологій.

Індивідуальні та групові проекти сприяють розвитку особистих та командних навичок. Індивідуальні проекти дозволяють учням зосередитися на власних інтересах та темпах роботи, тоді як групові проекти розвивають навички співпраці, комунікації та розподілу обов'язків. Наприклад, група учнів може створити інтерактивний веб-додаток, що демонструє властивості різних функцій, або розробити інженерну модель, керовану за допомогою

мікроконтролера Arduino, де математичні функції визначають поведінку системи. Застосування різних типів STEAM-проектів у вивченні функцій не лише поглиблює знання учнів, але й розвиває їхні навички інтеграції та застосування знань у різних сферах, що є важливим для підготовки до викликів сучасного світу.

Проект «Valentine STEAM» — це креативна ініціатива, яка поєднує математику, технології та мистецтво. Учні використовують програму GeoGebra для побудови графіків функцій, що утворюють форму серця. Цей проект дозволяє досліджувати властивості функцій, зокрема симетрію, періодичність та трансформації графіків. Візуалізація математичних понять у художньому контексті сприяє глибшому розумінню матеріалу та розвитку креативного мислення (Рис. 3.8).

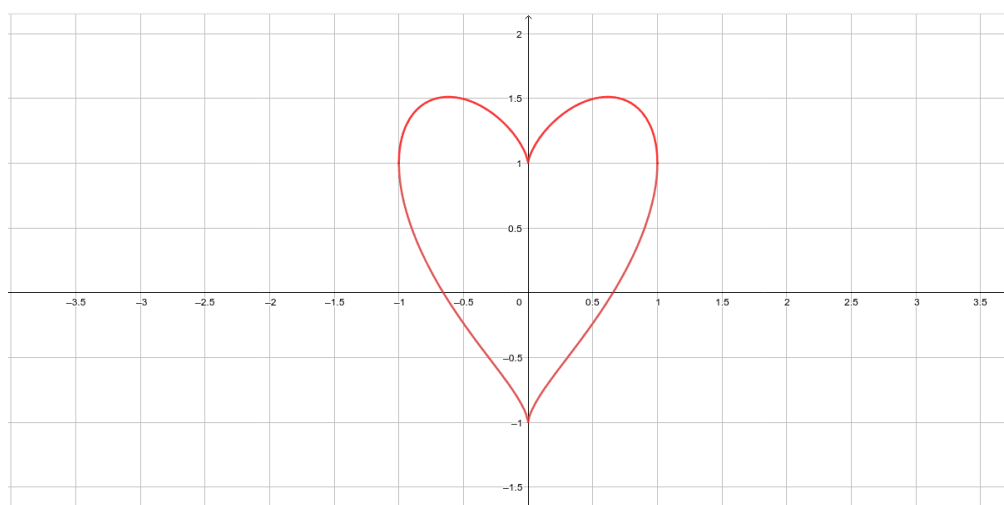


Рис. 3.8. Проект «Valentine STEAM»

Оцінювання в STEAM-проектах має бути комплексним і враховувати як процес, так і результат діяльності учнів. Основні критерії можуть включати: інтеграцію знань з різних дисциплін (математика, технології, мистецтво тощо).; застосування інженерного підходу до вирішення поставлених завдань.; роботу в команді, ефективну комунікацію та розподіл обов'язків; креативність та інноваційність у підходах до вирішення проблем; рефлексію та здатність до самостійного аналізу власної діяльності.

Такі критерії сприяють розвитку у учнів навичок, необхідних для успішної діяльності в сучасному суспільстві.

Самооцінювання та взаємооцінювання є важливими інструментами в STEAM-освіті, оскільки вони сприяють розвитку критичного мислення та рефлексії. Учні, оцінюючи власну роботу та роботу однокласників, вчаться аналізувати, формулювати конструктивний зворотний зв'язок і вдосконалювати свої навички. Такий підхід дозволяє учням краще розуміти критерії успіху, розвивати емпатію та об'єктивність у оцінюванні. Впровадження систематичного самооцінювання та взаємооцінювання в STEAM-проектах не лише підвищує якість навчання, але й готує учнів до реального життя, де критичне мислення та здатність до самостійного аналізу є ключовими компетентностями [71].

STEAM-урок можна розглядати як компактну або спрощену форму STEAM-проекту. Його відмінною рисою є чітка структурованість усіх етапів, суворе дотримання часових рамок та обмежена кількість навчальних дисциплін, які залучаються для розв'язання поставленої задачі [15; 40; 58].

Під час STEAM-уроків основну увагу вчитель приділяє практичній задачі або проблемі, яку необхідно розв'язати. Новий матеріал подається учням поступово і відразу застосовується на практиці. Учні набувають навичок вирішення проблем методом проб і помилок, а не через сухе засвоєння теорії, що значно підвищує їхню зацікавленість у навчанні та сприяє негайній інтеграції нових знань.

Особливу роль у цьому процесі відіграє мейкерство — творча діяльність і винахідництво, оскільки сучасні учні прагнуть одразу бачити результати своєї роботи. Мейкер — це людина, яка створює щось нове, активно втілює ідеї в практичні продукти, експериментує і конструює власні проекти.

Мейкер-простір [20], або Maker Space (англ. «простір для творця»), — це середовище, де людина може розвивати свої таланти, проявляти здібності в певній діяльності та реалізовувати творчий потенціал. Тут учасники спілкуються з однодумцями, експериментують, перевіряють власні ідеї і повторюють їх у процесі творчості, не побоюючись зробити помилку. Завдяки мейкерству учні формують і розвивають такі навички та якості: креативність,

здатність переосмислювати та змінювати власний світогляд, генерувати оригінальні ідеї, набувати нових знань і практичних умінь, легко адаптуватися у суспільстві, а також знаходити необхідні інструменти, ресурси для спілкування та фінансові можливості для реалізації власних задумів.

Наприклад, при вивченні степеневої функції можна організувати бінарний урок за участю вчителя фізики. Напередодні учням пропонується виготовити невелику модель ракети та принести її до школи. Інструкцію з виготовлення може надати вчитель, або ж її можна запропонувати учням розробити самостійно.

Приклад інструкції:

Необхідні матеріали: порожня дволітрова пластикова пляшка, на яку наклеюють кольорові стрічки; пластиковий контейнер у формі ракети (можна використати контейнер від відеокaset) (рис. 3.9).

У класі (або на спортивному майданчику, або на вулиці) потрібно різко стиснути пляшку між стрічками — ракета буде виштовхнута завдяки тиску повітря і підніметься в повітря. Завдання учнів-спостерігачів полягає в тому, щоб визначити яка функція описує траєкторію польоту, виміряти відстань, на яку ракета відлетіла від пляшки, максимальну висоту підйому та тривалість польоту. Маючи ці дані, учням можна запропонувати скласти функцію, що описує рух ракети, а також обчислити кут до горизонту та початкову швидкість польоту.



Рис. 3.9. Виготовлення макету ракети та пускової установки

Виконуємо рисунок до задачі (траєкторією руху ракети є парабола, рис.3.10). З рисунку видно, що проєкції вектору швидкості на координатні осі відповідно будуть $v_x = v_0 \cos \alpha$, $v_y = v_0 \sin \alpha$.

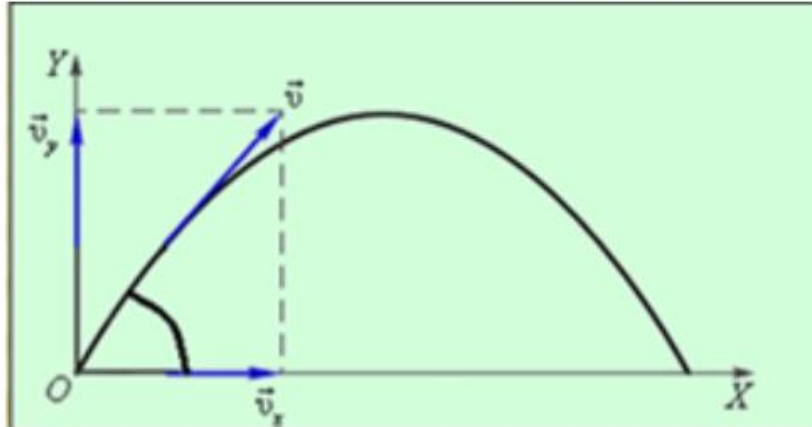


Рис. 3.10. Рисунок до задачі

Маючи висоту польоту можемо обчислити компоненти у початкової швидкості: $v_{0y}^2 = 2gH$ · $v_x = v_{0x}$, $v_y = v_{0y} - gt$, $v_x^2 + v_y^2 = v_{0x}^2 + (v_{0y}^2 - gt)^2$, $v^2 = v_0^2 - 2gtv_{0y} + g^2t^2$, $v^2 = 2gH - 2gt\sqrt{2gH} + g^2t^2$. З останньої формули можемо обчислити швидкість руху ракети.

Подібний експеримент можна реалізувати з використанням інформаційних технологій на платформі phet.colorado.edu, працюючи як на планшетах, так і на персональних комп'ютерах. Учням пропонується виконати такі завдання:

- Вивчити, як різні параметри (початкова висота, кут запуску, початкова швидкість, маса об'єкта, діаметр та висота) впливають на траєкторію руху з урахуванням опору повітря та без нього.
- Передбачити, як зміна початкових умов змінить траєкторію польоту снаряда, та обґрунтувати свій прогноз.
- Оцінити точку приземлення об'єкта, виходячи з його початкових параметрів.
- Дослідити змінні, що визначають величину сили опору.
- Описати вплив опору повітря на швидкість та прискорення об'єкта.
- Проаналізувати рух снаряда, використовуючи загальні терміни, такі як кут запуску, початкова швидкість, висота старту, дальність та тривалість

польоту.

- Побудувати аналітичну функцію, яка описує траєкторію польоту ракети (рис.3.11).

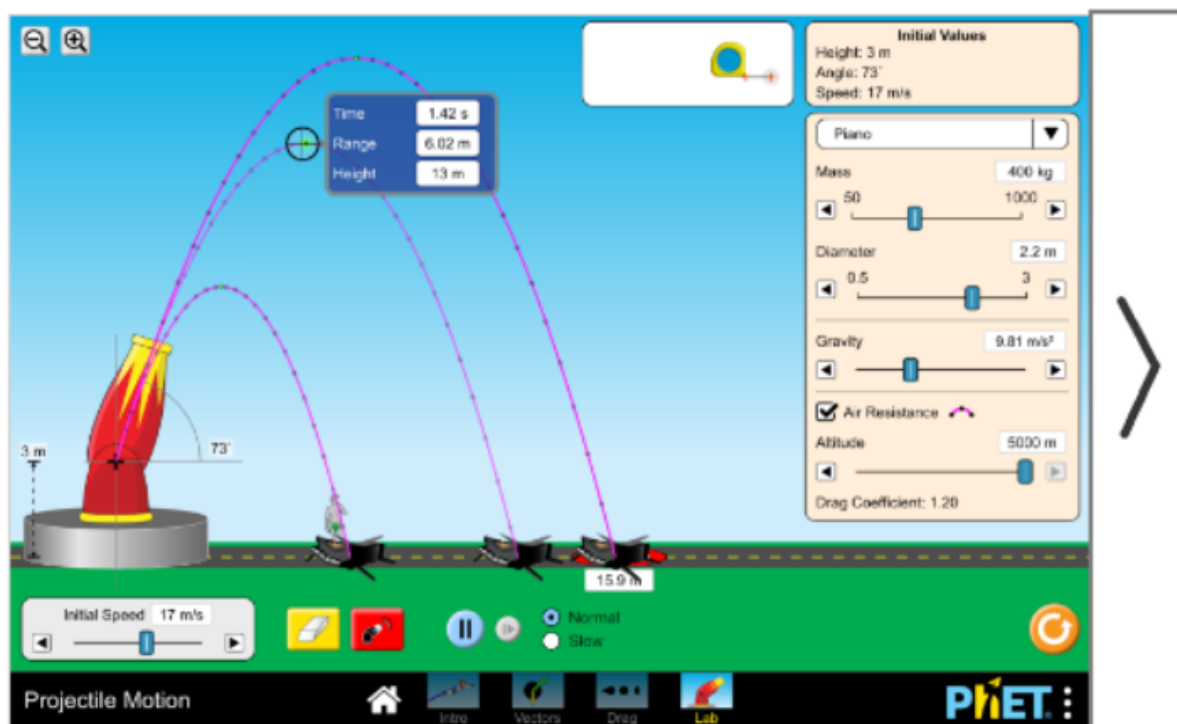
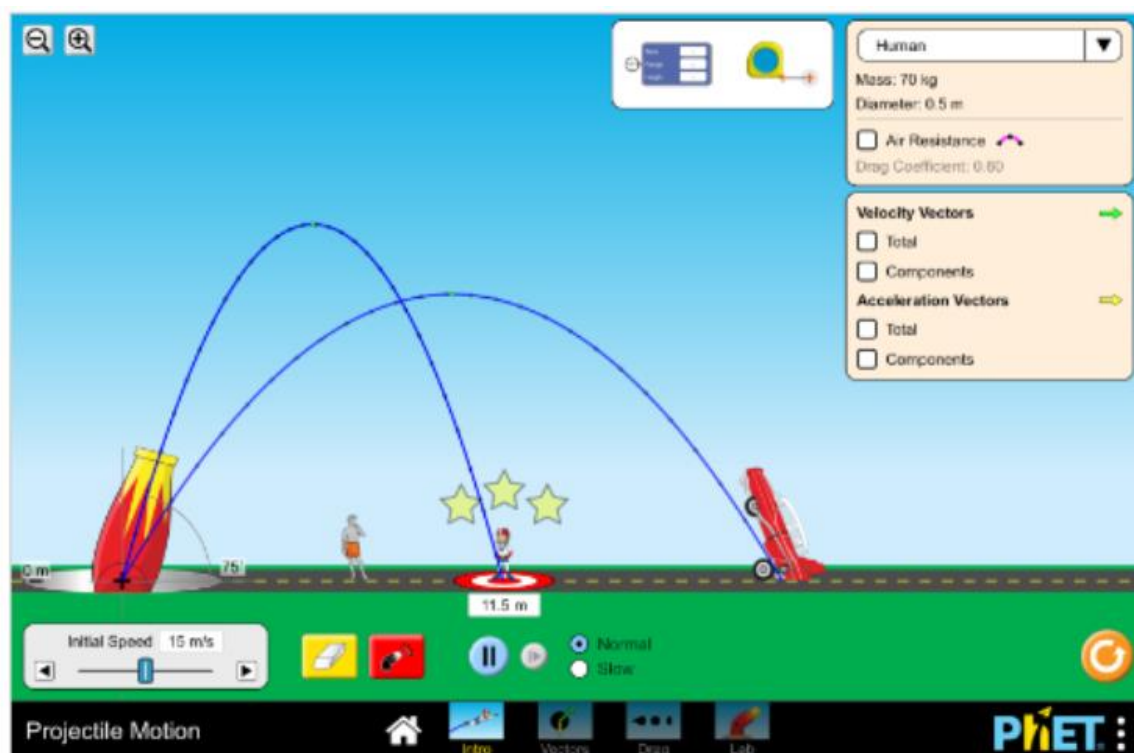
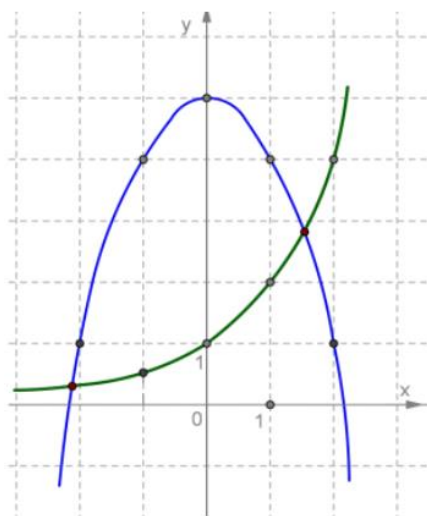


Рис. 3.11. Степенева функція [72]

Під час вивчення функцій можна ефективно поєднувати інформаційні технології та математику. Наприклад, за допомогою Desmos учням можна запропонувати створювати власні завдання для графічного розв'язування

рівнянь або нерівностей, або використовувати програму для перевірки правильності виконаних розрахунків.

Так, під час закріплення теми показникової функції можна поставити завдання, щоб учні визначили, розв'язок якого рівняння відображено на графіку, що дозволяє інтегрувати практичну роботу з аналітичним мисленням (рис.3.12).



- | | |
|---|---|
| ☐ $\left(\frac{1}{8}\right)^x = x^2 + 3$ | ☐ $2^x = -x^2 + 5$ |
| ☐ $\left(\frac{1}{2}\right)^x = -x^2 + 2$ | ☐ $\left(\frac{1}{8}\right)^x = -x^2 + 5$ |
| ☐ $\left(\frac{1}{2}\right)^x = -x^2 + 5$ | ☐ $2^x = -x^2 + 4$ |
| | ☐ $2^x = x^2 + 1$ |

Рис. 3.12. Задача

Під час розгляду графіка функції варто акцентувати увагу на її характерних властивостях. Після цього учням можна запропонувати перевірити свої висновки за допомогою Desmos. Наприклад, завдання може полягати у тому, щоб проаналізувати графік функції та встановити її аналітичний вираз, що сприяє розвитку навичок узагальнення та побудови зв'язку між графічним і аналітичним представленням функцій (рис.3.13)

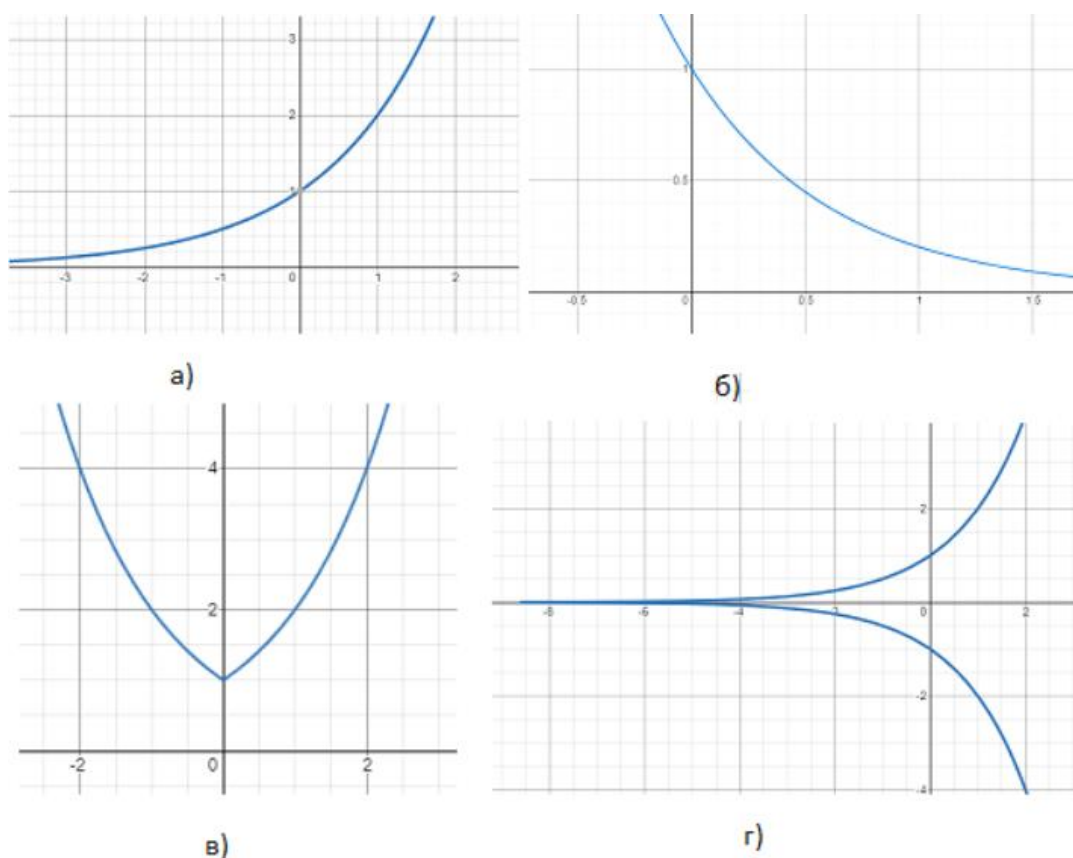


Рис. 3.13. Завдання

У додатках В, Г, І наведено приклади уроків-проектів, які доцільно використати у STEAM-навчанні [34; 35; 56].

STEAM можна розглядати як поєднання навчального проекту та лабораторного заняття, тому його доцільно проводити як у процесі вивчення окремих тем, так і наприкінці навчального року. Роботи можуть бути як короткостроковими, так і тривалими, залежно від складності завдання, необхідного обладнання та місця проведення досліджень.

До робіт у межах STEAM-практикуму висуваються такі вимоги [2; 62]:

- завдання мають мати науково-практичний характер;
- обов'язкова міжпредметна інтеграція (щонайменше три дисципліни у кожному виді діяльності);
- реалізація творчого підходу та створення об'єктів власноруч;
- підготовка звіту про результати, який може бути у вигляді резюме, презентації, плаката, буклета тощо;
- розвиток умінь працювати в групі чи команді та підтримка взаємонавчання;

- представлення результатів роботи через масиви даних, графіки, діаграми, QR-коди;
- включення практичних робіт, що потребують змін місця проведення (шкільне подвір'я, стадіон, підприємство, ліс, водойма тощо).

Основна ідея STEAM-освіти полягає у розробці навчальних предметів, курсів або уроків на міждисциплінарній основі, тобто інтегроване навчання здійснюється не окремо за предметами, а за певними темами. Такий підхід сприяє формуванню базових професійних, соціальних та особистісних компетентностей учнів і ефективно застосовується під час виконання завдань у межах STEAM-практикуму.

У Додатку Д розглянули приклад практикуму щодо вивчення тригонометричних функцій [16].

3.4. Бінарні та інтегровані уроки як одна із форм STEAM-навчання

Бінарні уроки у межах STEAM-освіти являють собою спеціально організовану форму навчання, де інтегруються два предмети з метою посилення міжпредметних зв'язків. Це спільна творча діяльність двох педагогів, яка перетворюється на творчий процес учнів, сприяючи розвитку їхньої креативної компетентності. До ключових ознак бінарного уроку відносяться: наявність спільної цільової установки, поглиблене поєднання знань з різних дисциплін, синтез інформації, актуальність і практична значущість матеріалу, а також нестандартність способів виконання завдань.

Інтегровані уроки у ширшому сенсі також спрямовані на створення міжпредметних зв'язків, але можуть охоплювати більше ніж два предмети. Вони забезпечують умови для системного та комплексного сприйняття навчального матеріалу, формуючи у учнів цілісне розуміння явищ, об'єктів і процесів з різних наукових та творчих сфер. Основні принципи таких уроків — міждисциплінарність, поєднання різних навичок (критичного мислення, творчості, комунікації), а також практична орієнтованість знань. Інтегровані

уроки у форматі STEAM можуть проводитися як одним учителем, так і спільно кількома, що підвищує координацію та послідовність навчального процесу.

У рамках STEAM-освіти бінарні та інтегровані уроки допомагають учням розвивати не лише предметні знання, а й міждисциплінарне мислення, творчі, дослідницькі та практичні навички, які становлять фундамент сучасного освітнього процесу [74].

Метою бінарних уроків є створення умов для глибокого опанування навчальної теми через інтеграцію двох взаємопов'язаних предметів. Такий підхід спрямований на поглиблену реалізацію міжпредметних зв'язків, що допомагає учням формувати цілісне розуміння теми та підвищує їхню мотивацію до навчання. Завдяки цьому розвиваються креативна компетентність, творчі здібності, здатність синтезувати знання з різних галузей та застосовувати їх на практиці.

Основні завдання бінарних уроків полягають у:

1. поєднанні цілей двох дисциплін для комплексного вивчення теми;
2. формуванні системного та узагальненого розуміння навчального матеріалу;
3. підвищенні інтересу учнів через творчий і нестандартний підхід;
4. економії навчального часу завдяки інтеграції навчальних програм;
5. розвитку вміння аналізувати та співставляти теорію з практикою;
6. створенні комфортних та мотивуючих умов навчання, що зменшують перевантаження і втому;
7. активізації пізнавальної діяльності учнів на різних етапах уроку.

Цей метод відображає інтегральну технологію навчання, де спільна творча робота двох педагогів стимулює творчий потенціал учнів, формуючи їхні креативні компетенції та поглиблюючи міждисциплінарне розуміння навчального матеріалу [73].

Особливості та переваги бінарних уроків у STEAM-освіті визначають їхню унікальність та ефективність як форми навчання. Такий урок представляє собою спеціально організовану інтегровану діяльність, мета якої полягає у поєднанні двох різних предметів для більш глибокого та всебічного опанування

теми. Її характерною рисою є тісна інтеграція міжпредметних зв'язків, що забезпечується спільною роботою двох педагогів або фахівця з міждисциплінарними компетенціями. При цьому об'єднана мета уроку не зводиться до простого сумування знань із двох дисциплін, а спрямована на формування цілісного та новаторського розуміння навчального матеріалу.

Особливу цінність бінарних уроків становить їхня інноваційність і творчий підхід. Вони передбачають активне залучення учнів до навчальної діяльності через дослідницькі, проблемні та практичні завдання, що стимулюють розвиток критичного мислення та навичок самостійного пошуку рішень. Бінарний урок — це спільний творчий процес педагогів і учнів, який підсилює креативність та мотивує до навчання. Використання нестандартних і оригінальних методів подачі матеріалу сприяє підвищенню зацікавленості та залученості учнів у навчальний процес.

Ще однією важливою рисою бінарних уроків є зниження втоми та створення комфортного психологічного середовища для учнів завдяки поєднанню різних видів діяльності, форм роботи та зміні формату заняття. Такий підхід підвищує ефективність засвоєння матеріалу та зменшує ризик перевантаження учнів.

Серед основних переваг бінарних уроків — формування цілісного та системного мислення, що дозволяє учням об'єднувати знання з кількох дисциплін і водночас глибше усвідомлювати практичне значення вивченої теми. Вони стимулюють інтерес до навчання завдяки актуальності матеріалу та можливості його застосування на практиці, а також сприяють розвитку ключових компетентностей, таких як творчість, комунікація та аналітичне мислення. Крім того, бінарні уроки роблять навчальний процес більш економним, адже дозволяють розглядати теми двох предметів одночасно в межах одного заняття. Такий формат допомагає усунути «бар'єри» між дисциплінами, які учні часто сприймають як ізольовані, і стимулює розвиток міждисциплінарного підходу до навчання.

Бінарні уроки також дозволяють уникнути проблеми «неулюблених»

предметів, роблячи процес навчання більш захопливим, динамічним і різноманітним. Вони сприяють формуванню полікультурного світогляду учнів та розвитку особистості, здатної орієнтуватися у складних сучасних наукових і соціальних реаліях.

Не менш важливо, що успішність бінарних уроків значною мірою залежить від підготовки педагогів, їхньої здатності до спільної роботи, адаптивності та гнучкого підходу до методів викладання. Лише ретельно продумані й правильно організовані заняття, враховуючи усі специфічні особливості бінарного формату, здатні забезпечити глибоке, ефективне і надовго запам'ятоване навчання учнів.

Таким чином, особливості і переваги бінарних уроків роблять їх потужним інструментом у STEAM-освіті, який сприяє розвитку комплексних навичок та компетентностей, формує мотивацію до навчання і надає практичну цінність отриманим знанням [75].

Організація та проведення бінарних уроків у STEAM-освіті передбачає низку ключових особливостей і послідовних етапів, які гарантують ефективність навчання та глибоке міждисциплінарне розуміння матеріалу учнями. Насамперед, для успішної реалізації бінарного уроку необхідна ґрунтовна підготовка. Педагоги двох інтегрованих дисциплін спільно формують план заняття, визначають тему та навчальні цілі, які об'єднують знання з обох предметів у єдиний, цілісний навчальний досвід. Важливим є узгодження змісту, форм і методів роботи, видів діяльності учнів, щоб досягти логічної послідовності і взаємодоповнюваності матеріалу. Такий підхід дозволяє не лише поглибити міжпредметні зв'язки, а й розкрити творчий потенціал здобувачів освіти.

Бінарний урок може проводитися як одним педагогом, який володіє знаннями та компетенціями з обох дисциплін, так і двома вчителями, що працюють у тісній координації. У другому варіанті особливо важливо заздалегідь чітко розподілити ролі, узгодити план і перебіг заняття та забезпечити ефективну спільну взаємодію. Протягом уроку має

підтримуватися постійний діалог між викладачами та учнями, що створює сприятливе середовище для обговорень, порівняння та інтеграції знань.

Особливу увагу приділяють активним та інтерактивним методам навчання: дослідницьким завданням, проблемно-орієнтованим підходам, ігровим технологіям, аналізу ситуацій і груповим проектам. Учні не просто засвоюють теоретичний матеріал, а активно працюють з ним, застосовують знання на практиці, розвивають критичне та творче мислення. Методика також передбачає використання міждисциплінарних навчальних ресурсів, цифрових інструментів і практичних демонстрацій для глибшого засвоєння матеріалу.

Ще одним важливим аспектом є психологічний комфорт учнів. Організація бінарного уроку спрямована на зниження втоми через варіативність видів діяльності, зміни форм навчальної взаємодії і активізацію різних видів пізнавальної діяльності, що підвищує інтерес і мотивацію.

Для методично правильної організації бінарного уроку рекомендується:

- чітко формулювати навчальну проблему або тему, що об'єднує два предмети;
- визначати конкретні міжпредметні компетентності, які будуть формуватися;
- планувати послідовність роботи, що сприяє логічній інтеграції знань;
- використовувати різноманітні форми роботи, що підтримують активність і співпрацю;
- передбачати етап рефлексії, де учні аналізують отримані знання і власний досвід.

Загалом, методика бінарних уроків базується на принципах колективної педагогічної роботи, інтерактивності, практичної спрямованості знань і творчого підходу, що відповідає ключовим ідеям STEAM-освіти і сприяє формуванню у учнів не тільки предметних знань, а й міждисциплінарного мислення, вмінь і цінностей сучасної освіти [41].

Інтегровані уроки — це особлива форма організації навчального

процесу, яка передбачає поєднання кількох навчальних дисциплін у межах одного заняття з метою розвинути у учнів комплексне, цілісне сприйняття знань і формування міждисциплінарного мислення. У сучасній освіті інтеграція розглядається як процес об'єднання знань, умінь і навичок з різних галузей для того, щоб учні змогли краще розуміти взаємозв'язки між предметами і застосовувати отримані знання у практичних ситуаціях.

Інтегровані уроки у STEAM-освіті мають особливе значення, оскільки STEAM припускає об'єднання природничих наук, технологій, інженерії, мистецтва і математики. Ці уроки дозволяють учням не лише сприймати знання як ізольовані факти, а бачити їх у контексті реальних завдань і викликів. Наприклад, під час інтегрованого уроку з теми «Функції, їхні властивості та графіки» математика може поєднуватися з мистецтвом для побудови естетично привабливих графічних моделей, або з технологіями для розробки цифрових проєктів.

Основні принципи інтегрованого навчання включають міждисциплінарний підхід, розвиток критичного і творчого мислення, комунікативних навичок і практичності знань, які учні можуть застосовувати поза межами школи. Це сприяє формуванню в учнів гнучкості мислення, здатності синтезувати різні типи інформації й ефективно її використовувати. Інтегровані уроки бувають різних типів: вони можуть об'єднувати два або більше предметів, можуть бути тематично пов'язаними або базуватись на проєктній діяльності. При цьому важливо, щоб тема уроку була достатньо широкою, щоб охопити кілька дисциплін, при цьому залишаючись зрозумілою і практично значущою для учнів.

Роль інтегрованих уроків у STEAM-навчанні велика — вони формують у дітей сучасний, системний світогляд, розвивають навички міждисциплінарного аналізу та синтезу, підвищують мотивацію до навчання та зацікавленість у предметах. Вони також сприяють розвитку здатності працювати в команді, вирішувати комплексні проблеми і готують учнів до майбутньої професійної діяльності, де знання і уміння будуть поєднуватися з

творчістю і технологічною компетентністю.

Інтегровані уроки за своєю суттю стають ключовим елементом STEAM-освіти, виконують роль зв'язку між окремими предметами і реальним життям, допомагаючи учням навчатися у гармонії з вимогами сучасного світу і викликами часу [65].

Інтегровані уроки в STEAM-навчанні можуть мати різноманітні форми, які обираються залежно від навчальної теми, цілей, вікових особливостей учнів і рівня поєднання предметів. Основними формами є:

1. Об'єднання схожої тематики кількох навчальних предметів у рамках одного уроку, де розглядаються аспекти теми з позицій різних дисциплін. Це дозволяє учням бачити предмети у взаємозв'язку та розширює розуміння теми.
2. Формування інтегрованих курсів або спецкурсів, що об'єднують декілька навчальних програм, і викладаються без розподілу на традиційні предмети. Така форма поглиблює міждисциплінарність і сприяє цілісному навчанню.
3. Тематичні інтегровані уроки, які включають вивчення складних міждисциплінарних питань, що не охоплюються одним предметом. Вони дозволяють долати вузькі рамки окремої дисципліни, поглиблюючи знання та компетентності.
4. Проектна діяльність як форма інтеграції, де реалізуються практичні завдання, що вимагають застосування знань і навичок із кількох галузей. Учні активно працюють над розв'язанням реальних проблем, що стимулює творчість і критичне мислення.
5. Модульні уроки, які об'єднують окремі розділи або теми з різних дисциплін, формуючи єдину структуровану навчальну одиницю. Це гнучкий формат, що дозволяє адаптувати матеріал під конкретні завдання навчання.
6. Комплексні уроки з елементами міждисциплінарного дослідження, експериментів і творчої роботи учнів. Вони забезпечують широку практичну спрямованість і залучення учнів до активної діяльності.

Такі форми дозволяють учням розглядати навчальний матеріал більш глибоко і в комплексі, розвивати системне мислення, а також підвищують

мотивацію завдяки зв'язку знань із практикою та реальним життям.

Для успішної реалізації інтегрованих уроків у STEAM-навчанні необхідно створити низку педагогічних умов і врахувати фактори, що сприяють ефективності такої форми навчання. Серед них:

1. Професійна підготовка педагогів: вчителі повинні мати необхідні знання і навички для міждисциплінарної роботи, а також вміння спільного планування уроків і координації діяльності.
2. Ретельне планування навчального матеріалу, що дозволяє поєднати навчальні програми предметів, визначити ключові компетентності, які будуть формуватися, та організувати логічну послідовність виконання завдань.
3. Визначення спільної навчальної мети, яка об'єднує різні предмети і допомагає учням краще зрозуміти цілісність навчального процесу.
4. Забезпечення інтерактивних методів навчання, таких як проєктна діяльність, групові обговорення, досліді, ігри, що залучають учнів до активної пізнавальної діяльності.
5. Створення комфортного психологічного середовища, у якому учні відчують підтримку, мають можливість висловлювати думки і співпрацювати з однокласниками.
6. Використання сучасних інформаційних та комунікаційних технологій, що допомагають візуалізувати матеріал, реалізувати міждисциплінарні проєкти і підвищують інтерес учнів.
7. Постійний аналіз і корекція навчального процесу з урахуванням особливостей класу і індивідуальних потреб учнів.
8. Підготовка учнів до інтегрованих уроків — пояснення мети, методів роботи і очікуваних результатів, щоб вони були активними учасниками навчання.
9. Сприяння розвитку метакогнітивних навичок у учнів, тобто умінню оцінювати і регулювати власну пізнавальну діяльність у процесі інтегрованого навчання.

Дотримання цих умов і врахування педагогічних факторів підвищує ефективність інтегрованих уроків, сприяє формуванню цілісного світогляду,

міждисциплінарних компетентностей і готує учнів до сучасних викликів освіти та професійної діяльності [42].

Практичне застосування бінарних та інтегрованих уроків на прикладі теми «Функції, їхні властивості та графіки» може бути представлене через глибоке математичне вивчення з одночасною інтеграцією інших дисциплін.

Зокрема, математичний аспект уроку охоплює основні поняття функції, їх властивості (зростання, спадання, парність, непарність, область визначення та значень) і побудову графіків функцій різних типів: лінійні, квадратичні, обернені пропорційності, показникові тощо. Учні вчаться аналізувати фізичний сенс властивостей функцій через дослідження їх графіків і використовують різні методи задання функцій — аналітичний, табличний, графічний. При цьому формуються навички побудови ескізів графіків і розв'язування задач, що ґрунтуються на властивостях функцій.

Інтеграція математики з інформатикою реалізується через програмування або використання спеціалізованих програмних засобів для побудови графіків функцій. Учні проєктують і моделюють функції, експериментують з параметрами функцій, аналізують, як зміни у формулі впливають на форму графіка. Така діяльність розвиває алгоритмічне мислення, вміння працювати з технологіями і глибше розуміти математику.

Інтеграція з мистецтвом полягає у створенні візуальних чи художніх моделей графіків функцій, де учні показують красу математичних форм через колір, композицію, творчі образи. Це сприяє синтезу математичних і естетичних знань, розвиває творчість і креативний підхід.

Поєднання з фізикою чи інженерією дозволяє учням бачити практичне застосування функцій у реальних процесах — опис руху, зміни показників, фізичних величин, що змінюються за законом функції. Урок може містити експериментальні проєкти, де функції стають моделлю для розрахунків і прогнозів.

Таким чином, бінарний або інтегрований STEAM-урок з теми «Функції, їхні властивості та графіки» максимально поєднує теоретичні

знання математики з практичними навичками програмування, творчою діяльністю і науковим підходом. Це підвищує мотивацію, розвиває ключові компетентності й формує цілісне розуміння теми через міждисциплінарний досвід [59].

Бінарні та інтегровані уроки відіграють важливу роль у формуванні ключових компетентностей учнів, сприяючи розвитку їх аналітичних, творчих, комунікативних і міждисциплінарних умінь. Ця форма навчання допомагає учням відчувати цілісність знань через поєднання різних предметів, що розширює їх світогляд і формує наукове мислення. Впровадження таких уроків активізує пізнавальну діяльність учнів, підвищує мотивацію до навчання завдяки залученню в творчий процес, зняттю втому за рахунок варіативності видів діяльності і створенню комфортного психологічного середовища.

Інтеграція навчального матеріалу створює умови для застосування знань на практиці, що є важливим чинником формування в учнів усвідомленого ставлення до науки і власного навчання. Учні розвивають навички самоосвіти і самоконтролю, оскільки велика частина підготовки і роботи на таких уроках здійснюється самостійно або в групах позаурочно. Бінарні і інтегровані уроки сприяють формуванню не лише предметних компетентностей, але й загальних культурних і соціальних, що допомагає учням адаптуватися у сучасному світі.

Загалом, використання бінарних і інтегрованих уроків у навчальному процесі є не лише засобом покращення якості освіти, а й ефективним стимулом для розвитку мотивації, творчого потенціалу і цілісного світосприйняття учнів, що є ключовими завданнями сучасної школи.

Висновки до третього розділу

На основі аналізу наукових джерел з проблеми дослідження визначено педагогічні умови реалізації STEAM-орієнтованого підходу у навчанні

математики, що забезпечують ефективне поєднання теоретичної та практичної складових освітнього процесу. Такий підхід спрямований на інтеграцію знань з різних галузей – природничих наук, технологій, інженерії, мистецтва та математики – з метою формування в учнів цілісного світогляду та ключових компетентностей.

З'ясовано, що використання цифрових технологій у STEAM-навчанні значно розширює можливості викладання розділу «Функції, їхні властивості та графіки», робить його більш наочним, інтерактивним та наближеним до реальних життєвих ситуацій. Використання математичних програм, динамічних систем і середовищ візуалізації сприяє розвитку критичного мислення, інформаційної грамотності та здатності до самостійного дослідження.

Реалізація STEAM-підходу у навчанні математики потребує створення відповідних педагогічних умов, серед яких важливу роль відіграють інтеграція предметних знань, використання проєктної діяльності, застосування цифрових технологій та формування дослідницьких умінь учнів. Поєднання цих умов сприяє розвитку критичного мислення, творчих здібностей і практичного застосування математичних знань у реальному житті. STEAM-орієнтований підхід дозволяє зробити навчання більш осмисленим, мотивуючим і сучасним, що відповідає вимогам освіти XXI століття.

Впровадження цих педагогічних умов у навчальний процес сприятиме ефективній реалізації STEAM-орієнтованого підходу в навчанні математики, зокрема в розділі «Функції, їхні властивості та графіки», та забезпечить розвиток у учнів необхідних компетентностей для успішної діяльності в сучасному суспільстві.

Розкрито значення STEAM-проєктів у вивченні функцій як інноваційної форми роботи, що поєднує знання з різних дисциплін, активізує пізнавальну діяльність учнів і дозволяє застосувати математичні знання у практичних та міждисциплінарних завданнях. Проєктна діяльність створює умови для розвитку креативності, уміння працювати в команді, формування навичок

дослідження та презентації результатів.

Особливу роль у реалізації STEAM-орієнтованого підходу відіграють бінарні та інтегровані уроки, адже вони створюють умови для органічного поєднання знань з різних галузей і дозволяють учням бачити практичну значущість математики у повсякденному житті та майбутній професійній діяльності. Такі уроки забезпечують взаємозв'язок між математикою та іншими навчальними дисциплінами – фізикою, інформатикою, біологією, технологіями, мистецтвом, що сприяє глибшому розумінню навчального матеріалу та розвитку міждисциплінарних компетентностей.

Інтегровані форми навчання формують у школярів системне мислення, допомагають поєднувати теоретичні знання з практичними навичками, розвивають гнучкість мислення та здатність до перенесення знань у нові контексти. Водночас вони стимулюють креативність, адже учні залучаються до створення проєктів, розв'язання проблемних ситуацій, моделювання реальних процесів. Бінарні уроки виступають ефективним інструментом формування навичок співпраці, комунікації та самостійного прийняття рішень, що відповідає сучасним освітнім вимогам та підвищує мотивацію до навчання.

Таким чином, STEAM-навчання у вивченні теми «Функції, їхні властивості та графіки» є ефективним засобом модернізації математичної освіти. Воно сприяє формуванню навичок XXI століття – креативності, критичного мислення, комунікації та технологічної грамотності, забезпечує підготовку учнів до майбутньої професійної діяльності та орієнтує на застосування знань у життєвих ситуаціях.

ВИСНОВКИ

У дослідженні на тему «Використання STEAM-орієнтованих підходів у навчанні математики на базовому рівні підготовки» було розглянуто проблему інтеграції інноваційних освітніх практик у процес викладання математики в закладах загальної середньої освіти.

Мета дослідження полягала в теоретичному обґрунтуванні та практичній реалізації використання STEAM-орієнтованих підходів у навчанні математики на базовому рівні підготовки.

Для досягнення цієї мети було визначено та виконано низку завдань:

1. Здійснено аналіз наукової літератури з проблеми впровадження STEAM-освіти, що дало змогу розкрити сутність понять «STEM» та «STEAM» і визначити їхній вплив на освітній процес;
2. Охарактеризовано міжпредметні та внутріпредметні зв'язки у навчанні математики, які становлять основу для формування інтегрованого навчального середовища;
3. Розглянуто методичні особливості навчання теми «Функції, їхні властивості та графіки» в базовій школі, проаналізовано зміст навчальних підручників для 10 класу з точки зору можливостей впровадження STEAM-підходу;
4. Визначено педагогічні умови реалізації STEAM у процесі навчання математики та роль цифрових освітніх технологій;
5. Досліджено можливості використання цифрових технологій для впровадження STEAM-методик.
6. Розроблено та запропоновано приклади STEAM-проектів, інтегрованих і бінарних уроків, які сприяють формуванню практичних навичок, розвитку критичного мислення, творчості й уміння застосовувати знання в нових ситуаціях.

У ході дослідження доведено, що впровадження STEAM-орієнтованого підходу в навчання математики:

- створює умови для інтеграції знань з різних галузей науки, техніки,

інженерії, мистецтва та математики;

- забезпечує розвиток у здобувачів освіти системного мислення, умінь аналізувати, моделювати та візуалізувати математичні процеси;
- сприяє формуванню ключових компетентностей, передбачених Новою українською школою, зокрема математичної, технологічної, цифрової та творчої;
- підвищує мотивацію учнів до вивчення математики завдяки використанню практико-орієнтованих завдань та інтерактивних освітніх технологій.

Таким чином, результати дослідження підтвердили, що STEAM-орієнтований підхід у навчанні математики на базовому рівні не лише оптимізує процес засвоєння навчального матеріалу, але й розширює можливості учнів у застосуванні знань у реальному житті, готуючи їх до майбутньої професійної діяльності та активної участі в суспільному житті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Афанасенко, І. С.. Застосування інформаційно-комунікаційних технологій у процесі вивчення теми «функції, їхні властивості та графіки» у 10-му класі : кваліфікац. робота; Глухів. нац. пед. ун-т ім. О. Довженка. Глухів, 2023.
2. Барабошко С. А., Никитюк В. М. STEAM-практикум як вид інноваційної діяльності. *STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти, досвід впровадження, перспективи розвитку: матеріали всеукраїнської науковопрактичної конференції* (21 квітня 2021 р., м. Луцьк) / укладачі: Н. А. Поліщук, В. В. Камінська. Луцьк: Волинський ІППО, 2021. С.67 – 74.
3. Бевз, В. Г.. Міжпредметні зв'язки як необхідний елемент предметної системи навчання. *Математика в школі*. 2003. № 6. С. 11.
4. Бевз, Г. П., Бевз, В. Г., Владімірова, Н. Г.. Алгебра і початки аналізу. Профільний рівень : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти. Київ : Освіта, 2018. 336 с.
5. Бевз, Г. П., Бевз, В. Г.. Математика : Алгебра і початки аналізу та геометрія. Рівень стандарту : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти. Київ : *Освіта*, 2018. 288 с.
6. Беседін, Б. Б., Бабенко, Н. О.. Міжпредметні зв'язки на уроках математики. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2019. Вип. 9. С. 137–143.
7. Бич, О. В., Григор'єва, О. В.. Застосування нових інформаційних технологій при вивченні математики. Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в освітній діяльності : зб. наук. праць. Кривий Ріг, 1999. С. 125–127.
8. Використання елементів STEM-освіти на уроках математики : зб. матеріалів роботи творчої групи викладачів математики. Рівне : НМЦ ПТО, 2019. 95 с.
9. Використання інтерактивних технологій на уроках математики.

Білоцерківський професійний ліцей. URL: <https://bila.km.ua/metodichna-skarbnichka/metodichni-materiali/vikoristannya-interaktivnih-tehnologiy-na-urokah-matematiki/menu-id-896.html> (дата звернення: 04.11.2025).

10. Використання сучасних педагогічних технологій на уроках математики. На Урок. URL: <https://naurok.com.ua/vikoristannya-suchasnih-pedagogichnih-tehnologiy-na-urokah-matematiki-309414.html> (дата звернення: 04.11.2025).

11. Використання та впровадження ІКТ на уроках математики. На Урок. URL: <https://naurok.com.ua/vikoristannya-ta-vprovadzhennya-ikt-na-urokah-matematiki-459065.html> (дата звернення: 04.11.2025).

12. Вікова та педагогічна психологія : навч. посіб. / О. В. Скрипченко та ін. Київ : *Просвіта*, 2001. 416 с.

13. Впровадження елементів STEM-освіти у навчання математики та фізики. На Урок. URL: <https://naurok.com.ua/vprovadzhennya-elementiv-stem-osviti-u-navchannya-matematiki-ta-fiziki-47799.html> (дата звернення: 04.11.2025).

14. Гончаренко С.У. Український педагогічний словник Київ: *Либідь*, 1997. 374 с.

15. Гриневич, Т.. Розробка уроку математики на тему «Тригонометричні функції числового аргументу». *Використання елементів STEM-освіти на уроках математики : зб. матеріалів роботи творчої групи викладачів математики*. Рівне : НМЦ ПТО, 2019. С. 20–41.

16. Грובה, Ю. В.. Застосування STEM-підходів під час вивчення змістової лінії функції в старшій школі : кваліфікац. робота; Глухів. нац. пед. ун-т ім. О. Довженка. Глухів, 2023.

17. Грובה, Ю.. STEM-практикум під час вивчення тригонометричних функцій. *Актуальні проблеми сучасної науки : матеріали X-ї Міжнар. наук.-практ. конф.* / за ред. О. Кузика, І. Столярчука. Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені Івана Франка, 2023. С. 149–151.

18. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти.

Математика в школах України. 2012. № 6(342). С. 2–9.

19. Дерябіна, С. В.; Нікітенко, Р. І. STEAM-стратегії в діяльності педагогів. *Рекомендовано до видання рішенням Вченої ради Інституту обдарованої дитини НАПН України протокол № 7 від 26 червня 2024 року*, 2024, 194 с.

20. Жадько, Ю. В.. Концепція Maker Space та BYOD як інструменти реалізації STEM-освіти. *Позашкільна освіта: стратегія, перспективи розвитку, сучасні практики* : матеріали II Обл. наук.-практ. інтернет-конф. С. 3–6.

21. Збірник програм з математики для допрофільної підготовки та профільного навчання (у двох частинах). Ч. II. Профільне навчання. Упоряд.: Н. С. Прокопенко, О. П. Вашуленко, О. В. Єргіна. Харків : *Ранок*, 2011. 384 с. (Факультативи та курси за вибором).

22. Іванчук Г. Д.. Розвиток логічного та критичного мислення на уроках математики. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. *Серія педагогічна*. 2022. Вип. 34. С. 115–119.

23. Інститут модернізації змісту освіти. Глосарій URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/glosariy> (дата звернення: 04.11.2025).

24. Інтеграція фізики та математики як один із засобів підвищення ефективності навчання. URL: https://dubachinskaya.blogspot.com/2015/08/blog-post_33.html (дата звернення: 04.11.2025).

25. Істер, О. С.. Математика : (алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) : підруч. для 10-го кл. закл. заг. серед. освіти. Київ : *Генеза*, 2018. 384 с.

26. Кайдан, Н., Соколова, П.. Реалізації STEAM-проектів на уроках математики в сучасній школі: методика навчання математики в закладах загальної середньої та вищої освіти. *Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ*. 2024. Вип. 14. С. 115–120.

27. Карабін О.Й., Шуль М.В. Формування цифрових компетентностей здобувачів освіти в контексті нової української школи. *Інноваційна*

педагогіка. 2020. Вип. 29(1). С.140–144

28. Кириленко, С., Кіян, О.. Проблема підготовки вчителя у системі STEM-освіти: розвиток та формування його професійної компетентності. STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., 9–10 листоп. 2017 р., м. Київ. Київ : ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», 2017. С. 14–160.

29. Козловська О. Прикладна спрямованість шкільного курсу математики. Розвиток життєвої компетентності школярів. *Математика*, №3. 2008

30. Кузьменко О. В. Сутність та напрямки розвитку STEM-освіти. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. 2016. Вип. 9, ч. 3. С. 188–190.

31. Кухаревич В.О. Методи і прийоми розвитку критичного мислення на уроках математики. *Авторська методика викладання предмета. Київський університет імені Бориса Грінченка*. Київ, 2022. 50 с.

32. Левківський, М. В.. Історія педагогіки : навч.-метод. посібник. 4-те вид. Київ : Центр учбової літератури, 2011. 190 с.

33. Лук'янова, С., Філон, Л.. Внутрішньопредметні зв'язки як засіб подолання освітніх втрат учнівства з математики. *Grail of Science*. 2023. Vol. 33. P. 335–341.

34. Матвійчук, Ю. Ю.. STEM-освіта як інструмент реалізації інтегрованого вивчення природничо-математичних дисциплін. *Теорія та методика навчання та виховання*. 2021. Вип. 50. С. 123–135.

35. Матвійчук, Ю. Ю.. STEAM-освіта як інструмент реалізації інтегрованого природничо-математичного навчання. *Educational Challenges*. 2020. Vol. 62. P. 144–152.

36. Математика : алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти / А. Г. Мерзляк та ін.. Харків : Гімназія, 2018. 256 с.

37. Математика (алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) : підруч. для 10 класу закладів загальної середньої освіти / М. І. Бурда та ін. Київ : УОВЦ «Оріон», 2018. 288 с.

38. Махровська, Н. та ін.. Викладання алгебри через STEAM: шлях до формування навичок XXI століття. *Вересень*. 2024. № 4. С. 103.

39. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017-2018 навчальний рік : Лист ІЗМО № 21. 1/10-1470 від 13.07.17 року.

40. Мирончук О. П., Трофімук М. Б. Бінарні уроки як форма STEM-організованої організації освітнього процесу : [бінар. урок алгебри та хімії «Математичне моделювання»]. *Хімія*. 2020. № 5/6. С. 14 – 21.

41. Мирончук, О. П., Трофімук, М. Б., Кащенко, М. Р.. Бінарні уроки як форма STEM-орієнтованої організації освітнього процесу. *Педагогічний пошук*. 2019. № 4. С. 57–61.

42. Мороз, П. В., Мороз, І. В.. Практика інтегрованого навчання учнів історії у 5–6 класах : метод. рек. Київ : *Освіта*, 2024. 123 с.

43. Навчальна програма з математики для учнів 10-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. Рівень стандарту. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/matematika.-riven-standartu.docx> (дата звернення: 04.11.2025).

44. Нелін, Є. П.. Математика (алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) : підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти. Харків : *Ранок*, 2018. 328 с.

45. Овчаров С.М. Навчаємося творити: розвиток креативних здібностей школярів: навч.-метод. посіб. Полтава : *АСМІ*, 2011. 108 с.

46. Овчаров, С. М., Овчарова, К. В.. Міжпредметні зв'язки у навчанні математики. V Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Полтава, 2019. С. 128.

47. Пархоменко, О. С.. STEM/STEAM/STREAM–впровадження інноваційних трендових технологій на уроках математики. *Наукові записки*

молодих учених. Вип. 3. 2019. 11 с.

48. Поліхун, Н. І. та ін.. STEM/STEAM-освіта: від теорії до практики : метод. посіб. Київ : *Інститут обдарованої дитини НАПН України*, 2023. 121 с.

49. Порадник для тренера / Б. Валькевич та ін. ; пер. з пол. О. Стиславська ; ред. Й. Господарчик. 1-ше вид. Варшава : Центральний Осередок Вдосконалення Вчителів, 2007. 134 с.

50. Постова, К.. STEM-проект – особливості планування і реалізації в освітньому процесі (на прикладі проекту «Червона книга та природоохоронні території України» для п'ятикласників). Наукові записки Малої академії наук України. Серія «Педагогічні науки» : зб. наук. праць / ред. кол. : С. О. Довгий (голова) та ін. К. : Національний центр «Мала академія наук України», 2019. Вип. 15. С. 56–64.

51. Проект концепції STEM-освіти в Україні. URL: http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM_2017.pdf (дата звернення: 04.11.2025)

52. Розвиток компетентностей учнів на основі інформаційних технологій на уроках математики. На Урок. URL: <https://naurok.com.ua/rozvitok-kompetentnostey-uchniv-na-osnovi-informaciynih-tehnologiy-na-urokah-matematiki-275147.html> (дата звернення: 04.11.2025).

53. Розвиток критичного мислення через математику: методи та вправи. URL: <https://buki.com.ua/blogs/rozvitok-kriticnogo-mislennia-cerez-matematiku-metodi-ta-vpravi> (дата звернення: 04.11.2025).

54. Романов, О.. Звукові хвилі. Швидкість поширення звуку. *STEM-школа – 2021 : зб. матеріалів* / уклад.: Н. І. Гущина та ін. Київ : *Освіта*, 2021. С. 104–116.

55. Руденко Н.В., Зайцева С.С. Впровадження елементів STEAM-освіти на заняттях з іноземної мови в умовах онлайн-навчання. *Актуальні питання гуманітарних наук*. 2022. Вип.57(2). С.277–284.

56. Савчук А. В. Застосування STEM-підходів при вивченні змістової лінії функції : кваліфікаційна робота. Криворіз. держ. пед. ун-т. Кривий Ріг,

2022. 70 с.

57. Слєпкань, З. І.. Методика навчання математики : підручник. 2-ге вид., допов. і переробл. Київ : *Вища шк.*, 2006. 582 с.

58. Сохань, Н.. Розробка інтегрованих уроків засобами використання сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в умовах дистанційного навчання. *STEM-тиждень — 2020 : зб. матеріалів* / уклад.: І. П. Василяшко та ін. Київ : Видавничий дім «Освіта», 2020. С. 248–255.

59. Станжицький, О. М. та ін.. Методичні вказівки та завдання для самостійної роботи з дисципліни «Методика навчання математики». Частина III «Функції в шкільному курсі математики» для студентів спеціальності 014.04 Середня освіта (Математика) механіко-математичного факультету. 2022. 224 с.

60. Сухойваненко, Л. Ф.. Міжпредметні зв'язки у навчанні елементарної математики майбутніх учителів математики : кваліфікаційна наук. праця на правах рукопису. Дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, Київ, 2020.

61. Туваєва, А. Ю.. Впровадження міжпредметних зв'язків у навчальний процес через використання інформаційних технологій: кваліфікац. робота; Запоріз. нац. ун-т. Запоріжжя, 2024. 64 с.

62. Чепурненко, О.. Використання елементів STEM-освіти під час проведення уроку-практикуму. *STEM-школа – 2021 : зб. матеріалів* / уклад.: Н. І. Гущина та ін. Київ : Видавничий дім «Освіта», 2021. С. 123–132.

63. Шарова Т., Шаров С. Формування комунікативної компетентності майбутніх учителів інформатики засобамитворчих робіт. *Молодь і ринок*. 2018. Вип.9(164). С.33–38

64. Шостак Т. С.. Упровадження елементів STEM (STEAM)-освіти на уроках математики через AR- і 3D-технології та проєктно-дослідницьку діяльність. *Постметодика*. 2022. № 1–2. URL: <https://ed.pano.pl.ua/item/1593> (дата звернення: 04.11.2025).

65. Що таке інтегрований урок: у чому його цінність. URL:

<https://bestcleverslms.com/piznavalne/shcho-take-intehrovanyy-urok-u-chomu-yoho-tsinnist/> (дата звернення: 04.11.2025).

66. Юзик О. Проектна діяльність у шкільному курсі інформатики : навчальний посібник; Рівненський державний гуманітарний університет. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2024. 122 с.

67. Best project nominees of the StarT season 2020. URL:<https://start.luma.fi/en/materials/the-best-of-start-2020/best-projects-2020/> (дата звернення: 04.11.2025).

68. Dos Santos, J. M. D. S. та ін.. GeoGebra e situações que envolvem modelação numa abordagem STEAM. *arXiv preprint arXiv:1907.02099*. 2019.

69. Hallinen, J.. STEM education curriculum. Britannica. URL: <https://www.britannica.com/topic/STEM-education> (дата звернення: 04.11.2025).

70. Marín-Marín, J. A., García-Tudela, P. A., Duo-Terrón, P.. Computational thinking and programming with Arduino in education: A systematic review for secondary education. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, no. 8.

71. Pérez Torres, M. та ін.. Evaluation of STEAM Project-based Learning (STEAM PBL) Instructional Designs from the STEM Practices Perspective. *Educ. Sci.*. 2024. Vol. 14, no. 53.

72. STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти, досвід впровадження, перспективи розвитку : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (21 квіт. 2021 р., м. Луцьк) / уклад.: Н. А. Поліщук, В. В. Камінська. Луцьк : Волинський ІППО, 2021. 208 с.

73. STEM - ОСВІТА - ОРІЄНТИР НА МАЙБУТНЄ. Блог вчителя початкових класів Слівчук Тетяни Іванівни. URL: https://tetjanaslivchuk.blogspot.com/p/blog-page_24.html (дата звернення: 04.11.2025).

74. STEM-освіта: сучасні підходи та перспективи впровадження: Бібліогр. покажч. (2017–2022 pp.) / уклад.: В. П. Балюк та ін. ; Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, Бібліотека імені М. А. Жовтобрюха. Полтава, 2023. 22 с.

75. STEM по-українськи: концепція розвитку STEM-освіти 2027. URL: <https://b-pro.com.ua/statti/osoblivosti-shkilnoi-stem-osviti-svitova-praktika> (дата звернення: 04.11.2025).

76. STEM як інноваційна стратегія інтегрованої освіти: світовий досвід та перспективи розвитку / О. Борзик та ін. *Вісник науки та освіти*. 2023. № 1(7). URL: [https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-1\(7\)-383-396](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-1(7)-383-396) (дата звернення: 04.11.2025).

77. Tinkercad Robotics for School: SIMLAB KOMBAT! (virtual Walking Robots Battle). URL: <https://www.instructables.com/Tinkercad-Robotics-for-School-SIMLAB-KOMBAT-virtua/> (дата звернення: 04.11.2025).

78. What is STEAM Education? The Definitive Guide for K-12 Schools. URL: <https://artsintegration.com/what-is-steam-education-in-k-12-schools/> (дата звернення: 04.11.2025).

79. Ziatdinov, R., Valles JR, J. R.. Synthesis of modeling, visualization, and programming in GeoGebra as an effective approach for teaching and learning STEM topics. *Mathematics*. 2022. Vol. 10, no. 3. P. 398.

Додаток А

STEAM-урок математики «Експедиція до міста Миколаєва». 10 клас

1. Залучення учнів до розв'язання практико-орієнтованих проблем та ситуацій. STEAM-заняття побудовано в розрізі залучення учнів до ролі археологів-математиків-мистецтвознавців, які відправляються в експедицію на рідну Миколаївщину (точніше до міста Миколаєва), де, за легендою, прихований скарб давніх математичних знань (рис. А.1).

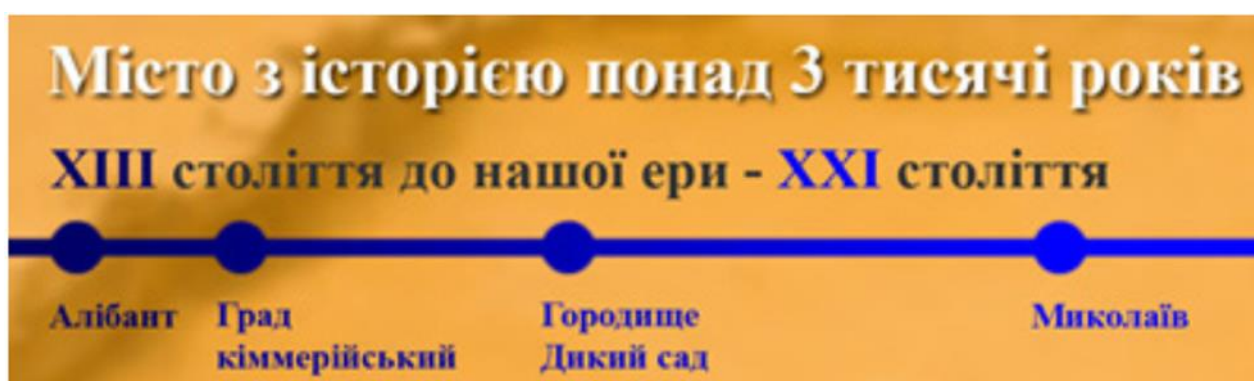


Рис. А.1. Часова шкала історії м. Миколаєва.

Для повторення та узагальнення знань із теми учням запропоновано пройти три етапи:

- Знайти фрагменти: для повторення основних понять первісної та інтеграла, їхнє значення та властивостей (математика).
- Вивчити артефакти: дослідити різні типи первісних та інтегралів, таких, як невизначені, визначені, табличні та ін. (історія).
- Проаналізувати знахідки: звернути увагу на зв'язок між первісною та інтегралом та виконати відповідні завдання з ними (мистецтво, археологія).

Проблемне питання (вступ до теми):

Знайдіть зв'язок між пошуком археологічних знахідок та обчисленням інтеграла?

Пропонується завдання для аналізу знахідок артефактів задля наближення до розгадки, адже під час розкопок учні «натрапили» на різні артефакти та дивні символи, висічені на знайдених шматочках (рис. А.2)

Проаналізуємо знахідки

Функція f	Первісна функції f	Функція f	Первісна функції f	Функція f	Первісна функції f
k (стала)	kx	$\frac{1}{x}$	$\ln x $	$\sin x$	$-\cos x$
$x^n, n \neq -1$	$\frac{x^{n+1}}{n+1}$			$\cos x$	$\sin x$

До кожної функції (1 – 3) доберіть відповідну первісну (А – Д)

Функція	Первісна
1 $f(x) = x$	А 1
2 $f(x) = \cos x$	Б $-\cos x$
3 $f(x) = \frac{1}{x}$	В $\ln x $
	Г $\frac{x^2}{2}$
	Д $\sin x$



Рис. А.2. Розшифровуємо символи

Наведемо фрагмент пропонованого змісту заняття:

«Наступний етап нашої археологічної експедиції – розшифрування загадкових знаків, символів, формул.

- Вивчимо символи: опануємо математичні знання та техніки, необхідні для роботи з первісною та інтегралом.
- З'єднаємо фрагменти: відшукаємо закономірності та зв'язки між різними типами первісних та інтегралів.
- Розгадуємо таємницю: як первісна та інтеграл використовуються для розв'язування задач у різних галузях, таких, як фізика, інженерія, економіка та інші.

Це подібно до того, як ми вимірюємо площу під кривою, графіком якої є похідна. Інтеграл – це математичне поняття, що використовуємо для обчислення суми нескінченної кількості малих елементів, які становлять загальну картину.

Уявіть собі, що ви хочете знайти площу фігури, обмеженої кривою лінією.

Замість того, щоб вручну вимірювати кожен шматочок площі, можна розбити фігуру на нескінченно малі смуги, розрахувати площу кожної смуги та підсумувати їх. Цей процес називаємо інтегруванням.

2. *Формулювання критеріїв або надання шаблонів до завдань, які виконують учні.* Наприклад, виконуючи різні завдання протягом заняття, учасники знаходили фрагменти стародавнього манускрипту, щоб дешифрувати приховану таємницю (рис. А.3). Заздалегідь учасникам надано таблицю для розгадування отриманих кодів.

Дешифрування

Код	Літера
103	g
69	E
110	n
116	t
33	!
65	A
78	N
84	T

Tangent!

Рис. А.3. Результат дешифрування

3. *Сприяння командній роботі.* Усі STEAM-заняття проводяться на основі онлайн-сервісу Kahoot! (див. гру-дослідження у відеозаписі заняття за покликанням <https://youtu.be/rfGSG57Gtc4>). Це надає заняттю інтерактивності та збільшує інтерес для подальшого руху. Наявний змагальний ефект, але насамперед учні перемагають власні виклики і вдосконалюють уміння та навички. Наголосимо на важливості якісного візуального супроводу завдань.

Нагадаємо про можливості функцій штучного інтелекту у створенні такого дидактичного матеріалу (рис. А.2).

Креативне представлення матеріалу в поєднанні з практико-орієнтованим змістом підвищують інтерес та мотивацію до опанування змісту предмета. Цікава фабула є вагомою частиною, що супроводжує візуалізацію і сприяє

усвідомленому навчанню. Наприклад, використання історично-довідкового матеріалу: «Сьогодні ми ведемо розкопки в стародавньому городищі «Дикий сад» у місті Миколаєві. Легенди свідчать, що десь тут захований дорогоцінний скарб-артефакт, який має надзвичайну силу. Ми вивчаємо символи і розуміємо, що він описує математичну функцію – похідну. Визначивши загальний вид первісних цієї функції, ви зможете розгадати таємницю символу та знайти шлях до скарбу (рис. А.4). На фото представлено кремнієвий серп, знайдений у «Дикому саду» у 2020 році».

Розгадуємо таємниці

Визначте загальний вигляд первісних функції

$f(x) = 4x - \frac{3}{\cos^2 x}$

$(F+G)$ – первісна для $f+g$



Функція f	Первісна функції f
$x^n, n \neq -1$	$\frac{x^{n+1}}{n+1}$
$\frac{1}{\cos^2 x}$	$\operatorname{tg} x$

А	Б	В
$F(x) = 2x^2 - 3 \operatorname{tg} x + C$	$F(x) = 4x^2 - 3 \operatorname{tg} x + C$	$F(x) = 2x^2 + 3 \operatorname{tg} x + C$
Г		Д
$F(x) = x^2 - 3 \operatorname{tg} x + C$		$F(x) = 2x^2 - \frac{3}{\operatorname{tg} x} + C$

Рис. А.4. Розгадуємо таємниці

4. Занурення учнів у практичне та відкрите дослідження. Важливим елементом будь-якого STEAM-заняття є використання актуальних матеріалів із теми, розгляд наукових фактів, обґрунтованих та доведених коректних відомостей. Наприклад: Розкопуючи городище «Дикий сад», можемо знайти багато чудернацьких вигинів стародавньої забудови, а також знахідки можуть стосуватися дивовижних фрагментів, із яких складається розуміння побуту та життя наших предків. Зазвичай, такі артефакти мають нерівні форми, площі яких нам потрібно відшукати. Такі форми в математиці часто мають назву «криволінійна трапеція». І саме такі

площі потрібно шукати археологам для розуміння цінності та історичної ваги знайдених експонатів. Застосовуючи математичні знання, ми допомагаємо археологічній науці в реконструкції історичних об'єктів.

5. *Рефлексія власної діяльності*. Рефлексія є невід'ємним завершальним елементом сучасного уроку / заняття. У рамках заняття запропоновано оцінити себе за п'ятибальною шкалою – графічно дати відповідь на питання: «Наскільки повною і цілісною є ваша амфора знань із теми «Первісна та інтеграл»?» (рис. А.5).

Історична довідка для рефлексії. А тим часом представлені амфори були знайдені саме на городищі «Дикий сад» і відновлені. Знахідки свідчать про досить високий рівень розвитку поселення. На думку археологів, мешканці городища могли вести торгівлю з Малою Азією і Балканами, з Прибалтикою і Трансильванією, а через них і з Британськими островами. У 2008 році археологи знайшли великий історичний скарб – колекцію бронзових предметів: десяток сокирок для обробки дерева, наконечник для дротика та ніж-пилку.



Рис. А.5. Приклад онлайн-дошки для рефлексії

Додаток Б

Проект «Від сохи до трактора»

Комплекс Цільове наставлення	Проект та підтема	Завдання	Зразки лабораторної та дослідної роботи	Зв'язок з курсом	Методичні вказівки та необхідні відомості
Тема. Від сохи до трактора.					
Індустріалізація сільськогосподарства	Підтеми: 1) Поле оброблено сохою.	1) Знайти урожай на один гектар, якщо поле орано за допомогою сохи.	1) Намалювати соху. Вирішити таке питання: селянин обробив сохою свою землю у формі прямокутника, довжина якого 120 с, а ширина 70 с і зібрав урожай жита всього вагою 105 пудів. Вирахувати врожай на одну десятину та на один гектар.	1) Обчислення площ різних фігур. Переведення старих мір на метричні.	2) Розказати, як стародавні люди обробляли землю. Тисячу років назад почали обробляти землю сохою. Соха коштує дешево, її легко можна зробити дома, але вона погано обробляє землю. На обробку $\frac{1}{2}$ десятини потрібно цілий робочий день (10 год).
	2) Поле оброблено плугом	2) Порівняти врожайність, коли поле оброблено за допомогою плуга і сохи	2) Намалювати плуг. а) З ділянки ABCDE, обробленої плугом, зібрано 430 пудів жита. Скільки припадає на один гектар. Порівняти відповідь з першою задачею.	2) Обчислення площ різних ділянок. Переведення старих мір на метричні. Відсотки. Скласти задачі на рівняння I-ступеня з одним невідомим.	3) Плуг винайдено 300 років назад закордонними агрономами. Плугом можна обробити $\frac{3}{2}$ десятини в день. Після плуга з'явилися інші сільськогосподарські машини: сіялки, віялки, жатки, молотилки. Щоб прискорити оранку виробляли плуги
			б) З ділянок А та В,		

			ораних плугом, зібрано 400 пудів жита, а з однієї десятини ділянки А, довжина якої 120с зібрано 85 пудів, а з ділянки В, довжиною 40с, зібрано з десятини 90 пудів. Обчислити ширину ділянок.		з декількома лемішами, але такі плуги потребують великої сили, щоб зрушити з місця (10-12 коней).
Довести, що за допомогою машин значно покращується сільське господарство	3) Користування паровими двигунами.	3) Обчислити корисну роботу парового котла у відсотках. Довести, що користуватися паровими двигунами невигідно	3) 1.3 формули $N = \frac{PV}{75}$ обчислити N при $P = 6000\text{кг}$, а $V = 10\text{ м/с}$. 2. Перетворити цю формулу, коли V дано в км/год та вирахувати N , коли $P = 8000\text{кг}$, а $V = 90\text{ км/год}$. Накреслити графік при цих умовах. 3. Обчислити скільки треба спалити вугілля, щоб нагріти до кипіння 5 куб. метр. води в котлі ($t = 20^\circ\text{C}$), коли тиск в котлі досягає 15 атм., а температура кипіння $197,2^\circ\text{C}$. $5\text{м}^3 =$	3) Обчислити за формулою потужності парової машини в кінських силах. Графік зміни N при сталому P і змінному V	3) Щоб тягти 8-ми лемішний плуг 80 років тому почали користуватися паровим двигуном – локомотивом. Локомотив може замінити декілька десятків коней, але він дорого коштує, як і саме паливо до нього, і може призвести до пожежі. З досвіду відомо, що 1 кг антрациту дає 7500 великих калорій; щоб одержати 1 кг пари при тиску 15 атм., треба затратити 469,8 калорій. Тобто 1 кг антрациду дає 6 кг пари, а на 1 кінську силу тратиться 1, 2 кг антрациду.

			5000л = 5000кг 4.Обчислити, скільки треба вугілля, щоб перетворити 5 м3 при температурі 197,2о С в пар.		
	4) Електрифікація села	4) Обчислити могутність двигуна та електромотора (в кінських силах) для електрифікації села	4) Електрифікація: Користуючись відомостями, що подані в методичних вказівках п.4 вирішити таке питання: в селі, де 150 садиб бажано оборудувати електричне освітлення та мати електромотор, пристосований до сільсько господарської праці. В кожній садибі для освітлення потрібно мати 3 лампи по 16 свічок; найбільше віддалення для току 2 км; одночасно передбачається палити не більше 400 ламп. Обрахувати якої потужності потрібно для цього в		4) Відомо, що 1 лампочка 16 свічок потребує 27, 5 Вт; на проводах при віддаленні 2 км пропадає до 12 % струму; корисна робота електричної динамо не більша 90 %; при передачі з двигуна на динамо теж пропадає 5%; корисна робота дизель-мотора до 80%; 1 Вт = 1/735 к.о. Щоб користуватися в сільському господарстві електромотором, треба мати двигун великої сили (від 100 до 150 кінських сил).

			кінських силах поставити динамо та дизельмотор		
	5)Трактор – найкраща машина для сільсько госпо дарської праці	5) Що дає трактор сільськом у господарс тву?	5) Трактор: Користуючись книжками И.Бухарина– «Выбор трактора и его использование» скласти кошторис витрат сільськогоспода рської праці трактором і кінськими на 1 гектар поля, маючи на увазі такі роботи: 1) Угноєння 1 га трактором; 2) Подвійна оранка 1 га трактором; 3) Обробити бороною, посіяти і укатати – теж; 4) Сжати 1 га трактором та жаткою; 5) Обмолотити трактором і молотилкою. Висновки: 1. Трактор зберігає час: на угноєння 1 га трактором треба 2 робочі дні, а конем це можна зробити лише за 12 днів. 2. Трактор зберігає робочу силу, тому що		Найкраще вирішує проблему про машинізацію сільсько господарської праці трактор. Трактор – це невеличка машина, легкорухома, працює за рахунок двигунів внутрішнього згорання. Трактор силою від 20 кінських сил може виконувати майже всі сільськогоспода рські роботи. Керосин або нафта – паливо для трактора. Найбільш розповсюджений у нас трактор – «Фордзон», який виробляється в США, а також у нас на Путилівському заводі. Вартість цього трактора з плугом становить 2000 крб. «Фордзон» за один день може обробити 1,5 га

			20-сильний трактор з одним робітником заміняє 10 коней та 5 робітників. 3.Трактором, коли є потреба, можна працювати протягом усієї доби, тоді як робочий день коня становить лише 10 годин. 4.Трактор протягом дня працює з однаковою потужністю, а кінь стомлюється під кінець дня на 25%. 5.Трактори та подібні до нього машини не вигідні для маленького господарства, тому тракторизація тісно пов'язана з колективізацією сільського господарства, яка веде до значного поліпшення економіки сільського господарства		
--	--	--	--	--	--

Додаток В**10 клас**

Урок-проект «Тригонометрія у нашому житті».

Мета: розвиток інтересу учнів до математики та формування критичного ставлення до власних знань і дій.

Опис проекту: основна мета діяльності – показати практичне застосування тригонометричних функцій у реальному житті. Учні об'єднуються у групи та обирають певний коливальний процес, що зустрічається в природі, наукових або технічних об'єктах. Використовуючи ресурси Інтернету, вони досліджують обрану тему, створюють презентації та публікації, обговорюють результати між собою, застосовуючи математичну термінологію.

Після завершення підготовки кожна група представляє свій проект, пояснюючи обрану ситуацію та демонструючи, як тригонометричні функції допомагають описати циклічні процеси. Для організації роботи заздалегідь пропонується розподіл на три групи, кожна з яких отримує власну назву та тему проекту. На підготовку відводиться один тиждень, що дає учням час для дослідження, обговорення та оформлення матеріалів.

Група 1 «Історики». Учні збирають інформацію про розвиток тригонометрії, користуючись Інтернетом та друкованими джерелами. Знайдені відомості вони аналізують, систематизують і оформлюють у вигляді презентації для подальшої демонстрації класу (Рис. В.1).



Рис. В.1. Фрагмент презентації проєкту «Історія тригонометрії»

Занурюючись в історію, учні поглиблюють свої знання з тригонометрії та усвідомлюють її практичну значущість. У своєму проєкті вони досліджують походження тригонометрії, в яких країнах і в який час вона розвивалася, а також роль учених, які сприяли її становленню у сучасному вигляді. Щоб матеріал був зрозумілий слухачам, група «Історики» готує невелику сценку, яка наочно ілюструє зародження тригонометрії.

Група 2 «Кути». Назва групи одразу вказує на тему їхнього проєкту – дослідження вимірювання кутів. Учні збирають інформацію з Інтернету та друкованих джерел, уважно опрацьовують матеріал і відбирають цікаві факти про способи та місця, де проводять вимірювання кутів. Група відповідально підходить до завдання, прагнучи створити змістовний та наочний проєкт (Рис. В.2)



Рис. В.2. Презентація проєкту «Вимірювання кутів»

Учні досліджують, коли і де вперше почали користуватися градусною мірою для вимірювання кутів. Вони також дізнаються, як кути визначали мореплавці та картографи, і які терміни при цьому використовували. Щоб зробити презентацію більш цікавою для однокласників, група може підготувати короткий відеофільм, який показує історію вимірювання кутів і методи, що застосовувалися в різні часи.

Група 3 «Дослідники». Завдання цієї групи полягає у виявленні тригонометричних функцій у природі. Протягом тижня учні спостерігають за різними природними явищами, аналізують їх і готують опис, демонструючи, як тригонометричні залежності проявляються у реальному світі (Рис. В.3).



Рис. В.3. Презентація проєкту «Гармоніки в природі»

Учні дізнаються, що хвилі на водній поверхні, спричинені вітром, зміною атмосферного тиску або землетрусами, мають форму, близьку до синусоїди. Вони також вивчають рух летючих риб, які, роблячи близько 70 помахів хвостом на поверхні води, створюють траєкторію у вигляді синусоїди. Риби, що плавають у воді, повторюють схожу синусоїдальну траєкторію, а вигинаючи тіло під час руху, формують тангенсоїду. Аналогічну синусоїдальну криву утворюють помаху крил птахів у польоті. На основі цих спостережень учні можуть створити невелику модель руху риби, відтворивши її траєкторію за допомогою тригонометричних функцій (Рис. В.4).

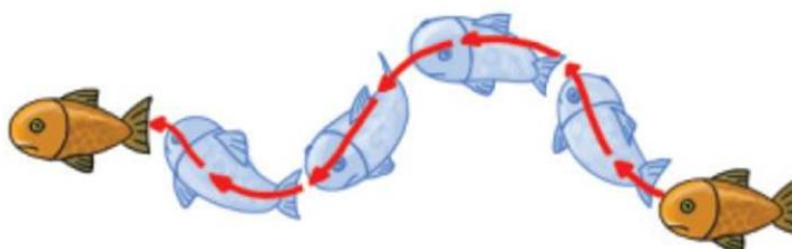


Рис. В.4. Модель траєкторії руху риби

Додаток Г

Розробка STEAM-проєкту, використання якої реальне в школах, що не мають модернізованих STEM-лабораторій. Проєктом може керувати вчитель математики звичайної школи з додатковою консультацією від вчителя трудового навчання.

Проєкт: «Ремонт класної кімнати»

Для кого: учні 10 класу.

Кількість дітей в групі: від 3 до 4 осіб.

Дисципліни: математика, інформатика, трудове навчання, образотворче мистецтво, екологія.

Мета: створення сприятливого творчого середовища, яке мотивує учнів застосовувати набуті знання для вирішення реальних життєвих ситуацій.

Здійснення наскрізних змістових ліній: «Підприємливість і фінансова грамотність», «Громадянська свідомість», «Екологічна безпека та принципи сталого розвитку».

Завдання для учнів:

Використовуючи надані дані про матеріали та обладнання, розробіть математичний план ремонту класної кімнати, включаючи підлогу та стіни. Оберіть оптимальні варіанти, які забезпечать економічну доцільність робіт і мінімальні витрати. На основі розрахунків створіть 3D-модель та реальний макет кімнати з дотриманням масштабу. Продумайте дизайн так, щоб приміщення було зручним, комфортним і естетично привабливим для навчання.

Обладнання: фарба + колорант (червоний, синій, зелений), шпалери, плитка, паркет, рулетка.

Характеристики товарів для підлоги.

Плитка. Формат: 42х42 см, ціна за штуку: 200 грн, упаковка: 8 штук.

Паркет. Формат: 2283х194 мм, ціна за штуку: 500 грн, упаковка: 6 штук.

Характеристики товарів для стін.

Шпалери. Довжина: 10, 05 м, ширина: 53 см, ціна за рулон: 120 грн, маса

рулону: 1,3 кг.

Базова фарба. Витрата фарби: 1 літр на 9 квадратних метрів, ціна за 10 літрів: 2000 грн, ціна за 1 літр: 250 грн. Колорант: 25 гривень за штуку.

Додаткові умови. Витрати на підготовчі роботи, вставки та клеї не включаються до розрахунків. При плануванні слід враховувати розміщення та кількість вікон і дверей у класній кімнаті.

Додаткові завдання. 1) Якщо використовувати фарби, то в яку кількість кольорів можна окрасити класну кімнату? 2) Якщо використовувати шпалери, то порахувати, яку кількість лісу буде вирубано? (Для виробництва 1т паперу потрібно близько 900 м² лісу).

Коментар до розв'язання поставленого завдання.

Математична складова. Ця діяльність дає можливість учням застосувати знання з теми «Чотирикутники» для розв'язання реальної життєвої задачі. Учні самостійно вимірюють кімнату та її елементи (вікна, двері), аналізують отримані дані для визначення геометричних фігур, таких як прямокутники та квадрати. Вони згадують властивості цих фігур та використовують необхідні формули для обчислення площі поверхонь, що потребують обробки. Таким чином, відбувається інтеграція геометричних знань з арифметичними та алгебраїчними навичками, що дозволяє працювати з числовими характеристиками фігур: довжиною, шириною, площею та об'ємом. Учні систематизують знання про одиниці вимірювання довжини, площі, об'єму та маси, а також тренуються переводити величини з одних одиниць у інші, що корисно для природничих дисциплін і трудового навчання. Під час створення 3D-моделі та макета класної кімнати вони пригадують поняття масштабу та правила масштабування. Математичні обчислення допомагають школярам зрозуміти практичні аспекти фінансових розрахунків, а робота в командах сприяє розвитку комунікаційних навичок, вмінню слухати та враховувати думки інших, виховуючи толерантність і співпрацю.

Інформатика. Навіть за відсутності сучасного обладнання, такого як 3D-принтери, для створення макетів у школі, учні завжди можуть

скористатися ресурсами Інтернету. У глобальній мережі доступна велика кількість безкоштовних програм для тривимірного моделювання та планування дизайну інтер'єру. Наприклад, у рамках проєкту можна застосовувати SketchUp, IKEA Home Planner, Homestyler, Planoplan, PRO100, FloorPlan 3D та інші аналогічні інструменти. Робота в електронному середовищі дозволяє перетворити планування інтер'єру на захопливу діяльність, яка водночас розвиває в учнів уважність і точність. Використовуючи цифрові моделі, школярі можуть проявити креативність, обговорюючи у групах оптимальне розташування меблів та зонування класної кімнати. Такий підхід допомагає організувати простір для зручного навчання та відпочинку, враховуючи при цьому санітарні норми та ергономічні вимоги.

Образотворче мистецтво. Знання з цього предмету допомагають вирішити додаткове практичне завдання: «Скільки кольорів можна використати для оформлення класної кімнати?» Учні мають можливість пригадати правила поєднання та змішування фарб, експериментуючи з отриманням різних відтінків, наприклад, бірюзового або фіолетового, і таким чином обрати найгармонійнішу кольорову гаму для інтер'єру.

Трудове навчання. У процесі реалізації проєкту учні застосовують знання з технології виготовлення макетів і моделей, підбираючи оптимальні матеріали для виконання завдань. Вони не просто запам'ятовують порядок дій або теоретичні аспекти технологій, а на практиці розуміють сенс кожного етапу, відпрацьовуючи навички та вміння у реальних умовах.

Екологія. Перше додаткове питання: «Скільки лісу буде використано для виготовлення шпалер у класній кімнаті?» (Відомо, що для виробництва 1 т паперу необхідно приблизно 900 м² лісу) допомагає підняти тему збереження навколишнього середовища. Воно спонукає учнів задуматися про власну відповідальність перед природою. Математичні розрахунки обсягу використаних природних ресурсів дозволяють учням усвідомити масштаби вирубки лісів та важливість повторного використання паперу й переробки макулатури.

Додаток Г

STEAM-проект «Благоустрій рідного краю»

Для кого: учні 10 класу.

Кількість дітей в групі: від 3 до 4 осіб.

Дисципліни: математика, інформатика, трудове навчання, образотворче мистецтво, біологія, екологія.

Мета: організація творчого навчального середовища для розвитку дослідницьких навичок учнів та залучення їх до застосування набутих знань задля вирішення реальної ситуації з благоустрою рідного краю.

Реалізація наскрізних змістових ліній із математики: «Підприємливість і фінансова грамотність», «Громадянська відповідальність», «Здоров'я і безпека», «Екологічна безпека та сталий розвиток».

Формулювання завдання для учнів.

На рисунку (Рис. Г.1) зображено план місцевого парку. На схемі чотири зони активного відпочинку позначено прямокутниками: зона 1 – спортивно-оздоровчий комплекс, зона 2 – майданчик з атракціонами, зона 3 – скейт-парк, зона 4 – дитячий майданчик.

Завдання полягає у визначенні загальної площі парку, довжини кожної окремої зони та сумарної ширини двох сусідніх зон, якщо відомо: 1) площа території під зонами 1 та 2 разом (виділено на схемі) становить 551 м²; 2) площа території під зонами 3 та 4 разом (виділено на схемі) становить 220 м².

Не зафарбовані ділянки парку на схемі відповідають доріжкам, розміри яких зазначено на рисунку. Використовуючи розраховані дані, учні мають: 1) створити схематичний план парку (паспорт об'єкта) із зазначенням усіх розмірів; 2) побудувати 3D-модель парку за допомогою доступних онлайн-сервісів; 3) виготовити фізичний макет парку у масштабі.

Примітка: учні можуть самостійно визначати ширину кожної зони відповідно до обраної концепції та заповнення території, тоді як ширина доріжок між зонами залишається незмінною.

До схеми, 3D-моделі та макету дозволяється вносити зміни щодо розташування та наповнення зон. Учні можуть додавати додаткові елементи: островки з іншими активностями, газони, тротуари, клумби, невеликі кафе, водойми та інші об'єкти. Важливо при цьому дотримуватися загальної площі, що була визначена для парку.

Додаткові завдання.

1) Озеленення парку. Учні повинні визначити, скільки берез можна посадити вздовж периметру парку, враховуючи отриману площу та умову, що відстань між деревами має бути 4 метри. Древа не можна висаджувати у кутах парку. Далі учні розраховують, скільки кисню виділятимуть древа та скільки вуглекислого газу вони поглинуть. Також розглядається процес фотосинтезу та роль берез у очищенні повітря, зокрема за експериментами Джозефа Прістлі.

2) Облаштування зон для відпочинку. Необхідно визначити, скільки лавочок можна розмістити на доріжках парку, дотримуючись мінімальної відстані 2 метри між ними; лавочки можна розташовувати і по кутах. Також учні обчислюють кількість сміттєвих баків, які слід встановити з обох сторін кожної лавочки для підтримки чистоти парку.

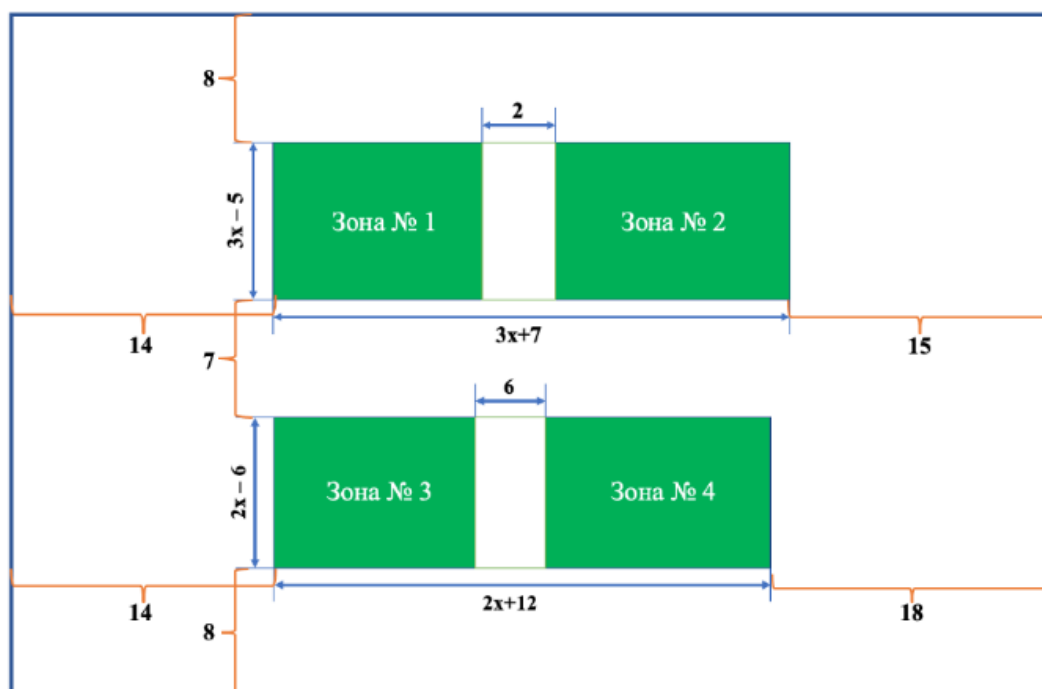


Рис. Г.1. Математична схема об'єкта по благоустрою міста

Коментар до ходу розв'язку поставленого завдання.

Математична складова. Для розв'язання практичного завдання за схемою (Рис. Г.1) учням знадобилися знання з тем «Площа многокутників» у курсі геометрії та «Квадратні рівняння» з алгебри 8 класу. Програми з цих предметів розміщені на офіційному сайті МОН України (Osvitni prohramy, n. d.). На схемі зазначено лише довжини всіх зон, тоді як ширина кожної з них визначена з урахуванням розташування доріжки між зонами. Щоб знайти невідомий коефіцієнт x , учні мали скласти рівняння, використовуючи формулу площі прямокутника. Зокрема, для зони 1 та зони 2, площа яких на схемі позначена як 551 м^2 , можливі два варіанти складання рівняння, залежно від того, як саме враховувати ширину та довжину кожної зони:

$$(3x - 5)(3x + 7) - 2(3x - 5) = 551 \quad (1)$$

$$(3x - 5)(3x + 7 - 2) = 551 \quad (2)$$

З іншого боку, сумарна площа ділянок під зонами 3 і 4 (на схемі позначені зафарбованими) становить 220 м^2 . Це дозволяє аналогічно скласти два рівняння для визначення невідомого коефіцієнта x , враховуючи розміри кожної зони та ширину доріжки між ними:

$$(2x - 6)(2x + 12) - 6(2x - 6) = 220 \quad (3)$$

$$(2x - 6)(2x + 12 - 6) = 220 \quad (4)$$

Усі чотири рівняння мають однакові розв'язки: 8 та -8 . Оскільки від'ємне значення -8 не підходить для вимірів зон прямокутної форми, приймаємо коефіцієнт $x=8$. Визначивши цей невідомий параметр, учні можуть продовжити виконання всіх додаткових завдань проекту та застосовувати отримані результати на практиці.

Ключі до задачі: загальна площа парку складає 3120 м^2 ; уздовж периметра можна висадити 52 берези. Кількість лавок та смітєвих баків може змінюватися залежно від конкретного розташування. Виконання математичних розрахунків дає учням можливість практично застосувати формули для вирішення реальних ситуацій, а робота в групах сприяє розвитку навичок співпраці та поваги до думок інших.

Інформатика. Не у всіх закладах загальної середньої освіти є сучасне обладнання з 3D-принтерами для створення макетів, проте Інтернет доступний практично кожному учню. У мережі представлено багато безкоштовних програм для тривимірного моделювання дизайну зовнішніх територій. Для роботи над проектом можна використовувати, наприклад, GardenPlanner, X-Designer, SketchUp, RealtimeLandscapingArchitect, CompleteLandscapeDesigner 3 та інші подібні сервіси. Електронне 3D-планування екстер'єру для дітей перетворюється на захопливу гру, хоча при цьому потребує уважності та старанності. Такий підхід дає учням змогу реалізувати власні ідеї щодо організації парку відпочинку, враховуючи комфорт і зручність, а також стимулює активне обговорення та обмін думками у групах.

Образотворче мистецтво. Використовуючи знання з цього предмету, учні зможуть легко відтворити на схематичному плані як основні, так і додаткові елементи парку. Навички малювання допоможуть правильно розмістити всі об'єкти на аркуші, відобразити доріжки, споруди та природні елементи. Для позначення різних зон та елементів можна застосовувати кольорове виділення або різні техніки штрихування. Такий підхід сприяє розвитку креативності та критичного мислення, дозволяє учням генерувати нові ідеї, перегруповувати їх та поєднувати знання з мистецтва та науки під час оформлення проекту.

Трудове навчання. Під час створення реального макету парку учні мають змогу застосовувати знання про технології виготовлення моделей та макетів, обирати найбільш підходящі матеріали. При побудові 3D-моделі та фізичного макету вони використовують поняття масштабу та правила масштабування. Така робота дозволяє школярам не лише засвоювати послідовність технологічних дій і теоретичні основи, а й практично проходити кожен етап створення макету. Завдяки спробам та виправленням помилок учні вчаться знаходити оптимальні інженерні рішення для досягнення поставленої мети.

Біологія, хімія та екологія. Однією з актуальних глобальних проблем

є вирубка лісів, що безпосередньо впливає на забезпечення планети киснем та поглинання вуглекислого газу. На прикладі невеликого парку учні можуть дослідити значення озеленення для навколишнього середовища та оцінити користь посадки дерев у глобальному масштабі. Крім того, важливо розглянути проблему забруднення повітря і способи його очищення, серед яких – збільшення зелених насаджень. Вплив промислових підприємств, автотранспорту та великих сміттєвих звалищ погіршує якість повітря, тому виконання таких досліджень допомагає учням усвідомити власну відповідальність за збереження природи.

Додаток Д**Практикум щодо вивчення тригонометричних функцій**

Тригонометричні функції є математичним відображенням гармонічних коливань. Для закріплення цього поняття перед учнями пропонується виконати практично-дослідницьке завдання:

1. Визначити тригонометричні функції, описати їхні властивості та побудувати графіки; результати оформити у вигляді інтерактивного плакату.
2. Розкрити фізичний зміст гармонічних коливань та їх характеристики; подати інформацію у формі інтерактивного плакату або завдання на платформі LearningApps.
3. Створити макет, який наочно демонструє процес гармонічних коливань.
4. Провести лабораторне дослідження для визначення періоду коливань, амплітуди та математичного опису функції.
5. Підготувати звіт із результатами дослідження та висновками.

Прикладом макету, який учні можуть легко розробити самостійно можна знайти на сайті [17]. Продемонструємо такий варіант. Учні самостійно або за допомогою вчителя складають інструкцію щодо виготовлення потрібного макету.

Інструкція виготовлення системи

1. Необхідно підібрати 16 або більше невеликих, але однакових за розміром, поролонових м'ячиків; цвяхів, волосінь (рис. Д.1).



Рис. Д.1. Матеріал

2. Зігнути цвяхи так як показано на рисунку 2 та підвісити кожен м'ячик (рис. Д.2).



Рис. Д.2. Пункт 2 інструкції

3. Зробити трикутновидну рамку та підвісити м'ячики (рис. Д.3).



Рис. Д.3. Пункт 3 інструкції

Макет готовий.

Далі, відтягнувши м'ячики за допомогою лінійки в певний бік і відпустивши їх, ми можемо спостерігати їх коливання за законом $y = A \sin(\omega t + \alpha)$ (рис. Д.4).

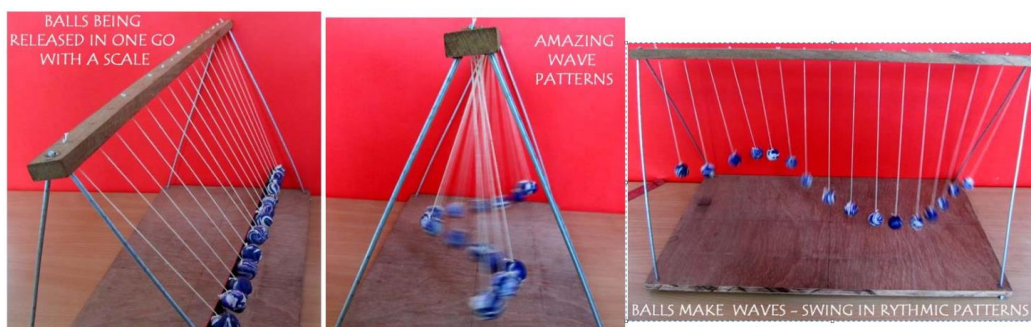


Рис. Д.4. Дослід