

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Глухівський національний педагогічний університет  
імені Олександра Довженка

---

Кафедра фізико-математичної освіти та інформатики

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Тема: Застосування STEM-підходів під час вивчення змістової лінії  
функції в старшій школі

**Виконала:**

Грובה Юлія Віталіївна

Спеціальність:

014 Середня освіта,

Предметна спеціальність

014.04 Середня освіта

(Математика)

Освітня програма: «Середня  
освіта (Математика)»

**Науковий керівник:**

кан.пед.наук, доцент

Заїка О.В.

Допущено до захисту

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Завідувач кафедри**

Р. КУХАРЧУК

Дата захисту: «\_\_» \_\_ 2023 р.

Оцінка \_\_\_\_\_

Підписи членів ЕК:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	6
1.1 Теоретичні аспекти STEM-освіти. Стан впровадження її в Україні.....	6
1.2. Мотиваційна та технологічна готовність учасників навчально-виховного процесу до впровадження STEM-освіти....	12
1.3. Школа STEM – її основні елементи.....	15
1.4. Змістова лінія «Функції» в старшій школі.....	23
РОЗДІЛ 2. ВПРОВАДЖЕННЯ STEM-ПІДХОДІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ЗМІСТОВОЇ ЛІНІЇ ФУНКЦІЇ В СТАРШІЙ ШКОЛІ	31
2.1. Метод проєктів у навчально-виховному процесі.....	31
2.2. STEM-уроки.....	35
2.3. STEM-практикум.....	51
2.4. Хакатони.....	58
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66

## ВСТУП

STEM (S – science, T – technology, E – engineering, M – mathematics) – природничі науки, технології, інженерія та математика. Акронім STEM вживається для позначення популярного напрямку в освіті, що охоплює природничі науки (Science), технології (Technology), технічну творчість (Engineering) та математику (Mathematics) [57].

Виклик сьогодення полягає в тому, щоб інтегрувати STEM-освіту в навчальний процес, який сприяє формуванню STEM-грамотності в учнів. Він характеризується мультидисциплінарними знаннями та вмінням застосовувати міждисциплінарні підходи для вирішення практичних завдань, що допоможе в подальшій кар'єрі серед молоді. STEM – це гнучка та адаптована сфера, яка відповідає постійним потребам нашого світу в наукових, технологічних, соціальних та економічних інноваціях. Ті, хто вивчає STEM, можуть сприяти багатьом професійним секторам, таким як медичні працівники, інженери-програмісти, архітектори тощо.

Посилення ролі STEM-освіти пов'язане зі зростанням мотивації учнів до вивчення предметів природничо-математичного циклу, а разом з тим і потреби в кадрах з високою компетентністю у сфері виробництва. Виконання завдань у сферах: інженерії, авіації, медицини, фармацевтики, екології, ІТ, нанотехнологій та інших. STEM-освіта є інструментом реалізації основних положень концепції Нової української школи (НУШ) щодо оновлення дидактичних методів, засобів навчання, видів діяльності, форм і принципів. Вона формує основи майбутньої діяльності, розвиває інтегроване мислення, формує soft skills – командну роботу, критичне та креативне мислення.

Одним із актуальних та найсучасніших напрямів модернізації та інноваційного розвитку природничо-математичного, гуманітарного профілів навчання є STEM-орієнтований підхід до навчання. Розвиток STEM-освіти потребує повного оновлення змісту освіти, матеріально-технічного та навчально-методичного забезпечення. На відміну від традиційних предметів,

STEM зазвичай викладають за допомогою прикладного підходу, такого як практичні експерименти та симуляційні проекти.

Над проблемою STEM-освіти працюють сучасні методисти, зокрема з точки зору математики розглядають Васильєва Д., О. Буковс, вони діляться власним досвідом у рамках проекту «Якість освіти», підхід STEM в освіті розглядає Бутузова Ю., Семеніхіна О., Друшляк М. та ін. Дослідники Крамаренко Т., Пилипенко О. підкреслюють, що STEM-орієнтований підхід до освіти наголошує на модернізації та інноваціях як на належному напрямі розвитку природничо-математичного та гуманітарного профілів навчання. Андрієвська В. та Білоусова Л. обґрунтовують можливості реалізації таких шляхів впровадження STEM-освіти в шкільний процес: STEAM-проект, STEAM-урок, maker space.

Усвідомлений вибір студентською молоддю STEM-професій, поглиблене вивчення STEM-предметів, формування в учнів STEM-грамотності, загального розуміння світу, наукового пізнання навколишнього середовища та вміння експериментально вивчати процеси, явища та закони потрібно впроваджувати під час STEM-уроків.

STEM-освіта є невід'ємною частиною концепції Нової української школи, оскільки фокусується не лише на освіті, а й на компетентності, яких набувають учасники освітнього процесу. STEM виріс і представляє унікальний підхід до викладання та навчання, який зосереджується навколо стилів навчання та інтересів окремих здобувачів освіти. Це означає, що освіта STEM може бути запропонована кожній людині. Актуальність проблеми впровадження STEM-освіти та недостатня її розробленість сприяли вибору теми магістерського дослідження *«Застосування STEM-підходів під час вивчення змістової лінії функції в старшій школі»*.

**Об'єкт дослідження:** навчання алгебри і початків аналізу у старшій школі.

**Предмет дослідження:** використання STEM-підходів під час вивчення функції.

**Мета дослідження:** визначити цілі і завдання, зміст і структуру STEM-освіти, розробити методичні рекомендації щодо застосування STEM-підходів під час вивчення змістової лінії функції в старшій школі.

**Відповідно до мети розв'язувалися такі завдання дослідження:**

1. З'ясувати стан вивчення проблеми в науково-методичній, психолого-педагогічній, математичній літературі та рівень її практичної реалізації в навчанні математики в школі.

2. Розкрити психолого-педагогічні основи та сформулювати методичні вимоги до використання різних STEM-підходів під час навчання математики.

3. Розробити методичні рекомендації з використання різних STEM-підходів під час вивчення змістової лінії функції в старшій школі.

Методи дослідження: для досягнення мети і розв'язання поставлених завдань у процесі роботи використовувалися теоретичні, загальнологічні та емпіричні методи і прийоми дослідження: *аналіз та синтез, порівняння, узагальнення, моделювання, спостереження*.

Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел.

**Апробація результатів дослідження.** Результати дослідницької роботи висвітлювались у доповіді на X-ій Міжнародній науково-практичній конференції “Актуальні проблеми сучасної науки” (Дрогобич, 2023), опубліковано тези [11].

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 1.1 Теоретичні аспекти STEM-освіти. Стан впровадження її в Україні

STEM-освіта є невід’ємною частиною концепції Нової української школи (НУШ), оскільки фокусується не лише на освіті, а й на компетентності, яких набувають учасники освітнього процесу. STEM виріс і представляє унікальний підхід до викладання та навчання, який зосереджується навколо стилів навчання та інтересів окремих здобувачів освіти. Це означає, що освіта STEM може бути запропонована кожній людині.

Розрізняють поняття STEM-освіти, STEAM-освіти та STREAM.

STEAM-освіта охоплює природничі науки (Science), технології (Technology), технічну творчість (Engineering), мистецтво (Art) та математику (Mathematics).

STREAM: Science, Technology, Reading+Writing, Engineering, Arts, and Mathematics – природничі науки, технологія, читання + письмо, технічна творчість, мистецтво, математика.

STEM-освіта – це сукупність практико-орієнтованих педагогічних методів, спрямованих на заохочення учнів робити вибір на основі результатів навчання в закладах загальної середньої, позашкільної професійно-технічної освіти у сфері науки та NBICS-технологій [7].

STEM-освіта – це низка чи послідовність курсів або програм навчання, яка готує учнів до успішного працевлаштування, до освіти після школи або для того й іншого, вимагає різних і більш технічно складних навичок, зокрема із застосуванням математичних знань і наукових понять [24].

STEM-освіта – це система природничо-математичної освіти, яка спрямована на розвиток особистості через формування компетентностей, природничо-наукової картини світу, світоглядних позицій та життєвих цінностей [58].

STEM – це комплексний підхід до науково-технічних концепцій, які вивчаються в контексті реального життя. Метою цього підходу є створення стійких відносин між школою та громадою. Навчання лише шляхом передачі інформації втратило сенс, адже сьогодні кожен школяр може зайти в Інтернет і знайти необхідну інформацію з досліджуваної теми. А вміння використовувати цю інформацію та застосовувати її на практиці – це навичка, яку слід розвивати в школі, для чого необхідний розвиток нових методів та підходів до організації навчального процесу. На відміну від традиційної освіти, в якій предметні області зосереджуються окремо, освіта STEM наголошує на технологіях та об'єднує предмети таким чином, щоб об'єднувати дисципліни та співвідносити їх одна з одною.

5 серпня 2020 року Кабінетом Міністрів України було схвалено «Концепцію розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)» (№960-р) [21]. Метою якої є реалізація розвитку та виховання всебічно розвиненої, інноваційної особистості. Природничо-математична освіта при цьому (STEM-освіта) має стати одним із пріоритетів розвитку сфери освіти, невід'ємною частиною державної політики підвищення рівня конкурентоздатності національної економіки та розвитку людського капіталу, одним із основних чинників інноваційної діяльності в галузі освіти, що відповідає вимогам економіки та потребам суспільства [21]. 13 січня 2021 року розпорядженням №131-р було затверджено план заходів реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти до 2027 року, серед яких виділено розробку нового змісту природничо-математичної освіти (STEM-освіти) для загальної середньої освіти (державні стандарти, типові освітні програми, інтегровані курси, курси за вибором) та позашкільної освіти (програми гуртків та інших творчих об'єднань), розробка навчально-методичних матеріалів та методичних рекомендацій щодо підготовки вчителів до участі в міжнародному освітньому дослідженні PISA [12].

У природничо-математичній освіті (STEM-освіті) існують проблеми, які є наслідком загальних проблем загальної середньої освіти: зниження рівня

викладання природничо-математичних предметів, неповнота змісту освіти, невідповідність природничо-математичних дисциплін вимогам сьогодення, незбалансованість обсягу та змісту освітніх програм; відсутність в окремих навчальних закладах належних умов для допрофільної підготовки та профільної підготовки з природничо-математичних наук; низька якість окремих шкільних підручників та посібників; застаріле обладнання кабінетів математики; недоступність якісної природничо-математичної освіти для різних категорій слухачів, у тому числі мешканців сільської місцевості та людей з обмеженими можливостями [21].

Відповідно до Концепції під STEM-освітою розуміють цілісну систему природничо-математичної освіти, метою якої є формування компетентностей, природничо-наукового образу світу, світогляду та життєвих цінностей, заснованих на наукових, математичних, технічних та інженерних знаннях, що базуються на практичних знаннях, для використання цих знань та вмінь у професійній діяльності для вирішення практичних завдань [21].

STEM-освіта – це більше, ніж просто освіта від учителя до учня, це спосіб розширити горизонти знань і змінити реальність. Тобто вміння використовувати всі сучасні можливості в навчальному процесі, самоосвіті, вміння збирати, обробляти, аналізувати та використовувати інформацію у професійній діяльності (табл.1.1).

Відповідно до Концепції основними завданнями природничо-математичної освіти є:

- розвиток здатності розв'язувати складні (комплексні) практичні завдання;
- розвиток критичного, абстрактного, аналітичного мислення, творчих здібностей та когнітивних навичок;
- розвиток організаційних та комунікативних навичок,
- уміння оцінювати проблеми та приймати рішення, робити усвідомлений вибір та опановувати майбутню професію;



Таблиця 1.1.

## Напрями STEM-освіти

Science	Technology	Engineering	Mathematics
Визначення природних речей, включаючи закони природи для фізики, хімії та біології, а також робота з об'єктами, принципами та ідеями або їх застосування в цих науках.	Знання, процеси та пристрої, задіяні у створенні та експлуатації технологічних артефактів, а також артефакти, тобто продукти технологічної діяльності.	Сукупність знань про проектування та виготовлення продукції та шляхи вирішення проблем, використовує науково-математичні поняття, технологічні процеси та інструменти	Вивчення закономірностей і зв'язків між числами, фігурами та формами; включає теоретичну математику і прикладну математику

- розвиток фінансової грамотності, цілісного наукового світогляду, орієнтації в загальних культурних, технологічних, комунікативних і соціальних здатностях, а також математичних і природничих здібностях;
- всебічний розвиток особистості шляхом виявлення її нахилів і здібностей;
- оволодіння засобами пізнавальної та практичної діяльності, вміння бачити взаємозв'язки між явищами; вміння формулювати дослідницьке запитання та шукати відповідь на нього;
- виховання особистості, яка прагне безперервної освіти, формування практичних умінь і навичок та творчого застосування набутих знань [21].

Природничо-математичну (STEM) освіту в Україні можна реалізовувати через усі види освіти: формальну, неформальну, інформальну (на онлайн-платформах, STEM-центрах/лабораторіях (у тому числі віртуальних), за допомогою екскурсій, квестів, проєктів, турнірів, змагань, олімпіад, фестивалів, майстер-класів тощо).

Для забезпечення високої якості природничо-математичної освіти у закладах середньої освіти необхідно забезпечити:

- оновлення змісту природничо-математичної та технічної галузей (державні стандарти, освітні програми, підручники, збірники, методичні матеріали, засоби навчання, електронні освітні ресурси тощо);
- особистісна орієнтація освіти, що включає диференціацію навчання, рівний доступ до якісної освіти, розвиток особистості та самосвідомості здобувачів освіти;
- впровадження в навчальний процес проєктної діяльності, цифрових технологій, проблемного навчання (створення задач, у яких учні шукають самостійні відповіді на запитання);
- участь учнів у відповідних конкурсах, турнірах, олімпіадах, літніх школах;
- модернізація педагогічної та методичної, а також матеріально-технічної бази кабінетів і спеціалізованих лабораторій навчальних закладів, використання у навчальному процесі науково-популярної літератури, електронних освітніх ресурсів, іноземних видань у перекладі державною мовою;
- забезпечити доступність природничо-математичної освіти (STEM-освіта), універсального дизайну [21].

Включення природничо-математичної освіти (STEM-освіти) в освітній процес сприяє:

- підвищенню якості освіти, інтеграції української системи освіти в європейський та світовий освітній простір;
- розвитку гнучких навичок (критичного мислення, ІТ-орієнтації, креативності, міжгалузевої спеціалізації, багатомовності);
- формуванню: здатності формулювати проблему, дослідницьке завдання, знаходити, виділяти різні шляхи його вирішення; уміння застосовувати знання в різних життєвих ситуаціях, розуміння

можливості інших підходів до вирішення проблем; вміння оригінально вирішувати проблеми; здатності використовувати навички мислення вищого порядку;

- зміні акцентів з вузьких загальноосвітніх предметів до загальнодидактичних, введенню наскрізного навчання, використанню ігрової технології навчання, методу інтерактивного, групового навчання, використанню проблемних завдань з метою розвитку критичного та системного мислення;
- формуванню та розвитку науково-дослідної та інженерної діяльності, винахідництва, підприємництва, раннього професійного самовизначення та підготовки до свідомого вибору майбутньої професії;
- популяризації наукових, технічних та інженерних професій;
- наданню можливості інвалідам користуватися сучасними технічними засобами та реалізовувати інноваційні проекти;
- поширення інновацій в освітянській сфері;
- творчим результатам учнів [21].

Серед ключових аспектів STEM-освіти можна виділити наступні: розв'язування реальних проблем і питань, розв'язання яких зосереджене на проєктному підході, а тому залучає здобувачів освіти досліджувати навколишній світ шляхом продуктивної спільної діяльності; це поєднання математики та природничих наук з використанням інструментів для досліджень [<https://stemosvita.com.ua/>]. Цей підхід полягає, з одного боку, у поєднанні наукових знань із практичними знаннями через автентичну (особисту) практику та, з іншого боку, у підготовці здобувачів освіти до навчання впродовж життя та формуванню кар'єри у відповідності до XXI століття (соціальний аспект) [22].

Впровадження STEM-освіти може стикнутися з такими труднощами: необхідність інвестування в технічне обладнання та програмне забезпечення; навчання дисциплін за принципами STEM-освіти вимагає від вчителів

більшого обсягу підготовки (що на початку розвитку STEM-освіти може сильно утруднювати процес); вимога від учнів здатності мислити творчо, мати певний рівень технологічної грамотності та досвіду роботи із цифровими технологіями; особливості оцінювання STEM-проектів (оскільки відсутні узагальнені критерії).

Впровадження STEM-підходу в освітній процес сприяє формуванню STEM-компетентності в учнів. При цьому розвиваються такі вміння, як: формування проблеми; застосування знань в різних ситуаціях; розуміння можливості існування інших поглядів на вирішення проблеми; здатність розв'язати задачу оригінально, нетрадиційно.

## **1.2. Мотиваційна та технологічна готовність учасників навчально-виховного процесу до впровадження STEM-освіти**

Що відрізняє STEAM від традиційної науково-математичної освіти - це змішане навчальне середовище та демонстрація здобувачам освіти те як науковий метод можна застосувати в повсякденному житті, на практиці. Він навчає учнів логічного мислення та зосереджується на реальних застосуваннях для вирішення проблем-задач. На індивідуальному рівні освіта STEAM для дітей особливо корисна, оскільки вона навчає дітей тому, як влаштований світ, надихаючи їх бути допитливими та мотивованими учнями, тому запроваджувати таку освіту доречно із раннього віку. Навчання STEAM на рівні середньої школи має стати більш складним і поглибленим. Учні на цьому етапі мають справу з більш абстрактними поняттями, застосовуючи свої знання на більш високому рівні. Метою цього етапу має бути зміцнення навчання та інтересу здобувачів освіти до STEAM.

Основоположним у навчанні за STEM лежить природничо-математичний контент. Проте його реалізація передбачає використання інженерного методу дослідження, який включає: визначення суті проблеми, попереднє дослідження, формулювання вимог, мозковий штурм, розробку та тестування прототипу, оцінку результатів, прогнозування, впровадження змін

та представлення отриманих результатів. На відміну від методу наукового дослідження, у цьому випадку здобувачі освіти здобувають нові знання, використовуючи різні (часто помилкові) підходи до завдання, як засобу навчання розв'язувати конкретну проблему [34].

STEM виходить за рамки простого виконання тестів і зосереджується на розвитку навичок мислення вищого рівня шляхом включення навчання в класі до реального світу. STEM наголошує на співпраці, спілкуванні, дослідницькій діяльності, розв'язанні проблем, критичному мисленні та креативності – навичках, необхідних учням, щоб бути успішними в сучасному світі, незалежно від конкретних інтересів чи кар'єрних цілей. STEM є прямою відповіддю на усвідомлення того, що наше майбутнє буде побудовано на нашій здатності до інновацій, винахідництва та творчого вирішення проблем.

Для навчання за принципами STEM-освіти здобувачі освіти повинні мати певні здібності, які у процесі навчання становляться навичками. Серед них можна виділити наступні [17; 22; 24]:

- здатність відшукувати ефективні та відповідальні рішення в неординарних ситуаціях, готовність вирішувати спірні ситуації та складені практичні проблеми;

- здатність визначати актуальності та важливості ідей, розуміння логічного зв'язку між окремими ідеями, оцінка фактів, вибір правильних джерел інформації, виявлення суперечностей і помилок в отриманій інформації, аргументація власних суджень, власної думки та ціннісної позиції, формування висновків, вирішення проблеми цілісно, систематично тощо;

- нахили до прояву творчості, як у продуктах діяльності, мислення, спілкуванні, інтересу до складних завдань, які розцінюються як джерело нового досвіду, незалежність ставлень і оцінок, незалежність від стереотипів, відкритість до прийняття нових ідей, відмінність, мобільність, пластичність, оригінальність думки; готовність використовувати мотиваційний потяг для

створення власних думок, позицій, нових ідей, абсолютно не пов'язаних між собою явищ в єдине, корисне, функціональне доповнення;

- організація взаємодії та управління людьми, створення позитивної мотивації в групі, колективі, досягнення максимальної продуктивності;

- вміння працювати в команді, синхронізувати та інтегрувати діяльність учасників групи;

- здатність забезпечити найбільш ефективне використання наявних інтелектуальних і матеріальних ресурсів для досягнення поставленої мети;

- когнітивні навички, навички розуміння, управління та вирішення проблем, а також здатність справлятися зі своїми почуттями та емоціями інших;

- здатність надання оцінки проблемі та визначення її суті, прийняття рішень, набору можливих рішень, оцінка витрат, «плюсів» і «недоліків», пов'язаних з кожним варіантом, вибір ресурсів, реалізація обраного варіанту, оцінка цього рішення та зміна його за необхідності;

- емпатія до користувача продукту, вміння ефективно спілкуватися, спілкуватися з різними людьми, створювати позитивний настрій, проявляти терпіння;

- здатність домовлятися, досягати компромісу чи згоди, ведення переговорів без суперечок і конфліктів, використання можливостей сучасного середовища, оцінка та ефективне їх використання (майже незмірні масиви різних даних, швидкі зміни в технологічних інструментах, глобальна співпраця);

- здатність швидко перемикатися з однієї думки на іншу, одночасно дивитися на певний об'єкт чи складну проблему з кількох сторін, когнітивні здібності, адаптивна позиція до зміни цілей діяльності та завдань, виникнення нових зовнішніх факторів і ситуацій, розуміння та усвідомлення, що можливі інші варіанти, альтернативи.

Усі навички, згадані вище, пов'язані з соціальними та емоційними компетенціями (гнучкість та адаптивність, ініціатива та самоорганізація, соціальні та культурні навички, продуктивність, лідерство та відповідальність).

Як показали дослідження проведені серед здобувачів освіти від початкової ланки школи до випускників коледжів, у дівчат інтерес до STEM-освіти падає із збільшенням віку (відповідно до досліджень проведеними Microsoft Philanthropies за 2018 рік, 31% дівчат середньої школи вважають, що роботи, які потребують кодування та програмування, «не для них», 40% - у середній школі, 58% - у коледжі [56]). Експерти кажуть, що одна з причин, чому інтерес до STEM може зменшитися, полягає в тому, що вони не знайомі з моделями для наслідування, які мають подібні особистості чи досвід здобувачів освіти. Згідно зі звітом Microsoft, 30% дівчат і 40% жінок кажуть, що уявляють собі вчених, інженерів, математиків або програмістів чоловіками. Однак дівчата, які знають жінку з професією STEM, з більшою ймовірністю відчують себе сильними, коли беруть участь у діяльності STEM.

Випускники STEM-освіти можуть виконувати надзвичайну міждисциплінарну та технологічно інноваційну роботу. Вони характеризуються двоїстими знаннями в рамках конкретних дисциплін і здатністю використовувати міждисциплінарні підходи для вирішення практичних завдань, а отже, є краще підготовленими до майбутньої практичної життєдіяльності, оскільки такі люди вміють вчитися, розуміти нове, та не бояться труднощів під час вирішення проблемного завдання, адже навчені знаходити шляхи вирішення не теоретично, а практично, шляхом спроб та помилок.

### **1.3. Школа STEM – її основні елементи**

В Україні STEM-освіта ще досить молоде явище. Тому під час створення нового потрібно чітко розуміти основні елементи такої освіти. Звернемося до досвіду інших країн, в яких STEM-школи є досить популярними. Команда STEM School Study поспілкувалася з лідерами

інклюзивних STEM-шкіл із понад 25 інклюзивних STEM-шкіл [55] США і ними було виділено основні 8 елементів, які є в кожній із шкіл: проблемне, проєктне навчання; ретельне навчання (практичне навчання); шкільна спільнота та приналежність до неї; кар'єра, технології та життєві навички; персоналізація навчання; зовнішня спільнота; основи персоналу та основні фактори (рис.1.1).



Рис.1.1 Складові STEM – школи

*Проблемне навчання.* Компоненти цього елемента спрямовані на досягнення мети проблемного та проєктного навчання. Здобувачі освіти визначають, як дисципліни взаємопов'язані, як вони підсилюють і доповнюють одна одну. Учні ставлять цілі для свого навчання та вибирають, як їх досягти. Відбувається сприяння вчителем командної роботи та співпраці між учнями. Вчитель допомагає учням працювати з реальним контентом. Здобувачі освіти співпрацюють і працюють один з одним як команди, вони встановлюють зв'язки між матеріалом, який вивчають та реальним світом, із своїм життям.



*Реальне навчання.* Компоненти цього елемента спрямовані на суворе та складне навчання, зокрема когнітивний попит. Учні встановлюють зв'язок між тим, що вони вивчають, і досвідом реального світу, поточними подіями та/або своїм повсякденним життям.

*Шкільна спільнота та приналежність.* Компоненти цього елемента є центральними для шкільної культури, але не є навчальними. Учні мають усталене почуття довіри один до одного та демонструють шанобливу поведінку. Проведення позааудиторної виховної роботи: конкурси, змагання, гуртки тощо. Сприяння вчителем позитивного соціального та емоційного навчального середовища. Учні демонструють кодекс поведінки та цінності.

*Кар'єра, технології та життєві навички.* Компоненти цього елемента пов'язані з розвитком умінь, які будуть використані учнями в майбутній кар'єрі та житті. Учитель використовує сучасні та нові технології під час навчання; учні використовують технології за призначенням для навчальних цілей. Учні використовують навички спілкування, креативності, співпраці, лідерства, критичного мислення та технологічної майстерності. Сприяння вчителем автономії учнів.

*Персоналізація навчання.* Компоненти цього елемента зосереджені навколо ідеї, що навчання має бути налаштованим під здібності та інтереси кожного учня. Учитель налаштовує навчання на основі здібностей, стилів навчання та рівня розвитку учнів. Учитель розвиває інтерес в учнів, пов'язуючи їх життя та досвід з уроком або розділом. Це також включає диференціацію досвіду навчання на основі інтересу здобувачів освіти.

*Зовнішня спільнота.* Компоненти цього елемента відображають зв'язок між школами STEM та зовнішнє співтовариство, від сусідства до державного рівня. Персонал створює та розвиває партнерські відносини з організаціями, що не належать до школи. Учні беруть участь у волонтерській діяльності. Персонал встановлює та підтримує партнерські відносини.

*Основи персоналу.* Компоненти цього елемента дозволяють та/або підтримують бажану взаємодію шкільного персоналу і навчальну поведінку.

Співробітники спільно працюють над проблемами та розвивають ідеї. Співробітники розглядають сильні та слабкі сторони своєї практики та способи їх покращення. Керівники шкіл гарантують, що співробітники мають можливість розвиватися в ролі вчителів і керівників шкіл STEM.

*Основні фактори.* Складовими цього елемента є фактори середовища, ставлення персоналу та інші ситуації поза межами самої шкільної моделі, які персонал школи STEM визначає як важливі. Співробітники готові брати участь у нових практиках і коригувати те, що вони роблять, щоб отримати найбільшу користь для здобувачів освіти. Доступні ресурси, щоб допомогти вчителям і персоналу розвивати та вдосконалювати свої навички. Залучення сім'ї. Персонал вірить, що всі діти можуть навчатися, всі талановиті. Персонал гнучкий і відкритий до змін.

Отже, STEM-освіта виходить за рамки шкільних предметів. Це дає набір навичок, який керує нашим мисленням і поведінкою. Поєднуючи науку, технології, інженерію та математику, STEM-освіта допомагає нам вирішувати виклики, з якими стикається сьогодні світ. Акцент робиться на практиці: розв'язуванні спеціальних задач і дослідженні природних явищ у спеціальних лабораторіях, за допомогою технологічних пристроїв і за допомогою вчителя, який не є центральною фігурою уроку, а виконує роль наставника для учнів.

Основним завданням STEM-освіти є формування навичок і вмінь [1; 8; 22; 24; 25]:

- проектна робота (такий підхід вчить вирішувати конкретні завдання з конкретним результатом, враховуючи конкретний ресурс);
- командний дух (це допомагає зрозуміти важливість і цінність роботи в команді – її члени володіють необхідними компетенціями, які дозволяють їм ефективно досягати поставлених цілей);
- управлінські навички (soft skills допомагають не тільки працювати в команді, але бути лідером, а потім – бути хорошими менеджерами; завдяки самоорганізації підлітки вчаться розподіляти ролі відповідно до своїх можливостей, а деякі намагаються стати лідерами, допомагаючи одноліткам);

- критичне мислення (наукові та інженерні проєкти вимагають високої концентрації, здатності встановлювати причинно-наслідкові зв'язки та здатності критично оцінювати процес та його наслідки. Розвивати ці якості допомагає робота над помилками та поради вчителя-наставника. Вони заохочують здобувачів освіти аналізувати свою роботу, знаходити слабкі місця та пропонувати варіанти вдосконалення або знаходити способи уникнути помилок у майбутньому);

- розвиток підприємницького духу (STEAM-освіта допомагає виробити зважений та раціональний підхід до всіх життєвих проблем).

Для того, щоб STEM-освіта мала свій позитивний вплив вчителю потрібно у своїй діяльності використовувати різні методи та підходи, зокрема [34; 39; 40]:

- проєктну діяльність (учні працюють в командах, розв'язуючи реальні проблеми, використовуючи при цьому елементи природничих наук, технології, інженерії, мистецтва, математики);
- інтерактивні лекції з демонстрацією за допомогою різних технологій;
- забезпечення доступу учням до місцевих вищих закладів освіти та різних лабораторій;
- інтерактивні курсу, які включають відеоуроки, дискусії, вебінари, практичні завдання;
- різні конкурси, хакатони, конференції.

Отже, STEAM-освіта не лише дозволяє здобувачам освіти якісно оволодіти наукою та отримати навички та знання в галузі природничих наук та у сфері техніки. Вона дає набагато більше: вона готує дітей до професій, яких ще не існує, і до викликів і вимог майбутнього.

Використання STEM-підходів відкривають такі перспективи перед освітою [40; 41]:

- сучасні технології швидко розвиваються, а STEM-освіта допоможе учням швидко пристосовуватися до цього;

- розвиток креативності, а отже, готовність до майбутніх викликів у житті;
- розвиток гнучких навичок, зокрема співпраці;
- розвиток вмінь моделювання;
- розуміння здобувачами освіти основ алгоритмізації та програмування;
- підвищення інтересу до точних наук;
- вміння використовувати цифрові технології.

Як зазначають зарубіжні науковці STEAM-орієнтоване середовище має включати [46]:

- шаблонні об'єкти відповідно до вимог освіти та проведення учнями навчальних досліджень у сферах STEM;

- надання програмного забезпечення, платформ та інших ІКТ для забезпечення візуалізації освітніх та наукових матеріалів; навчальні лабораторії;

- навчальний контракт - інтерактивний інструмент для підтримки соціальної мережі, який дозволяє здобувачам освіти виконувати навчальні контракти та підключатися до спільноти інших здобувачів для аналогічної мети навчання; освіта на основі використання блогів викладачами, науковцями, учнями;

- систему онлайн-моніторингу та оцінювання професійних компетенцій викладачів та STEAM-компетентностей учнів;

- надання стратегії вдосконалення інженерно-технологічної освіти учнів ЗЗСО;

- сервіси для ведення онлайн-спілкування між викладачами з учнями та колегами щодо вирішення навчальних проблем;

- додатки для обміну даними про освітню діяльність у рамках проєктів STEAM та забезпечення практичної діяльності учасників цих проєктів за допомогою ІКТ;

- платформи для забезпечення онлайн-навчання та викладання; також апробовані засоби для створення анкет; відкрито онлайн-бібліотеку.

Навчальний процес відповідно до STEAM-освіти має супроводжуватися різними ІТ-технологіями такими як персональні комп'ютери, програмне забезпечення, електронні освітні ресурси, до складу яких входять ресурси загальноосвітнього призначення: програми та веб-сайти для створення карток і тестів (наприклад, Kahoot!, Quizizz, Socrative, Quizlet, «Всеосвіта», «На урок», Classtime); електронну бібліотеку (наприклад, Europeana, Український центр, Tuva Lab; Web - служби групової роботи (наприклад, Google Apps for Education, Microsoft Office 365 онлайн, Padlet); інструменти для створення інтелектуальних карт (наприклад, MindMeister, Freemind, Bubble, MindMup); пошукові системи (наприклад, Google, Yahoo!, Baidu); для конкретних цілей середовища, орієнтованого на STEAM, наприклад моделі та симуляції (наприклад, Tinybop для вивчення певної системи, як-от людське тіло, кругообіг води, сонячна система тощо; Google Earth VR для дослідження Землі та її тривимірної структури, топографії, вивчення важливих історичних місць і географічних зон; Enercities для моделювання учнями міст, будівель), програми та веб-сайти з робототехнікою (наприклад, Blue-Bot , Root Coding, Blockly for Dash & Dot Robots, Robo Code, The Robot Factory від Tinybop, Sphero Edu, Microsoft MakeCode (micro:bit, Circuit Playground Express, Minecraft), Cyber Robotics Coding Competition), онлайн-центри ресурсів (наприклад KQED Education, High-Adventure Science, Education Closet, ArtsEdge; лабораторії (наприклад, NOVA Labs, GoLab, GeoGebra); симуляції (наприклад, проєкт PhET Interactive Simulations, Interactive PhysicsTM, OnlineLabs.in. Використання певної платформи залежить від цілей самого STEAM-навчання, форми навчання та рівня освіти учнів у цьому проєкті (формальний, неформальний, інформальний) [46; 47].

Сороко Н. розглядає різні моделі STEM-орієнтованого простору, різних зарубіжних авторів, і серед їх різноманіття можна виділити наступну модель (рис. 1.2.) [47].

Підтримка	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- партнерство з університетами, коледжами, школами;</li> <li>- забезпечення професійного розвитку вчителів, зокрема їхньої інформаційно-цифрової компетентності;</li> <li>- забезпечення комунікації вчителів з учнями, батьками учнів, фахівцями та між собою;</li> <li>- створення, організація та впровадження навчальних планів на основі STEM підходу та використання різних галузей мистецтв (англ. Art), тренінгів та контактів із фахівцями різних галузей STEM.</li> </ul>	
Навчання	
Планування уроку	Практична реалізація навчального плану
<ul style="list-style-type: none"> <li>- зосередження на взаємодії;</li> <li>- подання презентацій;</li> <li>- фокусування на поясненні учням концепцій;</li> <li>- досягнення розуміння учнями вмінь і навичок, що вони мають набути у процесі навчання;</li> <li>- базування навчання на креативному рішенні проблем;</li> <li>- утілення ідеї учнецентризму;</li> <li>- спираючись на попередні знання учнів;</li> <li>- використання ІКТ;</li> <li>- зосередження на актуальних проблемах реального життя та культури</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- формулювання питань, що необхідно поставити перед учнями;</li> <li>- сприяння формуванню в учнів аргументованого мислення;</li> <li>- врахування рефлексії;</li> <li>- фокусування на розумінні учнями схем і моделей;</li> <li>- використання динамічного оцінювання навчальної діяльності учнів, заснованого на використанні ІКТ;</li> <li>- застосування імітаційних систем, тренажерів та ін.;</li> <li>- сприяння дослідницькій діяльності учнів</li> </ul>
Ефективність	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- використання змістових знань та педагогічних знань сприяють позитивній самоефективності;</li> <li>- сприяння прихильності учнів до STEM освіти;</li> <li>- планування результатів навчання;</li> <li>- планування та організація критики результатів</li> </ul>	
Матеріали	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- технологічні ресурси;</li> <li>- широкий погляд на технології;</li> <li>- набори матеріалів для занять;</li> <li>- простір приміщення та зберігання матеріалів;</li> <li>- столи для групової роботи</li> </ul>	

Рис.1.2. Модель STEM-орієнтованого простору

Серед виділених компонентів слід підкреслити такі характеристики:

- нелінійність (забезпечує прямий та зворотній зв'язок між учасниками освітнього процесу, сприяє оновленню змісту, засобів, методів і форм навчання відповідно до глобалізації в розвитку освіти);
- залежність (від розвитку світової економіки, ІКТ, тенденцій розвитку освіти);
- гібридність (формальна, неформальна, інформальна форми освіти; змішане навчання);
- цілеспрямованість (залежність від мети);
- мобільність (доступність до взаємодії усіх учасників освітнього процесу не залежно від місця їх перебування);
- прогнозованість тенденцій та результатів проєктів.

Отже, шляхами викладання та навчання в рамках STEM-освіти є: активна будова знання; співпраця в інклюзії; групове навчання; навчання як досвід; експериментування в дослідженні; STEM-орієнтований навчальний

проект; самостійне навчання; рефлексивне навчання; навчання з використанням ІКТ; ігри; різне оформлення результатів навчання, дидактичного матеріалу.

#### 1.4. Змістова лінія «Функції» в старшій школі

Розглянемо можливості впровадження елементів STEAM-освіти під час навчання старшокласників змістової лінії «Функція». Проаналізуємо навчальні програми з алгебри і початків аналізу за 10-11 клас на предмет вивчення цієї змістової лінії.

Відповідно до навчальних програм здобувач освіти під час вивчення даної лінії має вмінати «аналізувати графіки функціональних залежностей, досліджувати їхні властивості; використовувати властивості елементарних функцій для аналізу та опису реальних явищ, фізичних процесів, залежностей» [49; 50]. У таблицях залишимо лише те, що стосується змістової лінії (таблиці 1.1. та 1.2.).

Таблиця 1.1

#### Алгебра і початки аналізу 10-й клас

Очікувані результати навчально-пізнавальної діяльності учнів	Зміст навчального матеріалу
<b>Тема 1. ФУНКЦІЇ, МНОГОЧЛЕНИ, РІВНЯННЯ І НЕРІВНОСТІ</b>	
<p>Учень (учениця):  <b>формулює</b> означення числової функції, зростаючої та спадної функцій, парної та непарної функцій;  <b>знаходить</b> область визначення функцій, значення функцій при заданих значеннях аргументу і значення аргументу, за яких функція набуває даного значення;  <b>встановлює</b> за графіком функції її властивості;  <b>виконує і пояснює</b> перетворення графіків функцій; <b>досліджує</b> функції і <b>використовує</b> одержані результати при побудові графіків функцій.</p>	<p>Числові функції. Способи задання функцій. Область визначення і множина значень функції. Графік функції. Парність і непарність функцій, найбільше та найменше значення функції. Властивості графіків парних і непарних функцій. Побудова графіків функцій за допомогою геометричних перетворень відомих графіків функцій.            Оборотні функції. Взаємно обернені функції. Графік оберненої функції.</p>
<b>Тема 2. СТЕПЕНЕВА ФУНКЦІЯ</b>	
<p>Учень (учениця):  <b>зображує</b> графік степеневі функції;</p>	<p>Функція <math>y = \sqrt[n]{x}</math> та її графік.</p>

застосовує властивості функцій до розв'язування ірраціональних рівнянь і нерівностей.	Степенева функція, її властивості та графік.
<b>Тема 3. ТРИГОНОМЕТРИЧНІ ФУНКЦІЇ</b>	
Учень (учениця): формулює властивості тригонометричних функцій; властивості періодичних функцій; будує графіки періодичних функцій; ілюструє властивості періодичних функцій за допомогою графіків	Тригонометричні функції числового аргументу. Періодичність функцій. Властивості та графіки тригонометричних функцій.
<b>Тема 5. ГРАНИЦЯ ТА НЕПЕРЕРВНІСТЬ ФУНКЦІЇ. ПОХІДНА ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ</b>	
Учень (учениця): формулює достатні умови зростання і спадання функції, необхідні й достатні умови екстремуму функції; знаходить кутовий коефіцієнт дотичної до графіка функції в даній точці; застосовує похідну для знаходження проміжків монотонності і екстремумів функції; знаходить найбільше і найменше значення функції; досліджує функції за допомогою похідної та будує графіки функцій; розв'язує прикладні задачі на знаходження найбільших і найменших значень реальних величин; описує поняття опуклості та точки перегину функції; застосовує другу похідну до знаходження проміжків опуклості функції та точок її перегину; досліджує функції за допомогою першої та другої похідних і використовує одержані результати для побудови графіків функцій.	Неперервність функції в точці і на проміжку. Рівняння дотичної до графіка функції. Ознака сталості функції. Достатні умови зростання і спадання функції. Екстремуми функції. Найбільше і найменше значення функції на проміжку. Поняття опуклості функції. Точки перегину. Знаходження проміжків опуклості функції та точок її перегину. Застосування першої та другої похідних до дослідження функцій і побудови їх графіків. Асимптоти графіка функції. Застосування похідної до розв'язування задач, зокрема прикладного змісту.

Таблиця 1.2.

## Алгебра і початки аналізу 11 клас

Очікувані результати навчально-пізнавальної діяльності учнів	Зміст навчального матеріалу
<b>Тема 1. ПОКАЗНИКОВА ТА ЛОГАРИФМІЧНА ФУНКЦІЇ</b>	
Учень (учениця): формулює означення показникової і логарифмічної функцій та їх властивості; будує графіки показникових і логарифмічних функцій; застосовує похідні до дослідження цих класів функцій;	Показникова функція. Логарифмічна функція.



застосовує показникову та логарифмічну функції до розв'язування прикладних задач.

Отже, у старшій школі здобувачі освіти вивчають степеневу, показникову, логарифмічну та тригонометричні функції. Досліджують їх властивості, зокрема, за допомогою похідної.

Розглянемо як подається теоретичний матеріал що стосується функцій, у шкільних підручниках для поглибленого вивчення математики [3; 18; 19; 27; 28].

Степеневою з натуральним показником є функція  $y=x^n$ ,  $n \in \mathbb{N}$ . Далі розглядаються варіанти  $n=2k$ ,  $k \in \mathbb{N}$  і  $n=2k+1$ ,  $k \in \mathbb{N}$ , розглядають їх основні властивості (рис.1.3 а)). Далі розглядається степенева функція із цілим показником  $y=x^n$ ,  $n \in \mathbb{Z}$ . При цьому розрізняють випадок  $y=x^n$ ,  $n \in \mathbb{N}$  і два підвипадки:  $n=2k$ ,  $k \in \mathbb{N}$  і  $n=2k-1$ ,  $k \in \mathbb{N}$ , розглядають їх основні властивості (рис.1.3 б)). Надалі мова йде про степеневі функції із дробовим показником:  $y = \sqrt[n]{x}$ , розглядаючи випадки  $n$  - парне,  $n$  – непарне (рис.1.3 в)).

Властивість	$n$ — парне натуральне число	$n$ — непарне натуральне число
Область визначення	$\mathbb{R}$	$\mathbb{R}$
Область значень	$[0; +\infty)$	$\mathbb{R}$
Нулі функції	$x = 0$	$x = 0$
Проміжки знакосталості	$y > 0$ на кожному з проміжків $(-\infty; 0)$ і $(0; +\infty)$	$y < 0$ на проміжку $(-\infty; 0)$ , $y > 0$ на проміжку $(0; +\infty)$
Парність	Парна	Непарна
Зростання / спадання	Спадає на проміжку $(-\infty; 0]$ , зростає на проміжку $[0; +\infty)$	Зростаюча

а)

Властивість	$n$ — парне натуральне число	$n$ — непарне натуральне число
Область визначення	$(-\infty; 0) \cup (0; +\infty)$	$(-\infty; 0) \cup (0; +\infty)$
Область значень	$(0; +\infty)$	$(-\infty; 0) \cup (0; +\infty)$
Нулі функції	—	—
Проміжки знакосталості	$y > 0$ на кожному з проміжків $(-\infty; 0)$ і $(0; +\infty)$	$y < 0$ на проміжку $(-\infty; 0)$ , $y > 0$ на проміжку $(0; +\infty)$
Парність	Парна	Непарна
Зростання / спадання	Зростає на проміжку $(-\infty; 0)$ , спадає на проміжку $(0; +\infty)$	Спадає на кожному з проміжків $(-\infty; 0)$ і $(0; +\infty)$

б)

Властивість	$n$ — парне натуральне число	$n$ — непарне натуральне число, $n > 1$
Область визначення	$[0; +\infty)$	$\mathbb{R}$
Область значень	$[0; +\infty)$	$\mathbb{R}$
Нулі функції	$x = 0$	$x = 0$
Проміжки знакосталості	$y > 0$ на проміжку $(0; +\infty)$	$y < 0$ на проміжку $(-\infty; 0)$ , $y > 0$ на проміжку $(0; +\infty)$
Парність	Не є ні парною, ні непарною	Непарна
Зростання / спадання	Зростаюча	Зростаюча

в)

Рис.1.3. Властивості степеневі функції: а)  $y=x^n, n \in \mathbb{N}$ ; б)  $y=x^{-n}, n \in \mathbb{N}$ ;

в)  $y = \sqrt[n]{x}$

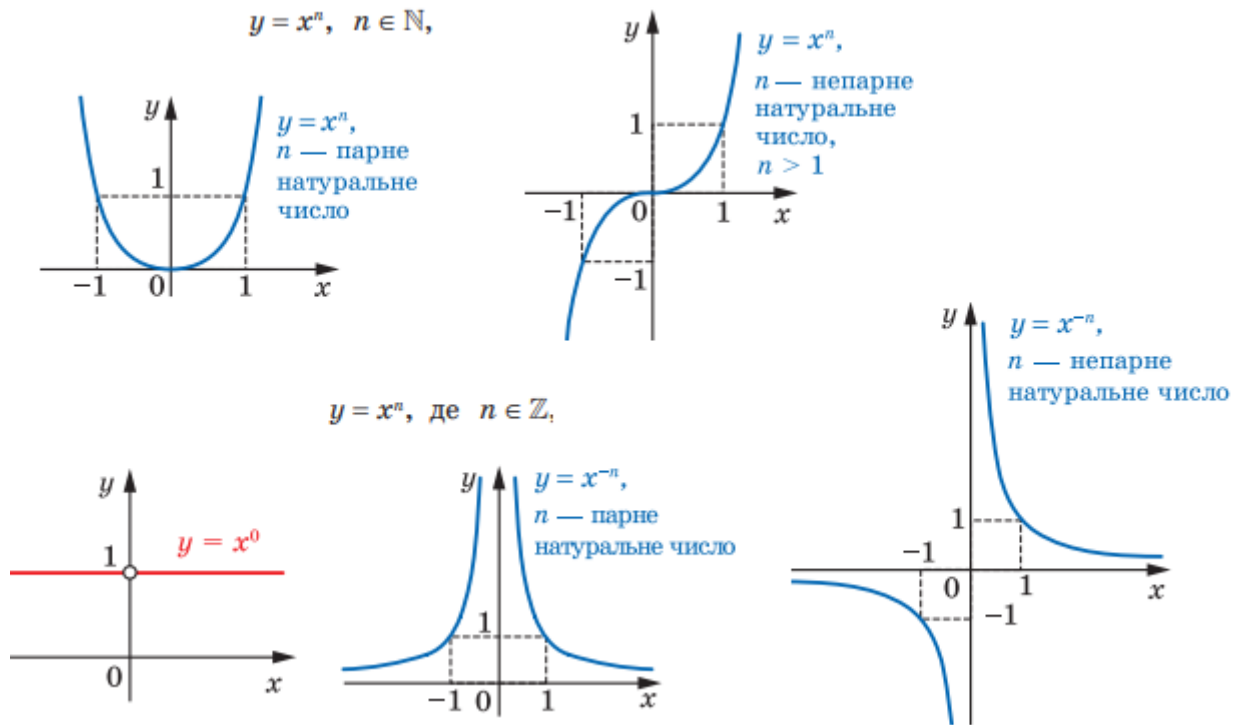


Рис.1.4. Графіки степеневі функції

Степенева функція має широке застосування у фізиці, особливо у механіці (рух тіла кинутого горизонтально чи вертикально). У біології, наприклад, закон розмноження бактерій, приріст деревини задається степеневою функцією (де незалежною змінною є час). В економіці яскравий приклад використання степеневі функції є знаходження складних відсотків (для обчислення вкладів за певний проміжок часу).

Із тригонометричними функціями учні вперше зустрічаються у 8 класі в курсі геометрії, під час розв'язування прямокутних трикутників. Ці функції вводяться як відношення між сторонами такого трикутника. Слово «тригонометрія» походить від двох слів, які розшифровуються як «трикутник» «міряю», тобто тригонометричні функції перше своє застосування мали саме у теорії трикутників. У давні часи використовувалися в астрономії. Історично сучасний синус кута  $\alpha$  розглядали як півхорду, яка відповідає центральному куту величиною  $\alpha$  і називали його «архаджива», пізніше цей термін було замінено словом «джива», що значить «випуклість». У результаті перекладу матеріалів з арабської мови на латинську мову, слово стало звучати як «синус»,

що означає «кривина». Косинус – у перекладі означає «додатковий синус». Слово «тангенс» - перекладається як дотична (ця функція виникла під час розв’язування задач про визначення довжини тіні) [10].

З точки зору алгебри тригонометричні функції вводяться як координати точки одиничного кола. Розглядаються поняття періодичної функції, парної та непарної функції; синусоїди, косинусоїди, тангенсоїди та котангенсоїди, вивчаються властивості тригонометричних функцій.

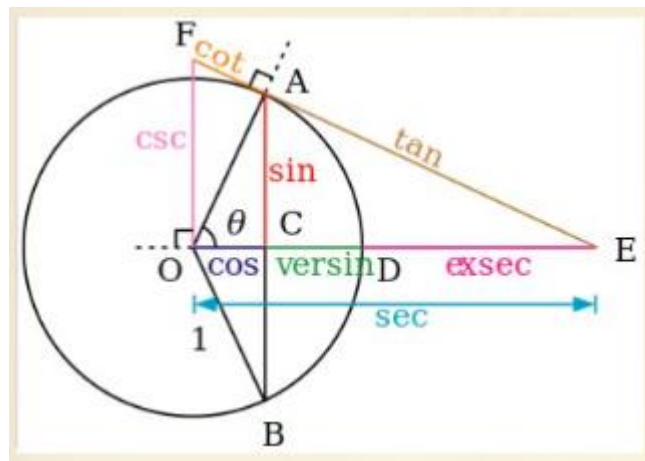


Рис.1.5. Ілюстративне пояснення тригонометричних функцій

Тригонометричні функції широко використовуються у фізиці в теорії гармонічних коливань: це періодичні зміни, які відбуваються із фізичною величиною із часом за законом синуса або косинуса:  $y=Asin(\omega t+\alpha)$ ,  $y=Acos(\omega t+\alpha)$ . Ці функції мають своє застосування і в біології (наприклад, рух крил птахів, кивання головою папугами, кит виконує коливальні рухи за законом синуса). Широке застосування тригонометричних функцій можна побачити в архітектурі. Зустрічається тригонометрія і в медицині: електрокардіограми та енцефалограми (бета-ритм (активна розумова діяльність), альфа-ритм (монотонна, рутинна діяльність – регулярний, синусоїдальної форми), тета-ритм (стан близький до сну), дельта-ритм (глибокий сон) (рис.1.6)).

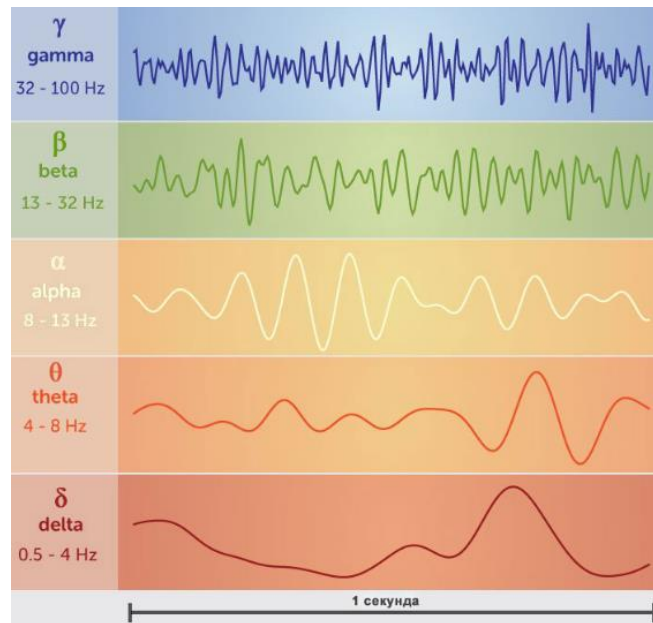


Рис.1.6. Ритми головного мозку людини

Показникова та логарифмічна функції розглядаються паралельно, оскільки ці функції є взаємооберненими (але про це не наголошується у підручниках). Показниковою називають функцію, яка задається формулою:  $y=a^x$ ,  $a>0$  і  $a\neq 1$ . Функцію, задану формулою  $y=\log_a x$  ( $a>0$ ,  $a\neq 1$ ), називають логарифмічною функцією. Розглядаються їх властивості (у класах з профільним вивченням математики вони виводяться із рисунків шляхом аналізу побудованих графіків даних функцій і доводяться).

Дані функції використовуються в біології (переважно у задачах на розмноження); у фізиці (наприклад, обчислення інтенсивності звуку в залежності від сили звуку:  $\alpha = 10 \lg \frac{I}{I_0}$ , де  $I_0$  – мінімальний звук, що сприймає людське вухо; теорія атомної енергетики (радіоактивний розпад)); в астрономії (використовують, наприклад, у зіркових атласах логарифмічну спіраль  $\varphi = \frac{1}{k} \ln \frac{r}{c}$ ); в хімії (визначення водневого показника, дослідження реакцій); у географії (величину землетрусу  $R = \lg \frac{I}{I_0}$ , де  $I$  – інтенсивність землетрусу,  $I_0$  – мінімальна норма інтенсивності; магнітуду землетрусу  $M = \frac{2}{3} (\lg E - 11,8)$  ( $M$  – магнітуда,  $E$  – енергія)); в економіці у банківських розрахунках.

Враховуючи різноманітні використання розглянутих функцій в інших галузях наук є можливість розробки елементів STEAM-освіти, зокрема уроки, практикуми, проекти, конкурси тощо.

## РОЗДІЛ 2

### ВПРОВАДЖЕННЯ STEM-ПІДХОДІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ЗМІСТОВОЇ ЛІНІЇ ФУНКЦІЇ В СТАРШІЙ ШКОЛІ

#### 2.1. Метод проєктів у навчально-виховному процесі

Одним із широкоживаним та ефективним засобом реалізації STEM-освіти є проєктна діяльність учнів. Виконання проєктів передбачає комплексну дослідницьку, творчу діяльність школярів, спрямовану на самостійні результати отримані під керівництвом учителя-наставника.

STEM-проєкт — в його основі лежить реальна проблема, вирішення якої потребує інтеграції різних предметів шкільної програми. Результати публікуються в Інтернеті або оприлюднюються на турнірах і змаганнях. Зокрема, це найпоширеніша форма практики навчання STEAM за кордоном.

STEM-проєкт — це один із способів досягти мети шляхом ретельної розробки проблеми, що призводить до реального практичного результату [1]. Учитель супроводжує проєкт і спонукає учнів до пошуку, допомагає визначити мету, завдання проєкту, орієнтовні прийоми чи способи дослідницької діяльності, знаходить інформацію для вирішення індивідуальних навчально-пізнавальних завдань.

Дослідження – це активний процес, який передбачає пошук нових знань і самостійне навчання. Дослідницькі завдання – це завдання, що пропонуються здобувачам освіти, і такі, що вимагають теоретичного аналізу проблеми, використання одного або кількох методів наукового дослідження, за допомогою яких учні відкривають раніше невідомі знання. Дослідницькі завдання дуже відрізняються від традиційних робіт. У дослідницьких питаннях немає однозначної відповіді, учні повинні знайти та обґрунтувати її самостійно. Завдання можна сформулювати так: «перевірте», «чи істинне, якщо...», «то», «проаналізуйте», «з'ясуйте», «дослідить»...

Під час використання дослідницького підходу спостерігаються такі етапи:

1. Постановка питання (завдання).
2. План виконання дослідження.
3. Підбір необхідних даних.
4. Висновки.
5. Обговорення результатів.

Потрібно спрямовувати мозкову діяльність учнів під час вирішення завдання, використовуючи такий алгоритм:

- Що це?
- Що з цим робити? Як з ним працювати?
- Як це можна вдосконалити?
- Як це представити, щоб це було зрозуміло, красиво, доступно?

Уроки, де використовується STEM-освіта, повинні мати особливості проблемного навчання на основі постановки завдань практичного змісту, розв'язання яких передбачає міжпредметні зв'язки, індуктивні методи дослідження, групову діяльність, що красиво реалізовується під час виконання проєктів.

У проєктній діяльності в здобувачів освіти розвиваються [9; 23]:

- пізнавальні вміння (планування проєктної діяльності, пошук шляхів вирішення проблем, вибір оптимальних методів і заходів, аналіз і узагальнення інформації);
  - творче мислення (на всіх етапах проєкту);
  - дивергентне мислення (учень повинен висунути якомога більше ідей для вирішення проблеми в рамках теми проєкту);
  - активність і самостійність (самостійний вибір форми опису, планування, дослідження, оцінювання, представлення результатів діяльності окремої частини проєкту);
  - просторове бачення (уміння планувати час роботи над проєктом, підбирати необхідні ресурси, оцінювати та вибирати найбільш прийнятні ідеї);
  - критичне мислення (на всіх етапах проєктної діяльності);
  - сенсомоторика (на етапі створення навчального продукту);



- навички вербального та невербального спілкування (у ситуативному діловому спілкуванні);
- навички та методи командної роботи (виконання різних ролей у груповій роботі, взаємопідтримка учасників проєктної діяльності);
- навички емоційності та пристрасті (на всіх етапах проєкту);
- навички спілкування в суспільстві (на етапі збору необхідної інформації, при презентації результатів діяльності);
- здатність враховувати потреби інших (під час планування та виробництва продукту, що має суспільну цінність або споживчу цінність);
- здатність приймати думку інших (самооцінка виконання проєкту за заданими критеріями).

Під час вивчення тригонометричних функцій можна запропонувати учням проєкт «Тригонометрія в різних галузях наук», поділивши клас на підгрупи, які будуть досліджувати відповідно такі питання:

1. Тригонометрія і фізика
2. Медицина та тригонометричні функції
3. Біологія і тригонометрія
4. Астрономія і тригонометрія
5. Тригонометрія в архітектурі

Мета проєкту: показати практичне застосування тригонометричних функцій в різних галузях наук.

Кожній групі дослідників необхідно визначити з якими процесами пов'язана тригонометрія кожної із галузей, які особливості, навести приклади, подати представлення у вигляді інтерактивних плакатів або постерів.

Під час узагальнення вивчення функцій у 10 класі можна запропонувати виконати проєкт: «Функції в прикладних задачах».

Мета проєкту: узагальнити знання про степеневі та тригонометричні функції, показати їх практичне застосування під час розв'язування прикладних задач.

Клас ділиться на підгрупи, які досліджують такі питання:

1. Степенева та тригонометричні функції – історія їх виникнення.
2. Степенева функція в прикладних задачах.
3. Тригонометричні функції в прикладних задачах.

Звітування, наприклад, першої групи може бути у вигляді інтерактивного плакату, зображеного на рисунку 2.1.



Рис.2.1. Інтерактивний плакат «Історія розвитку тригонометрії»

Аналогічний проєкт можна запропонувати в 11 класі після вивчення показникової та логарифмічної функцій.

Мета проєкту: узагальнити знання про показникові та логарифмічні функції, показати їх місце у навколишньому середовищі, та в інших галузях наук.

Клас ділиться на підгрупи, які досліджують наступні питання:

1. Історичні віхи розвитку показникової та логарифмічної функцій.
2. Показникова та логарифмічна функції в природі.
3. Показникова функція в різних галузях наук.
4. Логарифмічна функція в різних галузях наук.

Приклад звіту зображено на рисунку 2.2.

### Розмноження бактерій

Колонія живих організмів (зокрема, бактерій) зростає в результаті розмноження. Якщо за рівні проміжки часу число живих організмів збільшується в одне й те саме число разів, то число  $N$  організмів по закінченні часу  $t$  після початку спостережень виражається формулою

$$N = na^t$$

де  $a > 1$  – постійна величина, що характеризує швидкість росту даної колонії і залежить від біологічного виду організмів та від умов зовнішнього середовища.



Багато складних математичних задач доводиться розв'язувати в теорії міжпланетних подорожей. Одною з них є задача про визначення маси палива, необхідної для надання ракеті потрібної швидкості  $V$ . Ця маса  $M$  залежить від маси  $m$  самої ракети (без палива) і від швидкості  $V_0$ , з якою продукти горіння витікають з ракетного двигуна. Якщо не враховувати опір повітря і земне тяжіння, то маса палива обчислюється за формулою:

$$M = m(e^{V/V_0} - 1)$$

(формула К.Е. Цюлковського)



В природі і техніці часто можна спостерігати процеси, які проходять відповідно до законів вирівнювання, що описуються показниковою функцією.

Наприклад, всі, напевно, помічали, якщо зняти киплячий чайник з вогню, то спочатку він швидко охолоджується, а потім зниження температури йде набагато повільніше.

Справа в тому, що швидкість охолодження пропорційна різниці між температурою чайника і температурою навколишнього середовища. Чим меншою стає ця різниця, тим повільніше охолоджується чайник.



Якщо спочатку температура чайника дорівнювала  $T_0$ , а температура повітря –  $T_1$ , то через  $t$  секунд температура чайника виразиться формулою:

$$T = (T_0 - T_1)e^{-kt} + T_1$$

де  $k$  – число, що залежить форми чайника, матеріалу, з якого він зроблений та кількості води, що в ньому знаходиться.



Рис.2.2 Використання показникової функції

Виконання таких проєктів сприяють розвитку в здобувачів освіти критичного, аналітичного, творчого мислення, формуванню організаційних та комунікативних навичок, вмінь бачити взаємозв'язки між явищами (отже, виконання завдань Концепції [21]).

## 2.2. STEM-уроки

STEM-урок – це фактично скорочена версія STEM-проєкту. Характерною особливістю STEAM-уроку (STEM-урок) є те, що кожна його частина строго структурована, має часовий розклад і, крім того, кількість предметів, які можуть бути залучені до вирішення поставленої задачі, обмежені [10; 13; 30; 48].

Під час STEAM-уроків вчителю важливо зосередитися на практичному завданні чи проблемі, яку потрібно вирішити. Вчитель під час вирішення поставленої проблеми поступово надає учням новий матеріал, який одразу має

практичне застосування. Учні вчаться вирішувати різні проблеми методом проб і помилок, а не через засвоєння нудної теоретичної частини. Це значно підвищує їхній інтерес до навчання, а також негайно інтегрує нові знання.

Тут велику роль відіграє мейкерство – «винахідництво», оскільки сучасна молодь хоче одразу бачити результати своєї діяльності. Мейкер – це людина, яка що-небудь робить або створює, створювач.

Мейкер-простір [14], або мейкер-спейс (англ. Maker Space – простір для творця) – це творчий простір людини, де вона розвиває свій талент, виявляє вміння чи здатності у певній діяльності, реалізує свій творчий потенціал, спілкується з однодумцями, випробовує вдачу і повторюють свої ідеї в творчості, не турбуючись, що наступний крок буде неправильним.

Мейкерство розвиває в учнів: креативність, здатність змінювати світогляд, вносити оригінальні зміни, створювати ідеї; отримувати знання; поглиблювати практичні навички; успішно й легко адаптуватися в суспільстві; шукати інструменти та середовище для спілкування, фінансові можливості.

Так, наприклад, під час вивчення степеневі функції можна провести бінарний урок із вчителем фізики. Напередодні учням можна запропонувати виготовити невеличку ракету та принести виготовлену модель до школи. Інструкцію може надати вчитель, а, можна, запропонувати учням виготовити його самостійно.

Інструкція.

1. Необхідний матеріал: порожня двохлітрова пластикова пляшка, на яку наклеїть кольорові стрічки; пластиковий контейнер (можна з-під відеофільмів) у вигляді ракети (рис.2.3).

У класі (краще у спортивній залі або на вулиці), потрібно різко стиснути пляшку між наклеєними стрічками і ракета буде витиснена із пляшки за рахунок тиску повітря. У результаті ракета здійснить свою мандрівку. Задача спостерігачів визначити, яка функція буде задавати траєкторію польоту, виміряти на яку відстань від пляшки впаде ракета, на яку висоту вона підніметься, час подорожі ракети. Маючи всі необхідні дані, можна

запропонувати учням описати функцію, що задає траєкторію руху ракети, обчислити кут, під яким до горизонту рухається ракета, початкову швидкість руху ракети.



Рис.2.3 Виготовлення макету ракети та пускової установки

Виконуємо рисунок до задачі (траєкторією руху ракети є парабола, рис.2.4.). З рисунку видно, що проєкції вектору швидкості на координатні осі відповідно будуть  $v_x = v_0 \cos \alpha$ ,  $v_y = v_0 \sin \alpha$ .

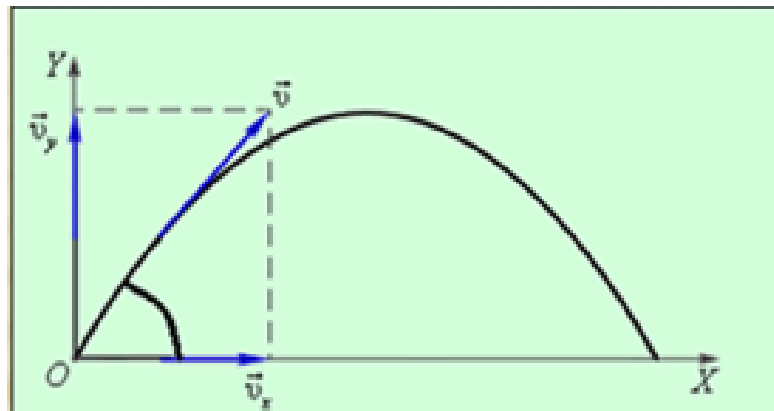


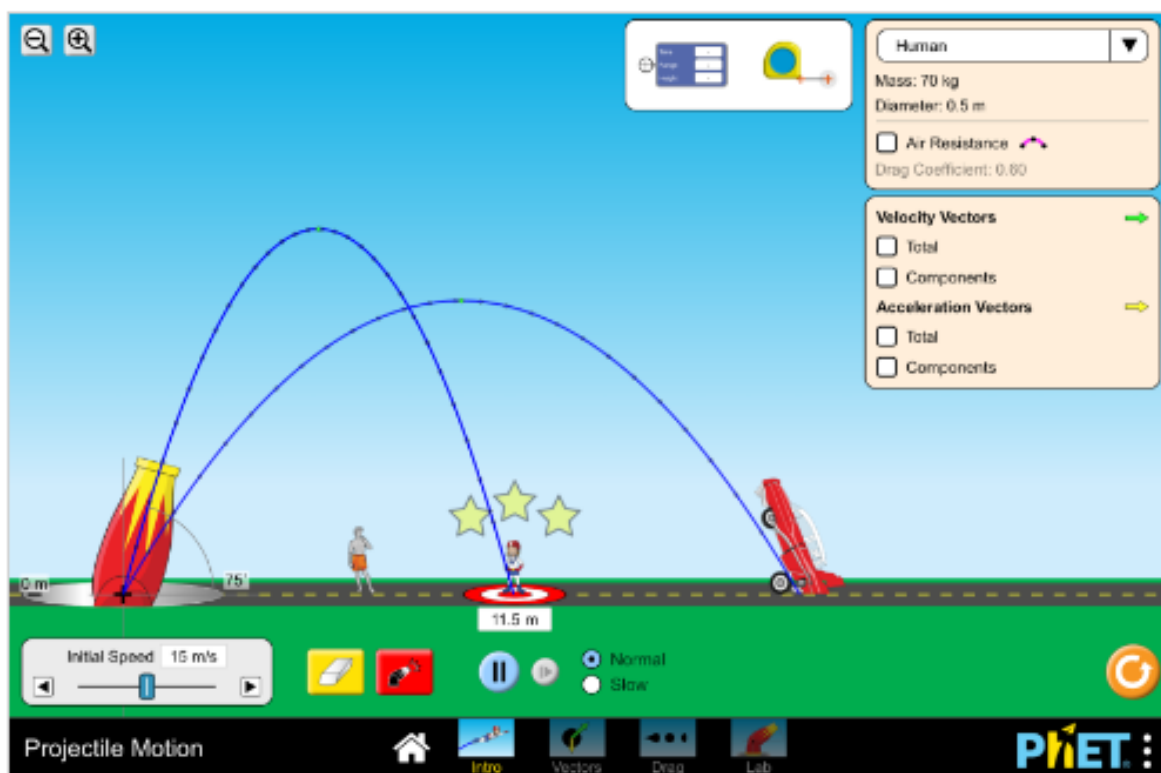
Рис.2.4. Рисунок до задачі

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

Схожий експеримент можна проводити за допомогою інформаційних технологій, на платформі [phet.colorado.edu](http://phet.colorado.edu). У цій програмі можна працювати

на планшетах чи персональних комп'ютерах. Перед здобувачами освіти ставиться завдання:

- Визначте, як кожен параметр (початкова висота, початковий кут, початкова швидкість, маса, діаметр і висота) впливає на траєкторію об'єкта з опором повітря та без нього.
- Передбачте, як зміна початкових умов вплине на траєкторію снаряда, і надайте пояснення цього прогнозу.
- Оцініть, де приземлиться об'єкт, враховуючи його початкові умови.
- Дослідіть змінні, які впливають на силу опору.
- Опишіть вплив сили опору на швидкість і прискорення.
- Обговоріть рух снаряда, використовуючи загальну лексику (таку як: кут запуску, початкова швидкість, початкова висота, дальність, час).
- Задайте аналітично функцію польоту ракети.



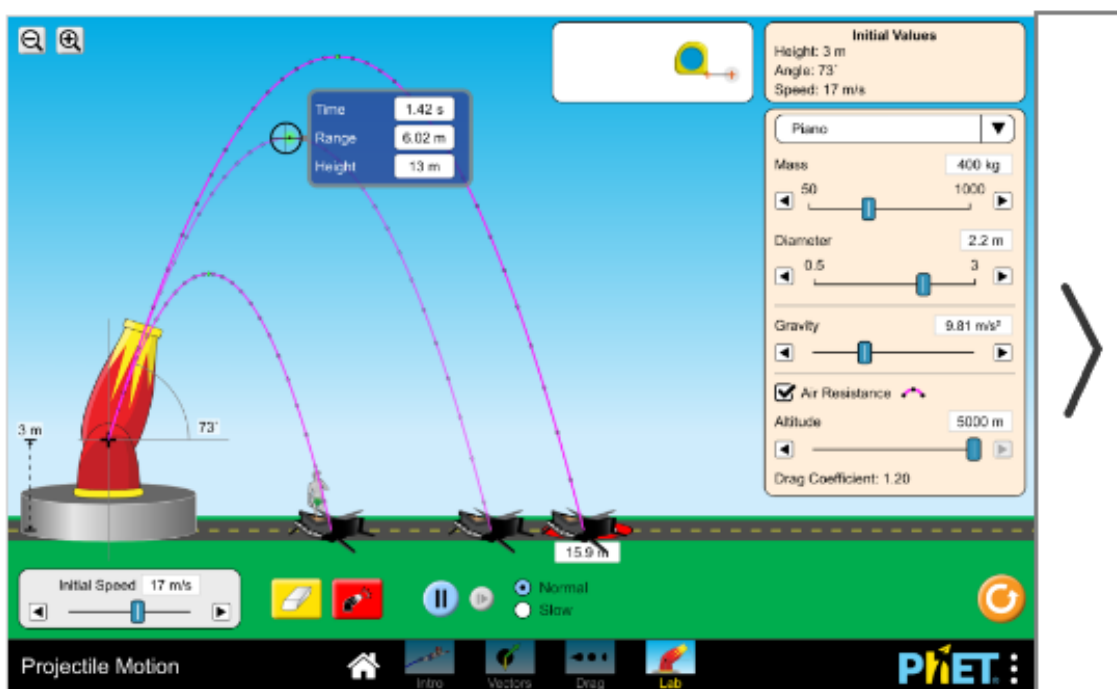


Рис.2.5 Степенева функція [58]

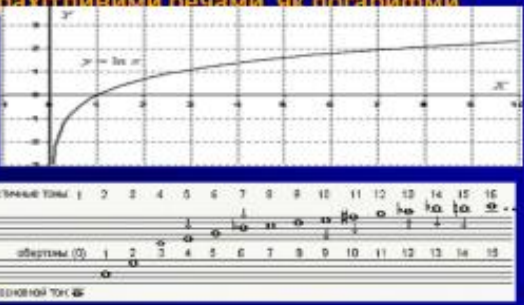
Під час вивчення логарифмічної функції можна провести урок з використанням підготовленої здобувачами освіти інформації про місце логарифмів у таких галузях: музика, мистецтво, природа, техніка, фізика. Урок потрібно побудувати так: поєднати розв'язування задач із доповідями учнів.

Знаходження застосування логарифмів навіть у музиці дуже дивує учнів, адже, дуже часто гуманітарії не люблять математики, а виявляється, що можлива їх любов до музики, теж містить у собі математику.

Музична гама базується на логарифмах. Наприклад, нота в найнижчій октаві визначається  $n$  вібраціями за 1 секунду - назвемо її нульовою октавою - «до». Тоді ноти першої октави вироблятимуть вдвічі більше вібрацій, тобто  $2n$  вібрацій,  $m$ -ї -  $n \cdot 2^m$  вібрацій на секунду тощо. Основна нота кожної октави («до») має дорівнювати нулю. Тоді, наприклад, тон ноти «соль» буде 7, «ля» – 9 і т. д., 12-й тон - знову нота «до», тільки на октаву вище. Отже, кожен наступний тон має 12 повторень попереднього. Кількість коливань будь-якого тону можна виразити формулою:  $N_{pm} = n * 2^m (\sqrt[12]{2})^p$ , де  $N_{pm}$  — кількість вібрацій ноти з номер  $p$  з  $m$ -ї октави. Логарифмуючи цю формулу, ми отримуємо наступне:  $\lg N_{pm} = \lg n + m \lg 2 + \frac{p}{12} \lg 2$ ,  $\lg N_{pm} = \lg n + (m + \frac{p}{12}) \lg 2$ .

Ми беремо до уваги кількість вібрацій найнижчої ноти «до» ( $n = 1$ ) і якщо ми перетворюємо всі логарифми за основою 2 (або приймаємо  $\lg 2 = 1$ ), то маємо:  $\log_2 N_{mp} = m + p/12$ . Зрозуміло, що номери клавiш фортепіано є логарифмом числа коливань відповідних звуків. Номер октави є характеристикою логарифма (тобто цілої частини), а номер звуків у даній октаві є її мантисою (тобто дробовою частиною).

**Музиканти стикаються з математикою значно частіше, ніж вважають, і при тому з такими страхітливими речами, як логарифми.**




**“Про великі й малі відстані”**

*“Мій товариш любив грати на роялі, але не любив математики...”*


*Уявіть же як неприсмно був вражений мій товариш, коли я довів йому, що він грає на логарифмах...”*

Зі статті  
О. О. Ейхенвальда



**Припустимо...**

*do* – нульова октава  
 $n$  – к-ть коливань за секунду  
*do* першої октави робить  $2n$  - коливань, тоді *do*  $m$ -ї октави –  $n \cdot 2^m$  коливань за секунду і т. д.



$$N_{pm} = n \cdot 2^m \left( \sqrt[12]{2} \right)^p$$


$$\log_2 N_{mp} = m + \frac{p}{12}$$


Рис.2.6. Доповідь: логарифми і музика

Логарифмічна спіраль часто зустрічається у природі, тому доцільно їй приділити особливу увагу, запропонувавши не лише знайти її у навколишньому світі, а й, наприклад, виготовити її з паперу або заплести її з волосся однокласниці (рис.2.7).



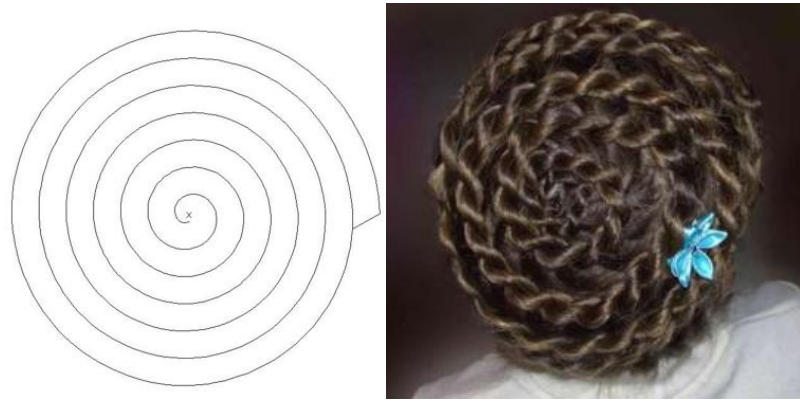


Рис. 2.7. Логарифмічна спіраль

Логарифмічна спіраль – це крива, яка перетинає усі промені, що виходять з точки  $O$  – полюса, під одним і тим самим кутом. Її рівняння: у полярних координатах  $\rho = ae^{b\theta}$  або  $v = \frac{1}{b} \ln \frac{\rho}{a}$ .

Логарифмічна спіраль має досить цікаві властивості:

- має нескінченну кількість витків (при розкручуванні – обертанні навколо полюса за годинниковою стрілкою; скручуванні – русі проти годинникової стрілки);
- не проходить через свій полюс;
- носить назву рівнокутної спіралі;
- зберігає постійне значення кута між дотичною до неї та її радіус-вектором у будь-якій точці спіралі;
- є інваріантною під час перетворень гомотетії та повороту;
- не змінює свої форми при збільшенні розмірів (саме ця властивість пояснює таке широке використання її);
- має широке використання у різних технічних приладах (наприклад, у гідротехніці – вигнута у такий спосіб труба для підводу води до турбіни дає менші втрати енергії при зміні напрямку течії в трубі).

Властивості цієї лінії настільки вразили Якова Бернуллі, що він назвав її «*spiramirabilis*» (чудова спіраль) і велів зобразити її в написі на своїй могилі: *EADEM MUTATA RESURGO* (змінений, знову відроджуюсь).



Рис. 2.8. Надпис

Отримати логарифмічну спіраль можна за допомогою так званого золотого прямокутника, у якого відношення сторін задовольняє правило золотого перетину: відношення їхньої суми до більшої величини дорівнює відношенню більшої сторони до меншої (рис.2.9) [38].

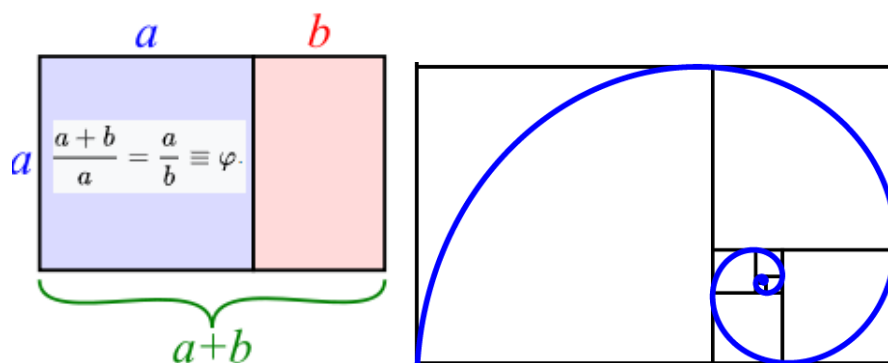


Рис.2. 9. Золотий прямокутник

Якщо від такого прямокутника відкласти квадрат із стороною, що дорівнює меншій стороні прямокутника, то отримуємо прямокутник, сторони якого задовольняють правило золотого перетину. Якщо продовжити цей процес, а потім з'єднати плавною кривою вершини квадратів, то й отримуємо логарифмічну спіраль (рис.2.9). Або можна виконати побудову інакше. Спочатку зобразити квадрат зі стороною 1 см, потім біля нього ще один квадрат таких же розмірів, потім зверху побудувати квадрат зі стороною 2 см,

ліворуч від них побудувати квадрат зі стороною 3 см, під ними – зі стороною 5 см і т.д. з використанням чисел Фібоначчі (рис.2.10.)

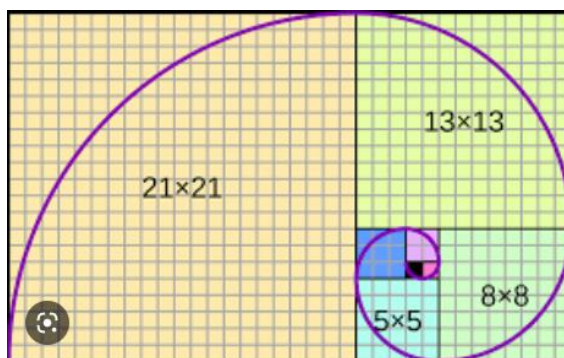


Рис.2.10. Побудова логарифмічної спіралі

Використовуючи виготовлену спіраль, наприклад, із шматка жерсті можна виконати цікавий фізичний дослід. Розмістивши таку спіраль над свічкою, вона починає крутитися. Можна поставити питання чому? (за рахунок нагрітого повітря) (рис.2.11)

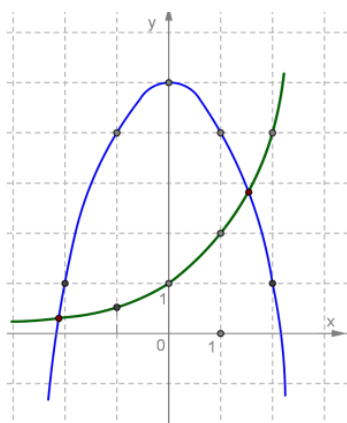


Рис.2.11. Логарифмічна спіраль-світильник

Під час вивчення функцій можна поєднувати інформаційні технології та математику. Так, використовуючи програму Desmos можна запропонувати учням, наприклад, створити власні завдання на розв'язування рівнянь або нерівностей графічно.

Або, наприклад, використати цю програму для перевірки правильності виконання завдання.

Наприклад, під час закріплення вивчення показникової функції можна задати завдання з'ясувати розв'язок якого рівняння зображено на рисунку (рис.2.12).



- |                                                               |                                                               |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <input type="radio"/> $\left(\frac{1}{8}\right)^x = x^2 + 3$  | <input type="radio"/> $2^x = -x^2 + 5$                        |
| <input type="radio"/> $\left(\frac{1}{2}\right)^x = -x^2 + 2$ | <input type="radio"/> $\left(\frac{1}{8}\right)^x = -x^2 + 5$ |
| <input type="radio"/> $\left(\frac{1}{2}\right)^x = -x^2 + 5$ | <input type="radio"/> $2^x = -x^2 + 4$                        |
|                                                               | <input type="radio"/> $2^x = x^2 + 1$                         |

Рис.2.12. Задача

Під час обговорення функції, яка зображена необхідно звернути увагу на особливості даних функцій. А потім можна запропонувати учням перевірити результат за допомогою програми Desmos.

Або, наприклад, таке завдання: проаналізувати графік функції та визначити її аналітичний вигляд (рис.2.13).

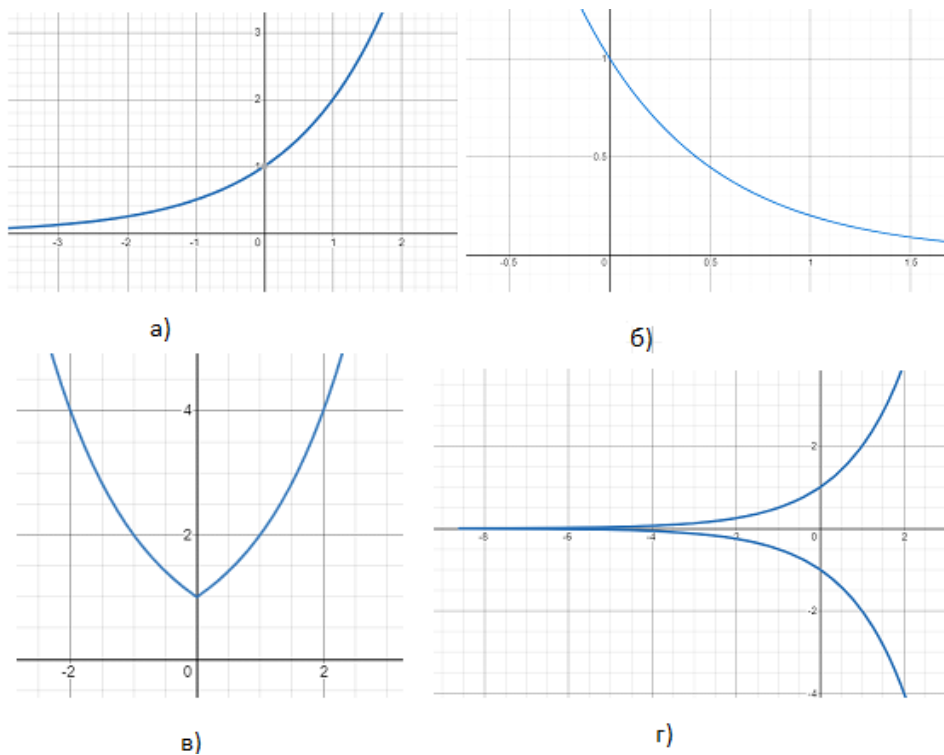


Рис.2.13. Завдання

Можна запропонувати учням самим зробити свої варіанти завдань і запропонувати їх своїм однокласникам.

Наприклад, наступні.

а) Розв'язання якого рівняння зображено на рисунку 2.14?

а)  $3^x = x^2$    б)  $2^x = x + 2$    в)  $0,5^x = -3x$    г)  $\frac{2}{x} + 1 = 3^x$

д)  $\frac{2}{x} = 3^x + 1$    е)  $2^x = x^3$    є)  $3^x + 1 = x^3$    ж)  $\left(\frac{2}{3}\right)^x = 0,1$

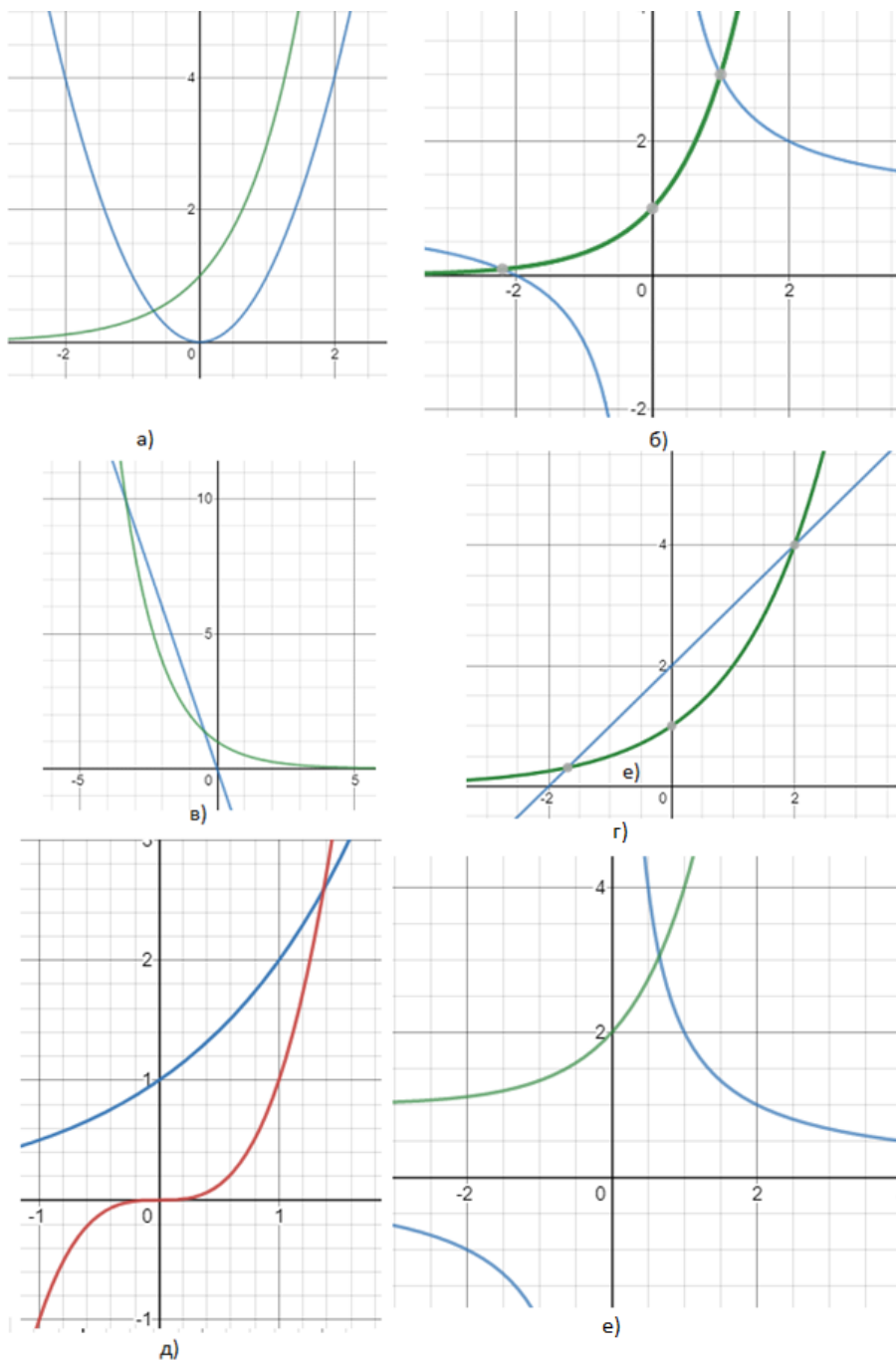


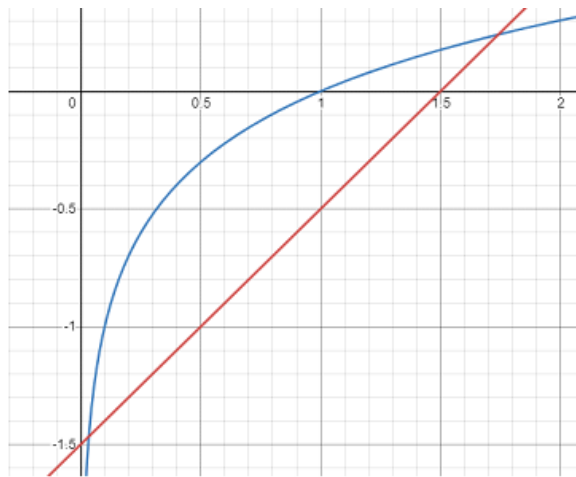
Рис.2.14. Приклади рівнянь

б) Розв'язання якого рівняння зображено на рисунку 2.15?

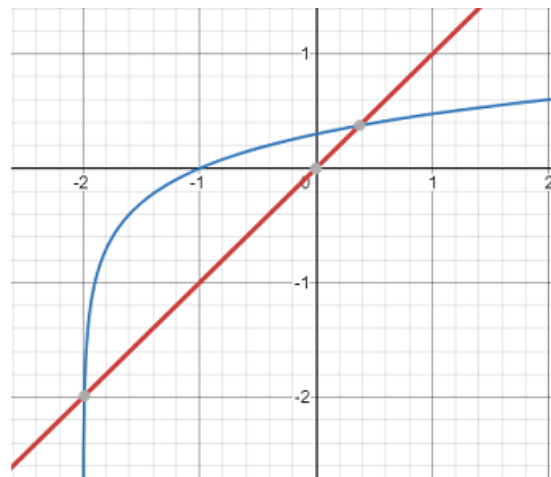
$$\text{а) } \lg x = x - 1,5 \quad \text{б) } \lg(x + 2) = x$$

$$\text{в) } \lg(x + 2) = \frac{x^2}{4} \quad \text{г) } -2\lg x = x^3$$

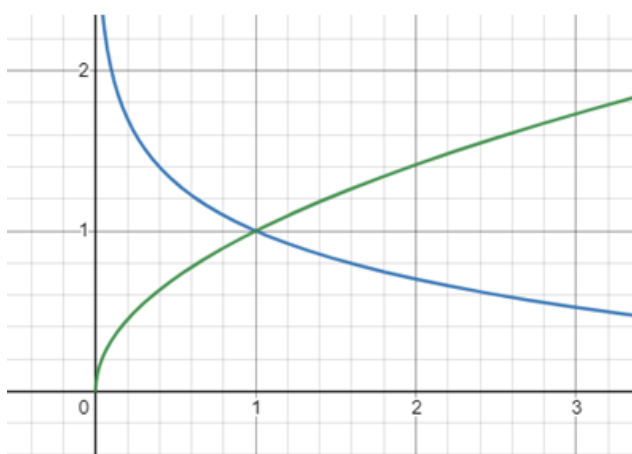
$$\text{д) } |\lg x| = x \quad \text{е) } -\lg x + 1 = \sqrt{x}$$



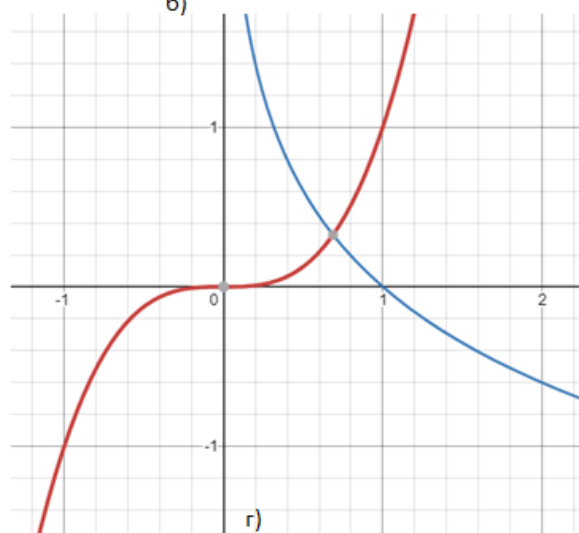
а)



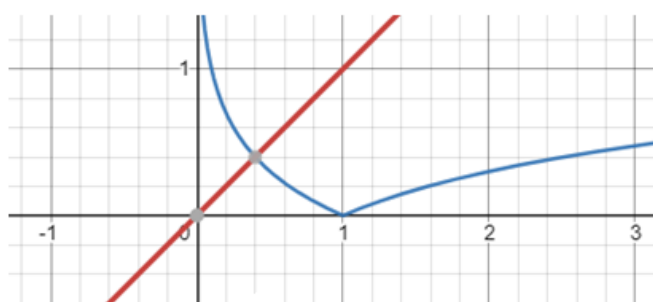
б)



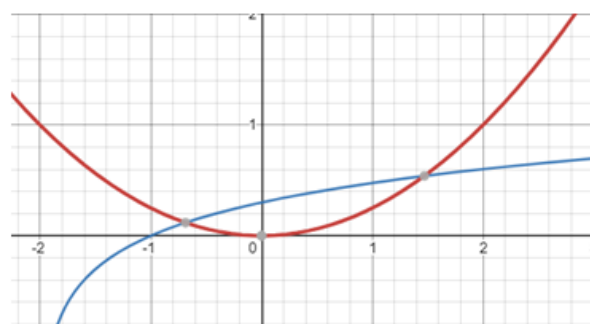
в)



г)



д)



е)

Рис.2.15. Умова завдань

На уроках математики під час вивчення тригонометричних функцій можна скористатися віртуальною лабораторією (simulation – інтерактивне моделювання для науки та математики), які учні можуть встановити на свої

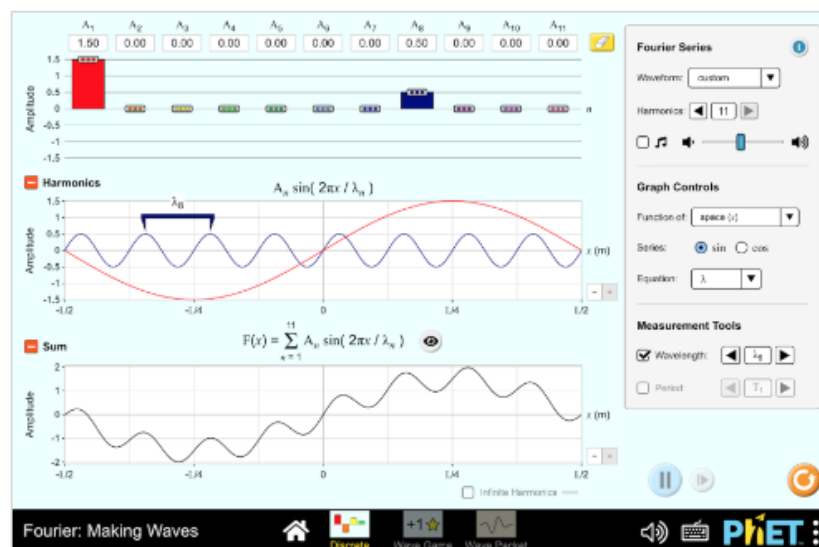
планшети (або провести заняття в комп'ютерному класі). Розглянемо, наприклад, дослід утворення звукових хвиль [42].

Перед учнями можна поставити такі завдання:

1. Адитивна властивість синусів та косинусів під час створення довільних періодичних функцій.
2. Опишіть звуки за допомогою синусоїдальних хвиль.
3. Порівняйте хвилі в просторі та хвилі в часі.
4. Визнайте, що довжина хвилі та період не відповідають конкретним точкам на графіку, а вказують тривалість/час між двома послідовними спадами, піками або будь-якими іншими відповідними точками.



a)



b)

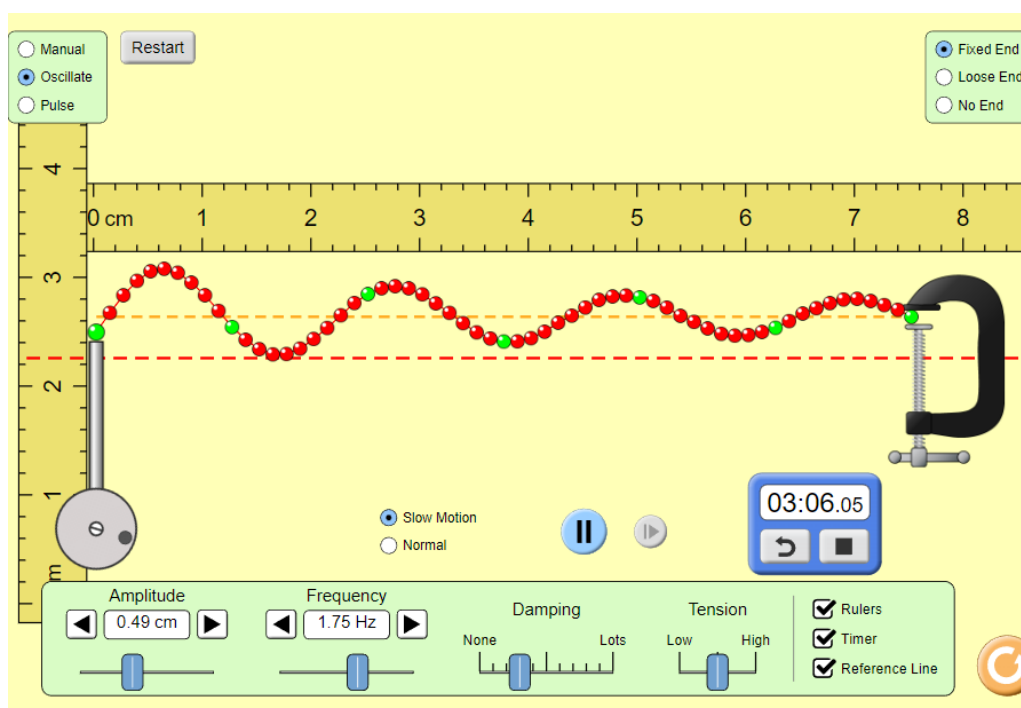


в)

Рис.2.16. Тригонометричні функції (simulation)

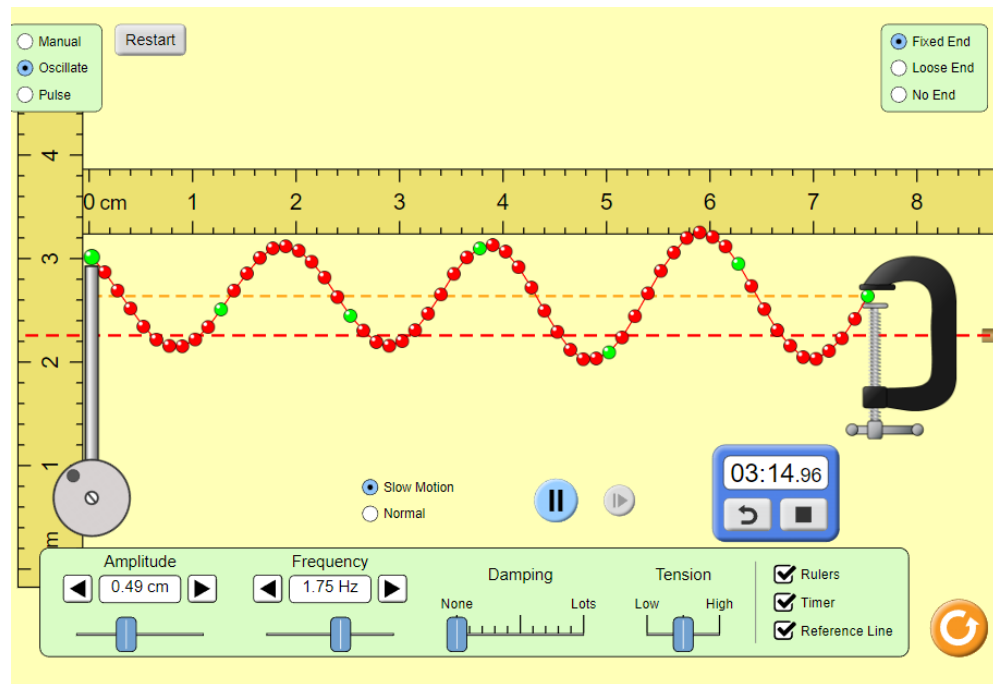
Такі дослідження демонструють учням застосування даних функцій, знімаючи питання: «навіщо це знати?».

Аналогічно, можна використати дослід коливання струни, в ході якого можна закріпити знання властивостей та графіків періодичних функцій.



а)





б)

Рис.2.17. Коливання струни

Отже, під час вивчення функцій на уроках математики можна поєднувати задачі чисто математичні із прикладними задачами, проводити бінарні уроки з фізики і математики, інформатики та математики.

Під час занять доцільним є проведення тестів, як для повторення матеріалу, так і для рефлексії. Це зручно організовувати у вигляді гри за допомогою платформ Kahoot чи Quizizz.

Щодо першої платформи, то існує платний та базовий пакет найпростіший за конфігурацією і безкоштовний. Він включає: залучення здобувачів освіти (ігра в аудиторії та по відео; домашнє завдання); створення кахуту (готові кахути, банк запитань, створення власних збірників запитань); типи запитань (тест з варіантами відповідей (один із чотирьох), так\ні); оцінювання (навчання з відеоконференціями, звіти для формування оцінки); налаштування (генератор ників, музичні параметри); співробітництво (1 група вчителів).

До недоліків цієї програми можна віднести: відсутність україномовного інтерфейсу (є англійська та російська), автоматичний переклад українського тексту програмами у готовий тест під час гри. У

безкоштовній версії доступні тільки два типи тестів: «Вікторина» - вибір однієї правильної відповіді з чотирьох і вибір «Так\Ні». Немає редактора формул. Хоча у відповідях доступні літерні режими у верхньому та нижньому регістрі. Формули можна вставляти у відповіді у вигляді малюнків. У питанні є можливість набрати їх за допомогою загальноприйнятих позначень дій. Запитання та варіанти відповідей потрібно виносити на екран, оскільки учні бачать лише кольори для вибору відповіді.

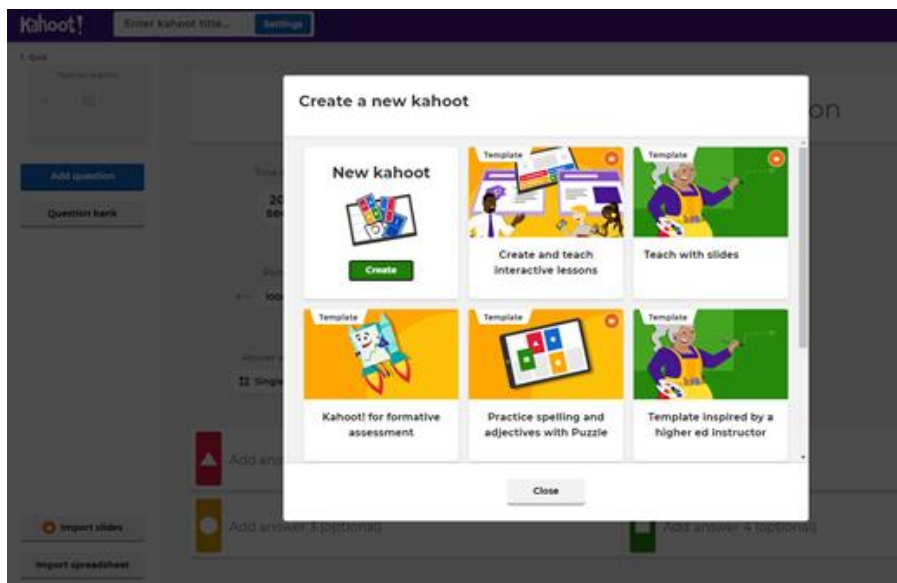


Рис. 2.18. Платформа Kahoot

Більше можливостей та привабливості, на нашу думку, має платформа Quizizz. Серед недоліків програми можна виділити: відсутність україномовного інтерфейсу (є англійською, російською), оцінюється й швидкість даної відповіді (тобто флегматик вже програє, навіть якщо дасть правильну відповідь). Серед переваг відмітимо: немає необхідності завантажувати програми (достатньо зайти на [join.quizizz.com](https://join.quizizz.com) і ввести запропонований вчителем код); наявний редактор формул (їх можна вводити як у запитання, так і у відповіді); можливість додавати зображення як до питань, так і до відповідей (їх можна взяти з власного документа, пошукових систем в Інтернеті); до запитання можна додати аудіо та відео; до питання можна додати цікавий факт; яскравий інтерфейс, який учасники тестування бачить на власному смартфоні чи комп'ютері; можливість задати темп

проходження (разом чи кожен у своєму темпі); інші налаштування (елементи гри, бонуси, музика тощо) (рис.2.19).



Рис.2.19. 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.

### 2.3. STEM-практикум

Успішного формування базових компетенцій учня можна досягти шляхом включення в навчальний процес STEAM-практикуму, основною ідеєю якого є конкретний об'єкт, що досліджується в контексті STEAM-освіти.

При цьому акцент робиться на талантах учнів – не просто на дослідницькій роботі, а на спробі створити власний продукт. Практикум

STEAM можна розглядати як поєднання навчального проєкту та лабораторного заняття, тому його можна проводити як у рамках вивчення окремих тем, так і в кінці навчального року. Роботи можуть бути короткострокові та довготривалі. Усе залежить від складності та обсягу завдання, необхідного обладнання, місця проведення дослідження тощо.

До робіт STEAM-практикуму висувається ряд вимог [2; 51]:

- науково-практичне спрямування завдань;
- міжпредметна інтеграція (не менше 3 у кожному виді діяльності);
- творчість у всьому, створення об'єктів власноруч;
- звіт про результати: резюме, презентація, плакат, буклет тощо;
- формування навичок групової чи командної роботи та взаємонавчання;
- представлення результатів роботи (масив даних, графіки, діаграми, QR-коди тощо);
- наявність практичних робіт, які потребують зміни місця (шкільне подвір'я, стадіон, підприємство, ліс, водойма тощо).

Головною ідеєю STEAM-освіти є створення навчальних предметів, дисциплін, курсів чи уроків за міждисциплінарним принципом (інтегроване навчання не за окремими предметами, а за певними темами), що дозволяє формувати базові професійні та соціально-особистісні компетентності молоді і легко реалізується під час виконання завдань STEAM-практикуму.

Розглянемо, наприклад, практикум щодо вивчення тригонометричних функцій. Як зазначалося раніше, тригонометричні функції пояснюють природу гармонічних коливань. Тож, перед здобувачами освіти ставиться наступне практично-дослідницьке завдання.

Тригонометричні функції як математичне пояснення гармонічних коливань.

1. Сформулювати означення тригонометричних функцій, їх властивості, графіки (результати подати у вигляді інтерактивного плакату).

2. Сформулювати фізичний зміст гармонічних коливань, їх характеристика (результати подати у вигляді інтерактивного плакату або завдання на платформі LearningsApps).
3. Розробити макет, за допомогою якого можна продемонструвати гармонічні коливання.
4. За допомогою проведення лабораторного дослідження визначити період функції, амплітуду коливань, задання функції.
5. Оформити звіт.

Прикладом макету, який учні можуть легко розробити самостійно можна знайти на сайті [11]. 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.2.20.)



Рис.2.20. Матеріал

2. Зігнути цвяхи так як показано на рисунку 2.21 та підвісити кожен м'ячик.



Рис.2.21. Пункт 2 інструкції

3. Зробити трикутновидну рамку (рис.2.22.) та підвісити м'ячики.



Рис.2.22. Пункт 3 інструкції

Макет готовий.

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

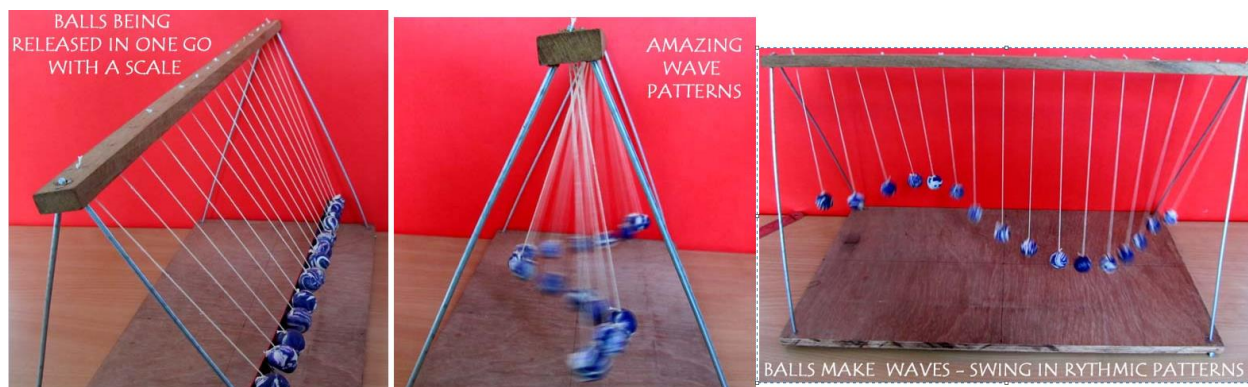


Рис.2.23. Дослід

Як зазначалося у п.1.3. тригонометричні функції, показникові та логарифмічні функції широко використовуються у фізиці, але вони, як правило, не використовуються для опису події, а входять до складу формул, рівнянь чи їх систем. Часто виконуються побудови графіків у логарифмічних координатах (або напівлогарифмічних) за результатами проведеного досліду, особливо, коли досліджувана залежність носить експоненціальний характер.

Так, наприклад, можна провести експеримент з фізики на вивчення поглинання  $\gamma$ -випромінювання.

Зміна інтенсивності випромінювання може бути обчислена за формулою  $I=I_0e^{-\mu x}$ , де  $\mu$  – коефіцієнт послаблення (поглинання). Цю залежність зручно будувати у системі координат, де за вісь ординат обрано  $\ln(I/I_0)$ , а за вісь абсцис - товщина поглинаючої речовини. Побудувавши такий графік учні мають визначити коефіцієнт поглинання  $\mu$ .

Для проведення дослідження необхідними матеріалами є: радіоактивне джерело, лічильник Гейгера-Мюллера (індикатор іонізуючих частинок), перерахунковий пристрій, секундомір, набір металевих пластинок, мікрометр (штангенциркуль).

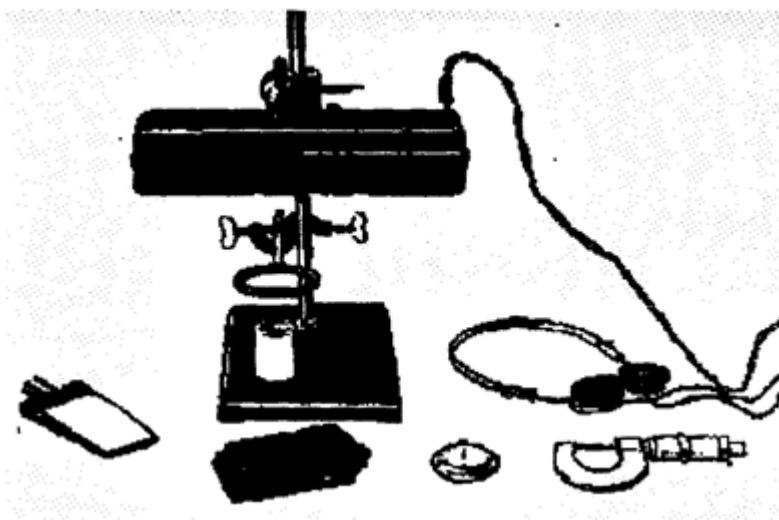


Рис.2. 24. Обладнання

Хід роботи. Помістіть радіоактивний препарат на 25-30 см збоку від лічильної трубки. Між препаратом і трубкою розміщувати по черзі одну, потім дві, три і т. д. до 10 алюмінієвих пластинок. Значення швидкості рахунку  $n$  (1/хв)

навести в таблиці (табл.2.1, в залежності від загальної товщини металу, товщина пластин вимірюється в мікрометрах). Збільшуйте товщину  $x$ , поки кількість імпульсів не наблизиться до фонового значення. Побудуйте графік функції.

Таблиця 2.1.

## Результати експерименту

№ п/п	Товщина пластинок $x$ , мкм	Швидкість рахунку $n$ , 1/хв	Логарифмічне значення $\ln n/n_0(x)$	Коефіцієнт поглинання $\mu$ ,	$\mu'=\mu/\rho$
1	...				

Цифрові технології у нас час збільшили можливості виконання різноманітних дослідів із фізики, серед них можна виділити віртуальні лабораторії (наприклад, Simulation (його використання див.п.2.2)), LabQuest 2 - LABQ2 (аналого-цифровий перетворювач з екраном для обробки даних) тощо. Якщо у школі є в наявності такі датчики, то під час вивчення функцій можна проводити наступні практично-лабораторні завдання.

Можна дослідити звукові хвилі та удари (результати будуть утворювати синусоїду, яку потрібно буде дослідити: визначити амплітуду, частоту, період, записати аналітичний вигляд функції).

Необхідними матеріалами є LabQuest мікрофон Верньєр, 2 камертони або електронна клавіатура. До речі, камертон учні можуть виготовити власноруч (найпростіший варіант камертона – це палочки для суші, луковиця та фільтр від цигарки. Такий камертон видає 440 герц).

Виконання роботи.

1. Підключіть мікрофон до LabQuest і виберіть «Новий» у меню «Файл». Якщо у вас є старіший датчик, який не має автоматичної ідентифікації, налаштуйте датчик вручну.

2. Щоб встановити форму хвилі, установіть канал мікрофона на нуль у тихій кімнаті. Виберіть «Нуль» у меню «Датчики». Після завершення процесу показання датчика повинні бути близькі до нуля.



3. Видайте звук камертоном або клавіатурою і піднесіть їх до мікрофона. Почніть збирати дані. Після завершення збору даних відобразиться графік. Дані мають бути синусоїдальними. Якщо ви використовуєте камертон, стукніть по ньому м'яким предметом, наприклад, гумовим молотком або гумовим черевиком. Ви можете пошкодити його, вдаривши по ньому твердим предметом. Якщо ви вдарите занадто сильно або занадто м'яко, сигнал може бути приблизним; знову зібрати дані (якщо камертон було виготовлено власноруч як було сказано вище, то просто стукніть по поверхні столу вашою моделлю).

4. Побудуйте графік.

5. Натисніть будь-яку точку даних на відображеному графіку, щоб переглянути пари даних. Коли ви клацаєте кожну точку даних, у правій частині графіка з'являються значення звуку та часу. Зверніть увагу на час для першого та останнього піків сигналу. Запишіть кількість повних циклів між першим і останнім вимірюванням. Щоб визначити період камертона, розділіть різницю на кількість циклів. Запишіть період у технічний паспорт.

6. Перегляньте ще раз графік і запишіть у таблицю максимальні та мінімальні значення звуку.

7. Обчисліть амплітуду пульсації, взявши половину різниці між максимальним і мінімальним значеннями  $Y$ . Запишіть значення в таблицю даних.

8. Обчисліть частоту настроювальної сітки в Гц і запишіть її в техпаспорт.

9. Два чистих тони різних частот одночасно створюють явище, яке називається биття. Іноді хвилі підсилюють одна одну, а в інших випадках їх інтенсивність поєднується. Це відбувається регулярно через фіксовану частоту кожного тону. Для прослуховування биття потрібно вдарити в камертони у той самий час (одночасно) або одночасно натиснути і утримувати дві клавіші на клавіатурі. Якщо удар досить сильний, можна почути різницю в інтенсивності.

Коли удари надто швидкі, а інтенсивність змінюється, чути тон, який звучить різко. При ще більшій різниці частот чути два окремих тони і різні тони.

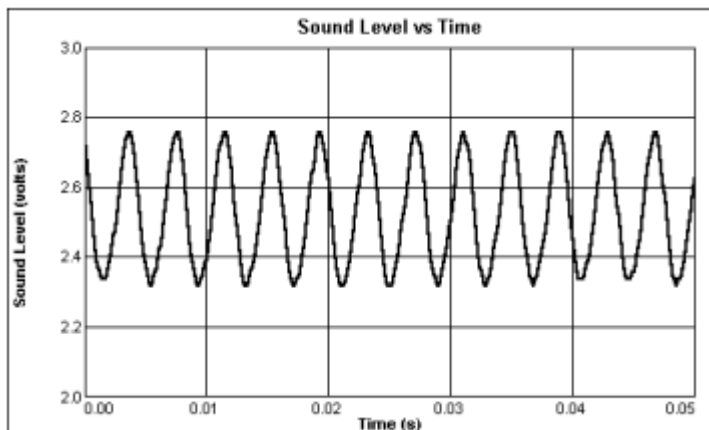


Рис.2.25. Результати дослідів

10. Тригонометрична тотожність  $\sin x + \sin y = 2\sin\left(\frac{x+y}{2}\right)\cos\left(\frac{x-y}{2}\right)$

корисна для моделювання биття. Покажіть, як виміряну вище частоту биття можна передбачити за допомогою двох великих хвиль частоти  $f_1$  і  $f_2$ , зміна тиску яких описана за допомогою  $\sin(2\pi f_1 t)$  та  $\sin(2\pi f_2 t)$ .

Використання STEAM-практикуму сприяє виконанню усіх завдань, які ставляться перед STEAM-освітою, щодо розвитку творчої особистості, демонструє міжпредметні зв'язки, сприяє кращому засвоєнню теоретичного матеріалу.

## 2.4. Хакатони

Крім проєктної діяльності, коли перед учнями стоїть конкретне завдання із чітко поставленими кроками виконання і відомим кінцевим результатом, цікавим є використання хакатонів.

Поняття хакатону (hackathon) пішло із використання їх у ІТ-сфері (походить від слів «зламувати» - Hack та «марафон» - Marathon), але за останній час це поняття розширило свою сферу діяльності.

Хакатон – це подія, під час якої різні експерти у сфері розробки програмного забезпечення інтенсивно та спільно працюють над вирішенням

проблеми або створенням нового додатку чи IT-послуги. Завдання таких хакатонів було створення програмного забезпечення.

За своєю суттю хакатон – це змагання, де команди працюють над власними ідеями. Метою кожного хакатону є просування наявних досягнень шляхом вивчення кожної деталі програмної сторони продукту [16].

Хакатон – це подія, під час якої команди вирішують конкретну задачу за обмежений час. Наприкінці хакатону кожна команда представить свої результати журі. Переможці отримають призи та необхідну підтримку з доопрацюванням, щоб запуснути свій проєкт [52].

Хакатон – інноваційна форма організації навчального процесу, яка сприяє пошуку інноваційних методів роботи, активізує ефективну взаємодію між здобувачами освіти, дозволяє розширити коло партнерських зобов'язань у реалізації поставлених проєктів [53].

Хакатони поділяють на зовнішні (у яких може взяти участь будь-хто) та внутрішні (які організуються для закритої конкретної компанії чи організації). За форматом проведення – онлайн та офлайн (всі учасники зібрані в одному місці і там вони проводять весь час хакатону. Організатори зазвичай забезпечують все необхідне (їжу, канцтовари, зручні місця), щоб команди могли працювати над роботою).

Під час онлайн-хакатонів усі процеси — від створення команди до пітчингу — відбуваються онлайн і не потребують фізичної присутності учасників. Їх взаємодія відбувається або через спеціальну платформу управління хакатоном, або через окремі онлайн-інструменти.

Хакатони увійшли у освітню сферу. За форматом їх проведення вони бувають: хакатон як частина уроку; повноформатний хакатон (бажано мати спарений урок), хакатон як позаурочний захід (найбільше наближення до справжнього хакатону).

Структура організації освітнього хакатону [44]:

1. Ознайомлення здобувачів освіти із форматом заходу.

2. Оголошення проблеми, мети (чим яснішою є мета, тим більше шансів її досягнути).
3. Реєстрація команд (бажано це робити в онлайн-форматі заздалегідь і поєднувати учнів різних класів, наприклад, паралелів).
4. Проведення консультацій (тут висвітлюються правила хакатону).
5. Робота з менторами чи фасилітаторами.
6. Самостійна робота команд.
7. Підготовка презентації продукту. Захист проєктів (пітчінг).
8. Визначення переможців.
9. Рефлексія.

Перевага хакатонів, зокрема над проєктами, є:

1. Обмеженість в часі для знаходження відповіді.
2. Практичність (обов'язковим є практичне застосування).
3. Неформальність.
4. Варіативність команди (учень сам обирає для себе команду, чи створює власну, відповідно до ідеї).
5. Обмін навичками та ідеями.

Оскільки однією з головних цілей хакатонів є розвиток нових ідей, можна сміливо сказати, що кожен хакатон є місцем, де народжуються інновації. Це діяльність, яка сприяє натхненню, творчості та продуктивності.

Прикладом хакатону може бути така ідея. Після вивчення в 11 класу показникової та логарифмічної функції запропонувати учням створити власну емблему класу чи школи із використанням різних функцій. Створену емблему потрібно пояснити (що в ній означає кожний символ). Тобто даний хакатон міститиме елементи ейдографіки (різновид комп'ютерного моделювання за допомогою графіків рівнянь), під час якої можна використовувати, наприклад, такі програмні засоби як *Gran*, *GeoGebra* [35; 36], *Desmos* тощо.

Бажано об'єднати паралельні класи, створивши різні команди. На виконання завдання добре було б об'єднати два уроки – математику та інформатику (тобто провести повноформатний хакатон). У ході виконання

завдання здобувачі освіти мають продумати: сам символ (тобто зобразити його), з яких функцій може складатися візерунок, створити його за допомогою комп'ютерних програм.

Отримані результати бажано виставити на оцінювання шкільного колективу. І нехай у голосуванні буде обрано такий символ школи. Добре було б продумати і призи для всіх учасників: переможці отримають визнання їх символу за офіційний символ школи, учасники – заохочувальні призи.

Так, наприклад, у програмі Desmos здобувачами освіти було зроблено наступний символ (рис.2.26)

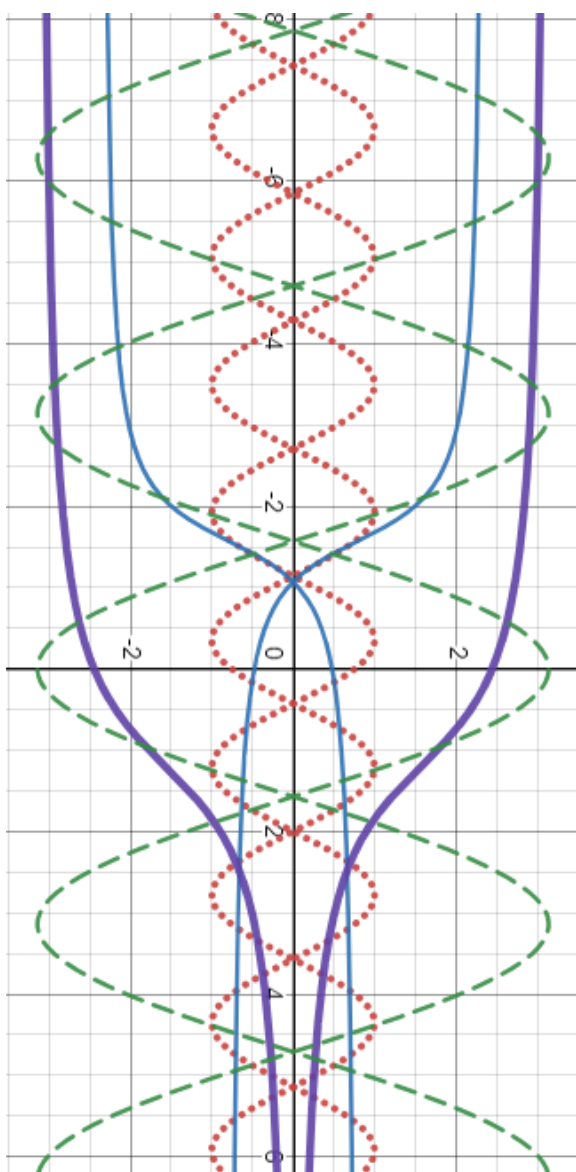


Рис.2.26. Емблема

Складові функції створеної емблеми подано на рисунку 2.27.









1		$y = \left  \sin\left(\left  (2x - 4) \right  \right) \right $	5		$y = \cot^{-1}(x - 1.2)$
2		$y = -\left  \sin\left(\left  (2x - 4) \right  \right) \right $	6		$y = -\cot^{-1}(x - 1.2)$
3		$y = \tan^{-1}(\pi + 2x) - \frac{\pi}{4}$	7		$y = \pi \left  \cos(\pi + x) \right $
4		$y = -\tan^{-1}(\pi + 2x) + \frac{\pi}{4}$	8		$y = -\pi \left  \cos(\pi + x) \right $

Рис.2.27. Функції

Емблема являє собою фужер. Знання є нескінченними і з кожним класом учні все більше наповнюються ними. Є те, що являється стержнем, що залишається з людиною на все життя.

Або можна запропонувати завдання: створити символ, який буде містити основні поняття, пов'язані із темою функції, за допомогою, наприклад, WordArt (рис. 2.28).



Рис.2.28. WordArt

Результатами виконання різних проєктів, практикумів (розробок та досліджень) можуть бути підготовлені виступи на конференції, написані тези, участь в конкурсах наукових робіт МАН.

Сучасна молодь намагається одразу отримати результат своєї діяльності. І саме STEM-освіта є чудовою можливістю задовольнити дану потребу здобувачів освіти.

Науку неможливо зрозуміти без технології, які пов'язані з більшістю її досліджень та розвитком технології, що неможливо зробити без розуміння мистецтва та математики, а вивчення техніки та технології неможливе без вивчення природничих наук [46].

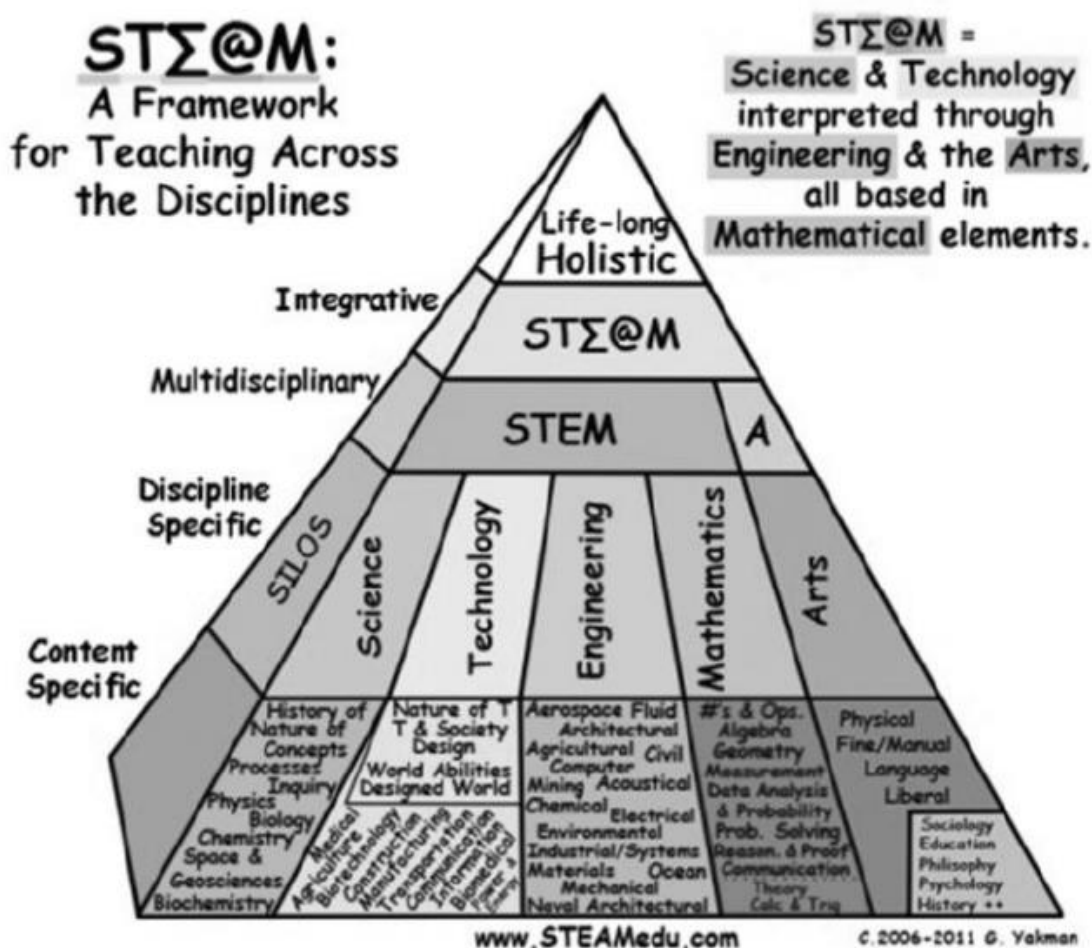


Рис. 2.29. Модель «Піраміда STEAM-орієнтованого освітнього середовища»

Жоржетти Якман

Дотримуючись у викладанні даної моделі, можна досягти високих результатів у якісній підготовці учнів.

## ВИСНОВКИ

Відповідно до мети та поставлених завдань у ході дослідження отримано такі **результати**: проаналізовано наукову літературу з теми дослідження; розглянуто різні трактування поняття STEM-освіти; з'ясовано стан впровадження STEM-освіти у школах України; розглянуті аспекти, які впливають на готовність учасників навчального процесу до впровадження STEM-освіти; розглянуто методичні вимоги до використання STEM-освіти; виділено складові елементи школи STEM; визначено місце та роль змістової лінії «Функція» у профільній школі; розроблено методичні рекомендації щодо використання елементів STEM-освіти під час вивчення змістової лінії «Функція»: проекти, уроки-практикуми, хакатони.

Результати проведеного дослідження дають підстави для таких **висновків**:

1. STEM-освіта є невід'ємною частиною концепції Нової української школи, оскільки фокусується не лише на освіті, а й на компетентності, яких набувають учасники освітнього процесу.
2. STEAM-освіта охоплює природничі науки (Science), технології (Technology), технічну творчість (Engineering), мистецтво (Art) та математику (Mathematics). STREAM: Science, Technology, Reading+Writing, Engineering, Arts, and Mathematics – природничі науки, технологія, читання + письмо, технічна творчість, мистецтво, математика. STEM-освіта – це сукупність практико-орієнтованих педагогічних методів, спрямованих на заохочення учнів робити вибір на основі результатів навчання в закладах загальної середньої, позашкільної професійно-технічної освіти у сфері науки та NBICS-технологій.
3. STEM наголошує на співпраці, спілкуванні, дослідницькій діяльності, розв'язанні проблем, критичному мисленні та креативності – навичках, необхідних учням, щоб бути успішними в сучасному світі, незалежно від конкретних інтересів чи кар'єрних цілей.



4. Шляхами викладання та навчання в рамках STEM-освіти є: активне створення системи знань; співпраця в інклюзії; групове навчання; навчання як досвід; експериментування в дослідженні; STEM-орієнтований навчальний проєкт; самостійне навчання; рефлексивне навчання; навчання з використанням ІКТ; ігри; різне оформлення результатів навчання, дидактичного матеріалу.
5. Виконання STEM-проєктів сприяють розвитку в здобувачів освіти критичного, аналітичного, творчого мислення, формуванню організаційних та комунікативних навичок, вмінь бачити взаємозв'язки між явищами (отже, виконанню завдань Концепції).
6. Під час STEAM-уроків вчителю важливо зосередитися на практичному завданні чи проблемі, яку потрібно вирішити. Вчитель під час вирішення поставленої проблеми поступово надає учням новий матеріал, який одразу має практичне застосування.
7. Практикум STEAM можна розглядати як поєднання навчального проєкту та лабораторного заняття, тому його можна проводити як у рамках вивчення окремих тем, так і в кінці навчального року.
8. Хакатон – інноваційна форма організації навчального процесу, яка сприяє пошуку інноваційних методів роботи, активізує ефективну взаємодію між здобувачами освіти, дозволяє розширити коло партнерських зобов'язань у реалізації поставлених проєктів. На відміну від проєктів – ми не знаємо кінцевого результату діяльності учнів.

STEAM-освіта набуває широкого застосування у сучасній системі освіти та сприяє розвитку талановитої молоді.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балик Н. Р., Шмигер Г. П. Підходи та особливості сучасної STEM-освіти. *Фізико-математична освіта*. 2017. Вип. 2 (12). С. 26 – 30.
2. Барабошко С. А., Никитюк В. М. STEAM-практикум як вид інноваційної діяльності. *STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти, досвід впровадження, перспективи розвитку: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції* (21 квітня 2021 р., м. Луцьк) / укладачі: Н. А. Поліщук, В. В. Камінська. Луцьк: Волинський ІППО, 2021. С.67 – 74.
3. Бевз Г.П., Бевз В.Г. Алгебра і початки аналізу та геометрія. Рівень стандарту : підруч. для 11-го кл. закл. заг. серед. освіти. Київ: Видавничий дім «Освіта», 2019. 272 с.
4. Бирка М. Ф. STEM-освіта як сучасна інновація : метод. посіб. Ін-т післядиплом. пед. освіти Чернівецької обл. Чернівці : [б. в.], 2019. 27 с.
5. Бондаренко Н. Створення домашніх STEM-лабораторій для проведення експериментальних досліджень в умовах дистанційного навчання під час карантину. *Збірник матеріалів «STEM-тиждень — 2020»* / укладачі: Василяшко І. П., Патрикєєва О. О., Булавська Л. Г. К.: Видавничий дім «Освіта», 2020. С. 320 – 321.
6. Ботузова Ю.В. Особливості використання STEM-технологій в навчанні математики. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Випуск 11. Частина 1. Кропивницький: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. 2017. С. 3 – 8.
7. Василяшко І. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах освіти. *Збірник матеріалів «STEM-школа – 2021»* / уклад.: Н. І. Гущина, І. П. Василяшко, О. О. Патрикєєва, О. В. Коршунова, Л. Г. Булавська. К. : Видавничий дім «Освіта», 2021. С. 55 – 57
8. Васильченко Л. STEM-освіта як важлива умова підвищення якості сучасної природничо-математичної освіти. *Нова педагогічна думка*. 2019. №3. С. 55 – 57. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npd\\_2019\\_3\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npd_2019_3_16) (дата звернення: 15.02.2023).

9. Гах О. С., Шостак Л. В. Проекти як засіб реалізації STEM-освіти. *STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти, досвід впровадження, перспективи розвитку: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції* (21 квітня 2021 р., м. Луцьк) / укладачі: Н. А. Поліщук, В. В. Камінська. Луцьк: Волинський ІІПО, 2021. С. 78 – 82

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

11. Грובהва Ю. STEM-практикум під час вивчення тригонометричних функцій. *Матеріали X-ї Міжнародної науково-практичної конференції “Актуальні проблеми сучасної науки”* / За редакцією Олега Кузика, Ігоря Столярчука. Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені Івана Франка. 2023. С.149-151

12. Дослідженні PISA. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/prozatverdzhennya-planu-zahodiv-sh-a131r?fbclid=IwAR0wAdPwkgIGHfqBvwQphNLBys7zn8hvAfHLgXh6g-kZIynYXJuwTluUc1w>. (дата звернення: 20.10.2022).

13. Дриганець С. Розробка уроку математики з використанням елементів STEM-освіти «Логарифмічна функція». *Використання елементів STEM-освіти на уроках математики. Збірник матеріалів роботи творчої групи викладачів математики*. Рівне: НМЦ ПТО, 2019. С.72 – 92.

14. Жадько Ю. В. Концепція Maker Space та BYOD як інструменти реалізації STEM-освіти. *Позашкільна освіта: стратегія, перспективи розвитку, сучасні практики: матеріали ІІ Обл. наук.-практ. інтернет-конф.* С. 3–6. URL: [https://ocpo.sumy.ua/files/Novini/2019/03/internet-konferencija/Sekcija\\_2.pdf](https://ocpo.sumy.ua/files/Novini/2019/03/internet-konferencija/Sekcija_2.pdf) (дата звернення: 22.10.2022).

15. Затверджено план заходів щодо популяризації природничих наук та математики до 2025 року. *Міністерство освіти і науки України : офіц. веб-сайт*. Київ, 2021. URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/zatverdzheno-plan-zahodiv->

[shodo-populyarizaciyi-prirodnichih-nauk-ta-matematiki-do-2025-roku-rozporядzhennya-uryadu](#) (дата звернення: 01.11.2022).

16. Змерзла О. Що таке Хакатон: для чого він потрібен та як його організувати. URL: <https://highload.today/uk/shho-take-hakaton-dlya-chogo-vin-potriben-ta-yak-jogo-organizuvati>

17. Зоря Ю. М. STEM-освіта – перспективна форма інноваційної освіти. *Педагогічний вісник*. 2018. № 3. С. 18 – 20.

18. Істер О. С. Математика: (алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) : підруч. для 11-го кл. закл. заг. серед. освіти. Київ: Генеза, 2019. 304 с.

19. Істер О.С., Єргіна О. Алгебра і початки аналізу (профільний рівень) : підруч. для 11-го кл. закл. заг. серед. освіти. Київ: Генеза, 2019. 416 с.

20. Кондрацька С. Міжпредметна інтеграція як особлива форма наскрізного STEM-навчання. *Педагогічний вісник Поділля*. 2021. № 1. С. 14 – 15.  
URL: [https://drive.google.com/file/d/1hy43sn3ORyp4-M5ggL6b7438zR\\_N0jO/view](https://drive.google.com/file/d/1hy43sn3ORyp4-M5ggL6b7438zR_N0jO/view) (дата звернення: 13.11.2022).

21. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) (№960-р). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#n8> (дата звернення: 20.09.2022).

22. Кузьменко О. С. Сутність та напрямки розвитку STEM-освіти. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Вип. 9 (III). Київ: НПУ, 2016. С. 188 – 190. URL: [https://www.cuspu.edu.ua/images/download-files/naukovi-zapysky/maket\\_9\\_III\\_1.pdf](https://www.cuspu.edu.ua/images/download-files/naukovi-zapysky/maket_9_III_1.pdf) (дата звернення: 15.11.2022).

23. Мазнева В. Упровадження елементів STEM-освіти в навчання математики та фізики в школі. *Освіта на Луганщині*. 2019. № 1. С. 64 – 68.

24. Мартинюк О.С. Інноваційні напрямки STEM-технологій у системі формування науково орієнтованої освіти. *Неперервна освіта в модусах минулого, теперішнього, майбутнього* : матеріали Всеукр. наук.- практич. конф.

з міжнарод. участю (Луцьк, 24-26 травня 2018 р.) / уклад. В. О. Савош. Луцьк : Вежа-Друк, 2018. С. 112-114.

25. Марченко О. Реалізація STEAM-підходу до формування креативної компетенції здобувачів освіти у процесі вивчення математики. *Збірник матеріалів «STEM-школа – 2021»* / уклад.: Н. І. Гущина, І. П. Василяшко, О. О. Патрикєєва, О. В. Коршунова, Л. Г. Булавська. К.: Видавничий дім «Освіта», 2021. С. 19 – 27.

26. Мейкерський рух. URL: <http://makerhub.org/the-maker-movement/>, (дата звернення: 22.10.2022).

27. Мерзляк А. Г., Номіровський Д.А., Полонський В.В. Математика: алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту: підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти. Х.: Гімназія, 2019. 295 с.

28. Мерзляк А.Г., Номіровський Д.А., Полонський В.В. Алгебра і початки аналізу: проф. рівень: підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти. Х.: Гімназія, 2019. 352 с.

29. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 навчальний рік. URL: [https://osvita.ua/legislation/Ser\\_osv/56880/](https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/56880/).

30. 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.

31. 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. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/pedp\\_2019\\_4\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/pedp_2019_4_14) (дата звернення: 13.12.2022).

32. Неймовірні спіралі. URL: [https://gannamath.blogspot.com/2020/07/blog-post\\_61.html](https://gannamath.blogspot.com/2020/07/blog-post_61.html)

33. Ничипорук О. Обладнання для STEAM-, STEM-навчання. *Збірник матеріалів «STEM-тиждень — 2020»* / укладачі: Василяшко І. П., Патрикєєва О. О., Булавська Л.Г. К.: Видавничий дім «Освіта», 2020. С.27 – 30.

34. Патрикеева О. О., Горбенко С. Л., Лозова О. В., Василяшко І. П. Організація STEM-навчання у закладах освіти. *Проблеми освіти: зб. наук. пр.* (ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти»). Вінниця: ТВОРИ, 2019. Вип. 91. С. 109 – 115.

35. Пікалова В. В. GeoGebra як інструмент упровадження STEM орієнтованих досліджень у практику підготовки майбутнього вчителя математики. *Науковий часопис. Нац. пед. ун-т імені М. П. Драгоманова. Сер. 2*, Вип. 22(29), 2020. С. 134 – 139.

36. Пікалова В.В. Використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти у процесі підготовки майбутніх учителів математики: дис. ... канд. пед. наук : 13.00.10. Кривий Ріг. 2021. 266 с.

37. План заходів щодо впровадження STEAM-освіти в Україні на 2016 - 2018 роки. URL: <https://imzo.gov.ua/2016/11/10/plan-zahodiv-shhodo-vprovadzhennya-steam-osviti-v-ukrayini-na-2016-2018-roki/?print=pdf> (дата звернення: 20.10.2022).

38. Побудова логарифмічної спіралі URL: [https://gannamath.blogspot.com/2020/07/blog-post\\_61.html](https://gannamath.blogspot.com/2020/07/blog-post_61.html) (дата звернення: 17.02.2023).

39. Постова К. Передумови та перспективи STEM-освіти в Україні. *Наукові записки Малої академії наук України. Серія: Педагогічні науки* : зб. наук. пр. / НАН України, Нац. центр «Мала акад. наук України». Київ, 2017. Вип. 10. С. 75 – 82. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/snjasu\\_2017\\_10\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/snjasu_2017_10_11) (дата звернення: 25.10.2022).

40. Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 13 січ. 2021 р. № 131-р. *Законодавство України. Верхов. Рада України*. Київ. 2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/131-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 20.10.2022).

41. Рекомендації щодо впровадження навчання у закладах фахової передвищої та вищої освіти. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/rekomendacij-shodo-vprovadzhennya-zmishanogo-navchannya-u-zakladah-fahovoyi-peredvishoyi-ta-vishoyi-osviti> (дата звернення: 20.10.2022).

42. Романов О. Звукові хвилі. Швидкість поширення звуку. *Збірник матеріалів «STEM-школа – 2021»* / уклад.: Н. І. Гущина, І. П. Василяшко, О. О. Патрикєєва, О. В. Коршунова, Л. Г. Булавська. К.: Видавничий дім «Освіта», 2021. С. 104 – 116.

43. Рубльова Н. О. Мейкерство як один із перспективних напрямів розвитку STEM-освіти. *STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти, досвід впровадження, перспективи розвитку: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції* (21 квітня 2021 р., м. Луцьк) / укладачі: Н. А. Поліщук, В. В. Камінська. Луцьк: Волинський ІППО, 2021. С. 164-175.

44. Сагайдак Т. Хакатони як інструмент проектної діяльності. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=YfstcNFS0ug>

45. Соколенко Л.О., Швець В.О. Прикладні задачі, призначені для вивчення логарифмічної функції в курсі алгебри і початків аналізу. URL: [http://erpub.chnpu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/245/1/Sokolenko%20L.%2C%20Shwets%20V.\\_Applied%20sums%20assigned%20for%20the%20learning.pdf](http://erpub.chnpu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/245/1/Sokolenko%20L.%2C%20Shwets%20V._Applied%20sums%20assigned%20for%20the%20learning.pdf) (дата звернення: 20.01.2023).

46. Сороко Н.В. Модель STEAM-орієнтованого освітнього середовища для розвитку інформаційно-цифрової компетентності вчителя закладу загальної освіти. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Педагогіка. Соціальна робота»*. №2(47). 2020. URL: <http://visnyk-ped.uzhnu.edu.ua/article/view/218402>

47. Сороко Н.В. Педагогічні моделі STEAM-орієнтованого освітнього середовища для розвитку інформаційно-цифрової компетентності вчителя основної школи. *Фізико-математична освіта*. Випуск 2(24). 2020. С.142-150.

48. Сохань Н. Розробка інтегрованих уроків засобами використання сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в умовах

дистанційного навчання. *Збірник матеріалів «STEM-тиждень — 2020»* / укладачі: Василяшко І. П., Патрикєєва О. О., Булавська Л.Г. К.: Видавничий дім «Освіта», 2020. С. 248 – 255.

49. Типова освітня програма закладів середньої освіти II ступеня, затверджена МОН від 20.04.2018 №405. URL: <https://mon.gov.ua/ua/npa/prozatverdzhennya-tipovoyi-osvitnoyi-programi-zakladiv-zagalnoyi-serednoyi-osviti-ii-stupenya> (дата звернення: 20.12.2022).

50. Типова освітня програма закладів середньої освіти III ступеня, затверджена МОН від 20.04.2018 №408 (у редакції наказу МОН від 28.11.2019 №1493 зі змінами, внесеними наказом МОН від 31.03.2020 №464). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0408729-18#n14> (дата звернення: 20.12.2022).

51. Чепурненко О. Використання елементів STEM-освіти під час проведення уроку-практикуму. *Збірник матеріалів «STEM-школа – 2021»* / уклад.: Н. І. Гущина, І. П. Василяшко, О. О. Патрикєєва, О. В. Коршунова, Л. Г. Булавська. К. : Видавничий дім «Освіта», 2021. С. 123 – 132.

52. Що таке хакатони і навіщо їх організовують. URL: <https://osvitanova.com.ua/posts/750-shcho-take-khakatony-i-navishcho-ikh-orhanizovuiut>

53. Що таке хакатони і чому їх варто використовувати під час освітнього процесу. URL: <https://vseosvita.ua/news/shcho-take-khakatony-i-chomu-ikh-varto-vykorystovuvaty-pid-chas-osvitnoho-protsesu-47256.html>

54. Яценко Т. Упровадження елементів STEM-освіти в умовах дистанційного навчання. *Збірник матеріалів «STEM-школа – 2021»* / уклад.: Н. І. Гущина, І. П. Василяшко, О. О. Патрикєєва, О. В. Коршунова, Л. Г. Булавська. К.: Видавничий дім «Освіта», 2021. С.132-140.

55. Explore The 8 Elements Of Stem Schools. URL: <https://outlier.uchicago.edu/s3/findings/elements/>



56. How Schools Are Improving STEM Education for Girls, Students of Color. URL: <https://www.usnews.com/education/k12/articles/how-schools-are-improving-stem-education-for-girls-students-of-color>

57. STEM-освіта. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita>

58. STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти, досвід впровадження, перспективи розвитку: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції (21 квітня 2021 р., м. Луцьк) / укладачі: Н. А. Поліщук, В. В. Камінська. Луцьк: Волинський ІІПО, 2021. 208 с.

59. PhET. Інтерактивні симулятори. URL: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/fourier-making-waves>