

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ**

Кафедра експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій

На правах рукопису

НАЛЕПА АННА ОЛЕКСАНДРІВНА

**ВИКОРИСТАННЯ STEM – ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ПРЕДМЕТІВ
ПРИРОДНИЧОЇ ОСВІТНОЇ ГАЛУЗІ**

Спеціальність: 014 «Середня освіта(Фізика)»

Освітня програма «Фізика»

Робота на здобуття освітнього ступеня: «магістр»

Науковий керівник:

ГОЛОВІНА НІНА АНАТОЛІЇВНА,

кандидат фізико-математичних наук,

доцент кафедри експериментальної фізики,

інформаційних та освітніх технологій

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № _____

засідання кафедри _____

від _____ 202__р.

Завідувач кафедри

(_____) _____

ЛУЦЬК – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ STEM – освіти в НУШ	7
1.1. Нова українська школа і STEM – освіта	7
1.2. Співвідношення методів навчання	8
1.3. Аналіз модельної навчальної програми «STEM 5-6 класи (міжгалузевий інтегрований курс)»	12
1.4. Аналіз модельних програм. Фізика 7 клас НУШ (пілотний) та 7 клас 2024 – 2025 н. р.	15
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	19
РОЗДІЛ 2. ПСИХОЛОГО – ПЕДАГОГІЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ STEM – ТЕХНОЛОГІЙ	20
2.1. Освітні технології та стилі навчання	20
2.2. Інклюзивне навчання в сучасних навчальних закладах	25
2.3. Невстигаючі учні у навчальній діяльності	27
2.4. Підготовка здобувачів освіти до національного мультипредметного тесту	30
2.5. Розвиток критичного мислення та навичок дослідницької діяльності здобувачів освіти через впровадження STEM – технологій	31
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	37
РОЗДІЛ 3. STEM – лабораторія в навчальному закладі	38
3.1. STEM – проєкти в 5-6 класах	38
3.1.1. Проєкт «Школа моєї мрії»	38
3.1.2. Майстер – клас «Послідовність Фібоначчі. Золотий переріз»	40
3.2. Дослідження та моделювання в 7-8 класах	50
3.2.1. Моделювання у механіці	50
3.2.2. Проєкти на тему «Дослідження космосу»	50
3.2.3. Проєкти – моделі на тему «Прості механізми»	54

3.2.4. Постер як вид презентацій досліджень	56
3.3. Практична діяльність учнів 9 – 11 класів	57
3.3.1. Моделі для демонстрацій та досліджень фізичних явищ	57
3.3.2. Вчимося разом, щоб знати більше	58
3.3.3. Енергія Гіббса та корисно виконана робота біосистемою	60
3.3.4. Дослідження ефективності використання енергетичної верби	64
3.3.5. Експериментальне завдання на визначення межі міцності стебел злакових культур	68
3.3.6. Вивчення залежності доцентрової сили від параметрів тіла та його руху	73
3.3.7. Розв'язування турнірних задач	77
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	93
ВИСНОВКИ	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	96

ВСТУП

У сучасному суспільстві важливо, щоб випускники навчальних закладів вміло застосовували свої уміння та знання на практиці. Згідно навчальних програм, затверджених МОН України, виділяють одну з ключових стратегій при вивченні природничих дисциплін – це вивчення фізичних законів, явищ, їх спостереження та чітке наукове обґрунтування.

Фізика є фундаментальною наукою, що вивчає найбільш загальні закони природи, рух і структуру матерії, а результати та досягнення цієї науки лежать в основі сучасної картини світу і водночас визначають рівень сучасного науково-технічного розвитку техніки та технологій. [1]

Інтерес до пізнання навколишнього середовища, уміння створювати механізми власноруч, проводити експерименти, виступає своєрідним епіцентром розвитку здобувачів освіти, їх пізнавальної самостійної діяльності.

Основними напрямками формування пізнавальних інтересів учнів у процесі вивчення предметів природничої освітньої галузі є: організація проведення експериментальних досліджень, спостережень, уміння розв'язувати турнірні задачі, критично мислити, творчо підходити до виконання поставлених завдань. Усе це формує успішного школяра.

Для забезпечення вирішення важливих питань, пов'язаних із цілями сталого розвитку особистості, необхідно в навчальних закладах використовувати елементи STEM – освіти, враховувати особливості кожного учасника навчального процесу, а саме його уміння сприймати та використовувати отриману інформацію на практиці.

У даній роботі увага звертається на розвиток критичного мислення у здобувачів освіти, уміння їх застосовувати отриманні знання на практиці, розглянуто вектори розвитку творчого потенціалу.

STEM – освіта на сучасному етапі дозволяє використовувати інноваційні технології, різні методи та стилі навчання, які забезпечують особистий розвиток здобувачів освіти, що є **актуальним**.

Метою роботи є розгляд можливостей залучення здобувачів освіти до вивчення предметів природничої освітньої галузі за допомогою STEM – технологій.

Для реалізації цього були поставлені відповідні **завдання**:

- здійснити бібліографічний пошук літератури по даній темі;
- розглянути важливість переходу навчальних програм на платформу STEM – освіти;
- розглянути співвідношення методів навчання здобувачів освіти;
- здійснити аналіз модельної навчальної програми «STEM 5-6 класи (міжгалузевий інтегрований курс)»;
- проаналізувати модельну програму: «Фізика 7 клас НУШ (пілотний) та 7 клас 2024 – 2025 н. р.»;
- здійснити аналіз стилів навчання здобувачів освіти;
- розглянути особливості інклюзивного навчання, роботу з невстигаючими учнями;
- виокремити етапи формування критичного мислення здобувачів освіти та навичок їх дослідницької діяльності;
- показати важливість використання STEM – технологій для індивідуального розвитку здобувачів освіти.

Об’єкт дослідження: науково-дослідницька діяльність здобувачів освіти 5 – 11 класів при вивченні предметів природничої галузі.

Предмет дослідження: створення STEM –проектів здобувачами освіти 5 - 11 класів.

Новизна роботи:

- розглянуто впровадження модельної навчальної програми «STEM 5-6 класи (міжгалузевий інтегрований курс)»;
- створення моделей досліджень здобувачами освіти.

Практичне значення. Матеріал роботи може бути використаний при проведенні інтегрованих уроків. Дана робота розкриває шляхи саморозвитку здобувачів освіти з використанням STEM – технологій.

Показано співвідношення методів та стилів навчання, важливість впровадження інклюзивного навчання, психологічна підготовка здобувачів освіти до складання національного мультипредметного тесту.

Робота пройшла **апробацію** під час викладання предмету фізика та астрономія, міжгалузевого інтегрованого курсу STEM (5-6 класи) в Луцькому ліцею №21 імені Михайла Кравчука, під час участі у Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми фундаментальних наук», Всеукраїнських науково-практичних конференцій: «Фізика і хімія твердого тіла: стан, досягнення і перспективи», «Реалізація міжпредметних зв'язків при вивченні природничо-математичних дисциплін», «Вектори розвитку та результати досягнень в сучасному освітньому просторі», «Моделювання в освітньому процесі», «Методологічні та методичні аспекти навчання в освітньому процесі НУШ», міських семінарах вчителів фізики та астрономії: "STEM-орієнтоване освітнє середовище" ("Використання біоніки в дизайні"), "Формування критичного мислення та навичок дослідницької діяльності у процесі впровадження STEM-технологій та презентації проєктів на наукових пікніках", майстер-класах обласного, міського та шкільного рівнів.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ STEM – освіти в НУШ

1.1. Нова українська школа і STEM – освіта

Нова українська школа – один з ключових державних проєктів реформи освіти. В основі якого є впровадження нових технологій в навчальних закладах з метою підготовки дітей до особливостей сучасного життя, в якому необхідно проявляти не лише ґрунтовні знання з певних дисциплін, а й уміння творчо та критично мислити. Тому програма НУШ побудована на таких компонентах: [2]

- дизайні – це стосується класів та шкільного простору, який повинен бути простим та зрозумілим для учнів. У новому просторі здобувачі освіти повинні почувати себе комфортно та безпечно;
- технології та матеріальному забезпеченні – класи забезпечені комп'ютерною технікою, відповідними дошками; учні самостійно формують цікавий контент, уміло користуються девайсами;
- контенті та методиці – впровадження STEM – освіти та інтерактивного контенту, що дозволить розвивати критичне мислення учнів;
- менеджменті – який забезпечить контролювати великий спектр різних процесів та справлятися з усіма завданнями, які поставлені перед навчальними закладами.

Перехід навчання в школах на нові платформи із впровадженням STEM – освіти допоможе учням у виборі професії в майбутньому, вмілому застосуванні своїх знань на практиці. Отже, що ж таке STEM – освіта? STEM – освіта – спеціалізований освітній напрямок, головний акцент у якому зроблено на вивченні точних та природничих наук, із додаванням потужного інноваційного та технологічного компонентів. Тобто на даному етапі це найкраще освітнє рішення для сучасних фахівців у галузі техніки та технологій. [3]

Нова українська школа (НУШ) і STEM – освіта спрямовані на здобуття учнями відповідних знань та одержання ними компетенцій. Виділимо компетенції НУШ та цілі STEM, які є основами сучасного навчання:

- формування логічного та математичного мислення;
- розуміння природних явищ, уміння їх моделювати, аналізувати за допомогою математичного апарату;
- грамотно використовувати інформаційно-комунікаційні технології у своїх дослідженнях;
- уміння креативно мислити та проявляти творчі здібності .

Використання STEM – освіти в навчанні дозволить одночасно поєднувати різні сфери навчальних дисциплін для створення кінцевого продукту, що в майбутньому для здобувачів освіти допоможе легко адаптуватися до новітніх технологій.

1.2. Співвідношення методів навчання

Процес навчання – складне соціальне явище. Воно характеризується певними властивостями, має свою структуру, що обумовлена специфікою внутрішнього зв'язку елементів та зв'язку із зовнішнім середовищем.

Дидактика має своїм об'єктом дослідження не все навчання, а навчальну діяльність, яка виражає відношення між викладанням та вивченням. Розвиток діяльності може йти перш за все шляхом диференціації та одночасної її інтеграції. А це можливо лише при хорошому розвитку кожної складової.

Важливо виокремити основні сторони процесу навчання, розглянути їх специфіку, проаналізувати поняття «метод навчання».

Будемо характеризувати метод як певну послідовність дій, яка виражена у спеціальній діяльності. Вона матиме направленість та зміст, послідовність у відповідності зі структурою предмета. Лише у цьому випадку можна досягти вагомих результатів у пізнанні та на практиці.

Аналіз визначень методу навчання, які є в літературі, показує, що всі вони так чи інакше у якості основної характеристики методу називають відповідність виду діяльності меті навчання [4]. Це, мабуть, не випадково, оскільки будь-яка діяльність завжди мотивована, чи має бути такою. А тому і є ціленаправленою. Людина при цьому є завжди активна. Отже, і в самій діяльності, і в методі можна

виділити об'єктивну та суб'єктивну сторони. По відношенню до учителя, об'єктивну сторону процесу навчання складають: цілі навчання (вони задаються суспільством), здатність до навчання та рівень знань учня, специфіка предмету, умови, у яких відбувається процес навчання.

З іншої сторони, діяльність навчання є засобом перетворення природних якостей людини (здатність до навчання) в соціально значимі якості особистості (навченість). Сама ж діяльність завжди має змістовну, мотиваційну та операційну сторони. Тому до суб'єктивної, у відношенні до вчителя, сторони процесу навчання слід віднести: спосіб розгортання навчального матеріалу (знання та вміння повинні бути засвоєні учнем), розгортання мотивів навчання (тільки тоді навчання для учня стане діяльністю), розгортання діяльності і вчителя, і учня.

Ми не випадково виділяємо розгортання мотивів, умовно відділяючи мотив від діяльності [5]. Людина засвоює досвід людства у формі засвоєння нею знань. Але, сприймаючи об'єкт, сприймає його як реальність, а не як його значення. Психологічним фактом стає те, що я засвоюю знання; те наскільки засвоюю та те, чим ці знання стають для мене. Це залежить від того, який зміст має для мене це знання. Зміст породжується діяльністю та життям суб'єкта. Зміст одного і того ж явища для нього може змінюватися. Змінюється разом із зміною мотиву діяльності, хоча об'єктивний зміст діяльності може і не змінюватися. Отже:

- Процес навчання – це і є процес засвоєння учнями знань. Необхідно організувати навчальний матеріал та взаємодію учня з ним так, щоб він вичерпав всю систему знань, що є у цьому матеріалі.
- Розвиток змісту є продуктом розвитку мотивації діяльності та визначається розвитком реального відношення людини до оточуючого світу (учня – до колективу вчителів та учнів, до батьків, до предмету).
- Смысл є тим, що робить пізнавальні процеси цілеспрямованими, а також надає мисленню психологічно змістовний характер. У відношенні смислу та змісту проявляється єдність навчання та виховання, мотив діяльності

навчання, що направляє до визначеного результату, а кожна дія – до безпосередньої мети.

Таким чином, розуміння (ступінь адекватності відображення учнем об'єктивних значень) визначається відношенням учня до знань (воно оформляється у мотивацію), відношення, у свою чергу, визначає смисл (відношення мотивації до мети діяльності). І якщо предметний зміст дій учня відповідає смислу, то він здійснює діяльність (вчиться), якщо ні – то просто реалізуються якісь дії, що мають мету, але не мають смислу для учня. Отже, те, що є значимим повинно отримати смисл для учня – одне із завдань процесу навчання. Мотивація – це те об'єктивне, у чому потреба знаходить себе в даних умовах. Сама ж потреба народжується у результаті дії суб'єкта. Це дає змогу вимагати таку організацію навчального матеріалу, при якій кожне нове знання учня стає сходинкою (засобом, методом) для послідовного сходження до конкретного та припустити, що цей момент, саме момент переходу щойно отриманих знань у засіб отримання нових знань і є для учня джерелом народження мотивації діяльності, роблячи її предметною та направленою на визначений результат.

Таким чином, коміркою навчальної діяльності, що підлягає аналізу з позиції методів і викладання, і навчання, повинен стати саме цей момент, переходу нових знань (умінь та навиків) у метод. Має зміст говорити не просто про методи навчання, а про співвідношення методів у навчанні. Саме тут перетинаються і особливості матеріалу, і діяльність учня та учителя.

У літературі з теорії пізнання метод пізнання розуміють у трьох смислах:

- як окрема дія, спосіб (структура) пізнавальної діяльності;
- як правило (припис) пізнавальної діяльності;
- як теорія, закони, які використовуються для вибору правильного способу та для формулювання відповідних правил дії.

У положенні учня-дослідника методи навчання визначаються навчальним матеріалом. Його методи «ковзання» матеріалом визначаються рівнем навченості: він може виконувати шаблонні дії (за аналогією), за вибраним

правилом, використати отримане раніше, у якості правила для засвоєння нового [3]. Завдання полягає в тому, щоб визначити умови перетворення знань (понять, системи понять) у смисл методу. Визначити форми, типи, рівні цих переходів, виявити ланцюги переходів, оскільки вони, очевидно і лежать в основі ієрархічної організації всієї системи мотивацій, в розгортанні та у розвитку мотивацій учнів. Це один із шляхів подолання протиріч між навчальними завданнями і існуючим рівнем розвитку мотивацій діяльності – внутрішній шлях, що визначається структурою матеріалу.

Отже, при розгляді питання про методи навчання є необхідний аналіз складного зв'язку об'єктивних сторін, суб'єктивних сторін процесу навчання, а також між об'єктивними та суб'єктивними сторонами процесу навчання як діяльності. Ці зв'язки, тобто сам процес навчання, геометрично можна уявити вигляді просторової моделі чотирикутної піраміди. Її основа відповідає об'єктивній стороні (4 сторони – мета, умови навчання, специфіка предмету та особливості учня), а ребра – суб'єктивній стороні (розгортання матеріалу, діяльність учителя, мотивація та діяльність учня).

Виходячи з цього сформулюємо ряд висновків:

- педагогу необхідно визначити спосіб розгортання матеріалу у відповідності з об'єктивною основою;
- спосіб розгортання навчального матеріалу уже певним чином передбачає способи діяльності учителя та учня;
- розгортання матеріалу узгоджується не тільки з об'єктивною стороною, але і з необхідністю мати розгорнутий ланцюг мотивації – смислів діяльності учня;
- методи навчання не є просто результатом взаємодії діяльності учителя та учня. Швидше вони визначаються способом розгортання навчального матеріалу, що визначає вибір методів навчання та викладання;

- враховуючи складність зв'язку об'єктивних та суб'єктивних компонентів навчального процесу, доцільним є вести дослідження позицій визначення їх співвідношення у навчанні.

Доцільно підпорядкувати способи розгортання навчального матеріалу відомим у теорії пізнання способам від загального до конкретного.

У питаннях розгортання навчального матеріалу ми використовуємо ідею блочної структури систем понять та визначаємо шляхи сходження від загального до конкретного через їх «вростання». Це дозволяє представити рух учня в системі знань як ланцюг послідовних переходів із зони актуального розвитку у зону найближчого розвитку. [6]

1.3. Аналіз модельної навчальної програми «STEM 5-6 класи (міжгалузевий інтегрований курс)»

Важливим на сучасному етапі навчання учнів є те, що поставленні завдання учні вирішують шляхом проведення експериментів, аналізу їх результатів та формулювання відповідних висновків. Тобто в центрі стоїть практичне завдання чи проблема, яку учні розв'язують, використовуючи знання з інших дисциплін. Вирішення певних практичних завдань допомагає учням проявляти свої творчі, інженерні здібності.

Основною метою впровадження міжгалузевого інтегрованого курсу «STEM» у школах є орієнтація учнів щодо визначення майбутньої професії, розвитку творчого та критичного мислення, пропедевтика природничої, математичної, інформатичної та технологічної освітніх галузей. [3]

Завдання даного курсу є:

- Формування відповідних компетентностей, визначених Концепцією розвитку природничо – математичної освіти (STEM – освіти): когнітивних навичок, наукової грамотності; уміння аналізувати та систематизувати отриману під час роботи інформацію; науково-дослідницьких навичок; інженерного мислення; алгоритмічного мислення та цифрової грамотності; технологічних навичок та креативного (інноваційного) вирішення поставлених завдань.

- Формування фундаментального уявлення про природу, науку та техніку.
- Формування у здобувачів освіти мотивації до предметів природничо-математичного циклу.
- Формування критичного та технічного мислення в учнів.
- Формування інженерного мислення.
- Формування науково-дослідницьких навичок через проектну діяльність.
- Формування в учнів відповідальності, вміння відстоювати продукти своєї науково-дослідницької діяльності.

Впровадження даної програми у шкільний курс дозволить формувати у здобувачів освіти наукове мислення, отримувати досвід при розв'язанні проблем природничого змісту, навички індивідуальної та колективної роботи при вирішенні поставлених завдань. Даний курс допоможе розкрити творчий та інженерний потенціал учнів, навчить їх створювати продукт за відповідними алгоритмами науково-дослідницької чи проектно-технологічної діяльності. Реалізація програми відбувається за допомогою проектної діяльності.

Розглянемо структуру Міждисциплінарного курсу «STEM». Він складається із вступу та п'яти змістових модулів і підсумкового блоку. У вступі розглядається поняття про проект та організацію проектної діяльності, формується уявлення про галузі STEM, STEM – освіту та STEM – професії. [8, ст. 6-7]

Кожен з п'яти модулів розглядає теми що відповідають природничим, технологічним, інформатичним, соціальним, здоров'язберігаючим освітнім галузям. Зміст кожного модуля передбачає ознайомлення учнів із різними професіями, їх особливостями, проведення експериментів та їх аналіз з різних дисциплін, тобто модуль має пропедевтичний міждисциплінарний зміст. Щодо підсумкового модуля, то він передбачає проведення хакатонів, проведення STEM – фестивалів та STEM – пікніків, а також захист учнівських проєктів.

Курс розрахований одна година на тиждень протягом навчального року.
Розглянемо розподіл навчальних годин за темами для 5-6 класів (див. табл. 1.2.1)
[8, ст. 9-32]

Таблиця 1.2.1 Розподіл навчальних годин за темами у 5-6 класах

Клас	№ модуля	Назва модуля Зміст інтегрованого курсу	Кількість годин
5	Вступ	Що таке STEM-освіта. Які бувають професії? STEM професій. STEM-галузі. Що таке проєкт. Ознаки проєкту. Резюме проєкту. Проєкт «Створення шкільного STEM-Центру»	3
5	1	«Людина – людина» Теми дослідження « Я у школі. Моя школа. Мій клас.»	7
5	2	«Людина – природа» Тема «Я у Всесвіті»	5
5	3	«Людина –техніка» Тема «Сила –це сила»	5
5	4	«Людина –образ» Тема «Намалюю тобі Сонце, Промінь і світло»	5
5	5	«Людина –знак» Тема «Під знаком STEM»	5
5	6	Хакатон учнівських проєктів. Фестиваль. STEM –практика	5
		Українська держава в світовій економіці. Драйвери української	

6	Вступ	економіки. Людський капітал. Українці для розвитку української економіки. Мій регіон. Географія, клімат, ресурси мого регіону. Мій регіон на карті України. Ключові підприємства, компанії та організації мого регіону.	3
6	1	«Людина – людина» Теми дослідження «Пізнай себе та світ навколо себе»	7
6	2	«Людина – природа» Тема «Сад на підвіконні»	5
6	3	«Людина –техніка» Тема «Від возу–до космічної ракети»	6
6	4	«Людина –образ» Тема «Я так бачу»	5
6	5	«Людина –знак» Тема «Послідовність Фібоначчі. Золотий переріз»	5
6	6	Хакатон учнівських проєктів. Фестиваль. STEM –практика	4

Отже ми бачимо, що впровадження даного міжгалузевого інтегрального курсу в школі, дозволить учням проявляти свої здібності у різних галузях, вчитися командній роботі, чітко встановлювати шляхи для досягненні поставленої мети.

1.4. Аналіз модельних програм. Фізика 7 клас НУШ (пілотний) та 7 клас 2024 – 2025 н. р.

У наступному навчальному році до вивчення природничих дисциплін долучаються учні з нової української школи. Це є нове покоління здобувачів

освіти, які на практиці впроваджують здобуті знання та уміння. Тому для пілотних класів, які навчаються у 2023 – 2024 н.р. та для 7-х класів, які навчатимуться у 2024 – 2025 н.р. за новими модельними програмами, МОН у 2023 році розробило Модельну програму «Фізика 7-9 класи» для закладів загальної середньої освіти (автори Кремінський Б.Г., Гельфгат І.М., Божинова Ф.Я., Ненашев І.Ю., Кірюхіна О.О.) «Рекомендовано Міністерством освіти і науки України (наказ Міністерства освіти і науки України від 16 серпня 2023 №1001) [9]

Важливою метою вказаної програми є те, що здобувачі освіти вивчають закони природи шляхом розкриття їх фізичного змісту. Під вивчення фізики створюються умови практичного застосування отриманих знань, що забезпечує формування ключових компетентностей здобувачів освіти. Запропонована модельна програма «Фізика» для 7 – 9 класів визначає створення методологічної та змістової частини, а також оцінювання результатів навчальної та пізнавальної діяльності учнів.

Розглянемо структуру курсу, який розрахований на три роки навчання;

- Перший рік навчання (7 клас) –здійснюється вивчення лише трьох базових тем, зменшується кількість лабораторних робіт з 12 до 10, теми, які будуть вивчатися на першому курсі у школі:

Тема 1. Методи пізнання природи.

Тема 2. Механічний рух.

Тема 3. Взаємодія тіл. Сили в природі.

Розвантаження здобувачів освіти при початковому вивченні фізики, дасть змогу детальніше та глибше розглянути кожен з тем. Практичні (лабораторні роботи) дозволять на практиці застосувати здобуті знання учнями, створюють умови прояву своїх творчих здібностей.

- Другий рік навчання (8 клас) – пропонується вивчення трьох тем. На цьому етапі є досить доречним вивчення механічної енергії та способів її перетворення, адже наступні теми пов'язані із внутрішньою енергією, теми, які вивчатимуться у 8 класі;

Тема 1. Момент сили. Механічна робота та енергія.

Тема 2. Внутрішня енергія. Теплові явища.

Тема 3. Електричні явища. Електричний струм.

Кількість лабораторних робіт збільшується до 10, але, враховуючи, що учні мають більш ґрунтовні знання з математики, виконання лабораторних робіт такого плану не буде створювати їм проблему.

- Третій рік навчання (9 клас) – на цьому етапі завершується базове вивчення фізики. Кількість тем збільшено до п'яти. Тема «Електричний струм у різних середовищах» учнями буде сприйматися легше тому що вивчення її базується на знаннях з хімії. Кількість лабораторних робіт збільшено до десяти, але необхідно відмітити, що запропонована лабораторна робота «Дослідження електричного опору кола з напівпровідниковим діодом (дослідження «чорної скриньки»)», допоможе учням проявити інженерні, технічні та творчі здібності. Теми, які вивчаються у 9 класі;

Тема 1. Електричний струм у різних середовищах.

Тема 2. Магнітні та електромагнітні явища.

Тема 3. Механічні та електромагнітні хвилі.

Тема 4. Світлові явища.

Тема 5. Будова атома та атомного ядра.

Ми бачимо, що кількість лабораторних робіт на кожному етапі вивчення фізики є однаковим, звичайно, складність їх зростає. Виконання практичних робіт, проєктів та проведення експериментів – практична складова курсу фізики, а також розвиває критичне мислення через розв'язування фізичних задач, важливу роль відіграє у розвитку творчого та інженерно-технічного потенціалу (виконання проєктів).

Розглянутий курс фізики забезпечить здобувачам освіти уміння самостійно виконувати завдання, правильно проводити спостереження та робити висновки щодо отриманої інформації, уміти аналізувати та систематизувати отримані знання під час вивчення фізики та під час проведення експериментів, інтегрувати знання з фізики у інші галузі науки.

Дана програма передбачає впровадження «Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM –освіти)». Методи та шляхи для реалізації повинні відповідати пізнавальним інтересам та потребам здобувачів освіти, з врахуванням індивідуальної особливості їх.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У першому розділі проаналізовано особливості нової української школи (НУШ) та STEM – освіти, розглянуто співвідношення методів навчання. Проаналізовано особливості впровадження модельної навчальної програми «STEM 5- 6 класи (міжгалузевий інтегрований курс)» та програми «Фізика 7 клас НУШ (пілотний) та 7 клас 2024 – 2025 н. р.».

Показано важливість підбору форм освіти для розвитку індивідуальних якостей кожного учня. Необхідність впровадження інтегрованого курсу дозволяє розкривати творчий потенціал здобувачів освіти, їх інженерні здібності.

Перехід навчання в школах на нові платформи із впровадженням STEM – освіти допоможе учням у виборі професії в майбутньому, вмілому застосуванні своїх знань на практиці, адже STEM поєднує різні галузі:

- Природничу
- Технологічну
- Математичну
- Інформатичну
- Соціальну
- Здоров'язберігаючу

РОЗДІЛ 2

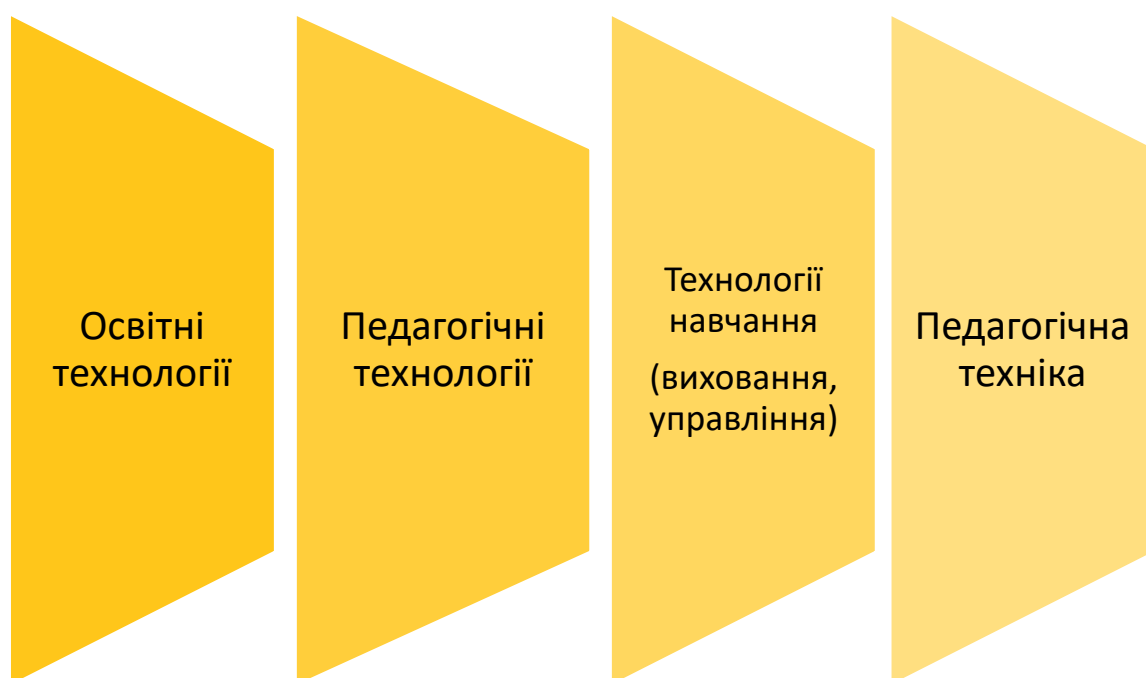
ПСИХОЛОГО – ПЕДАГОГІЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ STEM – ТЕХНОЛОГІЙ

2.1. Освітні технології та стилі навчання

У навчальних закладах середньої школи використовують освітні технології, які забезпечують інтегроване навчання здобувачів освіти, їх допитливість, дослідницьке мислення.

На даному етапі важливо виокремити поняття освітні технології та STEM – технології. В педагогічній літературі існує близько 300 визначень поняття «освітні технології». Можемо скористатися одним з визначень; «освітня технологія – це спосіб оптимального досягнення мети педагогічного процесу з використанням відповідних методів. Її доцільно визначати як послідовність спільних дій вчителя та учнів, що супроводжуються педагогічною діагностикою і спрямовані на забезпечення відповідності результату визначеній меті». [10]

Під час застосування певних технологій необхідно враховувати взаємозв'язок в педагогічних технологіях (див. мал. 2.1.1)



Мал. 2.1.1 Взаємозв'язок між поняттями педагогічної технології

У сучасній педагогіці виділяють основні три групи освітніх технологій (за Г.Ю.Ксензовою):

- Пояснювально-ілюстроване навчання (забезпечує формування знань, умінь і навичок школярів).
- Особистісно-орієнтоване навчання (забезпечує індивідуальний розвиток кожного здобувача освіти, його власну навчальну діяльність).
- Розвивальне навчання (забезпечує індивідуальний розвиток інтелектуальних здібностей учнів).

Для успішного навчання учнів за модельними навчальними програмами необхідно навчити їх вчитися формувати абстрактні поняття з основ природничих дисциплін у поєднанні із знаннями з математики, інформатики та інших дисциплін. Щоб досягти цього необхідно вдало поєднувати різні форми, методи та засоби навчання.

Методи навчання – це відповідні способи діяльності вчителя та учнів. Виокремлюють два основних види методів; метод для навчання як інструмент діяльності вчителя для виконання навчальної функції, та метод як спосіб пізнавальної діяльності учнів для отримання певних знань, умінь, навичок тощо.

Кожний здобувач освіти має свої сильні та слабкі сторони, що робить їх унікальними щодо вивчення матеріалу, його запам'ятовування. Такі переваги називаються «стилями навчання». [11]

Серед здобувачів освіти є ті, які досягають кращих успіхів у творчих сферах, наприклад, у дизайні, образотворчому мистецтві, фотографії. Інші, відповідно, досягають успіхів у практичних чи обчислювальних сферах, таких як математика, інженерія тощо.

Розглянемо детально стилі навчання:

1. Фізичне (кінестетичне) навчання – учні віддають перевагу практичному досвіду.

Під час навчання учнів заохочують до руху на уроках, наприклад, рольові ігри, використовують інтерактивні моделі. Такий підхід допомагає використовувати знання з досвіду та отримані знання на практиці.

2. Візуальне (просторове) навчання – учні найкраще навчаються за допомогою візуальних підказок (діаграми, зображення інформації, графіки тощо).

Навчання таких учнів базується на тому, що вони найкраще реагують на кольори та розумові картки, адже здобувачі освіти на повну використовують свою зорову пам'ять. Даний вид пам'яті допомагає їм зберігати отриману інформацію протягом тривалого часу. Учні, які навчаються візуально, мають хорошу концентрацію уваги, надзвичайно спостережливі, віддають перевагу візуальним вказівкам. Для залучення учнів до навчання необхідно використовувати карти, схеми, зображення, використовувати техніку кольорового кодування, залучати їх до створення розумових карт та блок-схем.

3. Слухове навчання – учнів, які схильні розуміти та запам'ятовувати інформацію, слухаючи її або вимовляючи вголос, називають аудіальними.

Під час навчання, учні даного типу швидко помічають зміну висоти тону та інших якостей голосу. Для запам'ятовування інформації учнями, їх необхідно залучати до участі в дебатів, розмов. Для запам'ятовування учнями інформації доцільно використовувати різні висоти та тони під час читання матеріалу, залучати їх до виступів у класі, групових дискусій, дебатів, залучати до навчання інших дітей.

4. Вербальне навчання – учні під час такого навчання віддають перевагу традиційним методам навчання, використовуючи кілька письмових ресурсів.

Здобувачі освіти, які навчаються вербально під час лекцій чи самостійно під час підготовки до уроків, найкраще запам'ятовують матеріал, записуючи його, вони володіють широким словниковим запасом. Під час вербального навчання необхідно використовувати мнемотехніку (пісні, рими, акронім, фрази), заохочувати учнів до запису своїх ідей або висловлення їх вголос, ігри зі словами, наприклад, розгадування кросвордів.

5. Логічне (математичне) навчання – учні, які вивчають логіку чи математику, класифікують інформацію за групами, для кращого її засвоєння.

Під час логічного навчання, здобувачі освіти вміють швидко розпізнавати шаблони та послідовності, а саме, легко розуміють рівняння, числа та співвідношення, чітко структурують інформацію, тому їм вивчення математики дається легко. Для залучення учнів до даного типу навчання, необхідно створити просту систему навігації до уроків, класифікувати поняття за групами або категоріями, показати причинно-наслідкові зв'язки між різними предметами.

6. Музичне навчання – здобувачі освіти, які віддають перевагу такому навчанню, краще запам'ятовують інформацію при наявності фонового шуму, тобто вони краще навчаються з музикою, тактами та ритмом.

Здобувачі освіти під час такого навчання знаходять закономірності та зв'язки між різними звуками, вони поєднують слух і музику. Для залучення учнів до запам'ятовування інформації необхідно використовувати тиху фонову музику, просування подкастів.

7. Учні–натуралісти – навчання здійснюється найкраще через експерименти та практичний досвід, спостереження за навколишнім світом.

Учні, віддають перевагу отриманню інформації на природі, серед рослин, тварин тощо, вони цінують тактильні відчуття. Для аналізу отриманої інформації учні-натуралісти, застосовують наукові міркування, роблять відповідні висновки (прояв критичного мислення щодо отриманої інформації). Здобувачів освіти даного типу навчання необхідно залучати до екскурсій, фіксуванню на папері спостережень (малювання, фотографування, ведення щоденників спостережень), проведення уроків на відкритому повітрі (можна в «Зеленому класі», якщо такі є в навчальному закладі).

8. Лінгвістичні учні – це учні, які поєднують навчання на слух та усно. Найкраще засвоюється інформація при озвучені матеріалу та прописуючи певну інформацію.

Здобувачі освіти можуть використовувати традиційні методи навчання так само, як і усні, особливо віддають перевагу слуханню інформації. Учні під час навчання завжди роблять власні нотатки, що допомагає їм систематизувати інформацію, а також виокремлювати в ній важливі пункти. Залучати учнів до навчання необхідно через письмові проєкти та завдання, використовувати різні висоти голосу та символи, словесні методи та велика кількість діаграм під час навчання лінгвістичних учнів не доцільна.

9. Міжособистісні (соціальні) учні – учні, які найкраще навчаються, працюючи в групах або з іншими людьми. Здобувачі освіти даного типу навчання пов'язують свої ідеї та думки з життям інших, вони є хорошими лідерами.

Учні, в яких переважає міжособистісний напрямок навчання проявляють, як правило, емпатію, чуйність до інших, відмінне спілкування, лідерські навички та навички вирішення проблем. Даний тип навчання може бути суміжним з одним або кількома типами, які розглянуті вище. Залучення учнів даного типу сприйняття інформації рекомендовано здійснювати через рольові ігри, проєкти, а також через суміжний стиль навчання.

10. Інтраперсовані (поодинокі) учні – це учні, які надають перевагу самотності під час навчання. Вони більш незалежні та інтроспективні за своєю природою, надають перевагу перебувати наодинці зі своїми думками, ідеями без надмірного зовнішнього втручання.

Здобувачі освіти даного типу навчання зазвичай перебувають на уроках в кінці класу, в класному колективі їх називають «тихою дитиною», що не стоїть на заваді успішно складати іспити. Самотнє навчання гарно поєднується з іншими стилями навчання. Залучення таких учнів до навчання рекомендовано здійснювати таким чином: визначати конкретний час для співпраці (учні будуть достатньо підготованими), звертатися до них час від часу під час пояснення матеріалу, обов'язково в даного стилю навчання повинна бути тиха зона.

Отже необхідно пам'ятати, що здобувачі освіти чітко мають лише один стиль навчання. Між розглянутих стилями існує кілька варіантів та комбінацій

поєднання використання вчителями для надання інформації учням. Такий підхід називають мультимодальним підходом. Згідно зі статистикою більше 60% здобувачів освіти є мультимодальними. Тому для отримання високого рівня засвоєння інформації необхідно вчителям знаходити різні способи підходу до навчання, так, як відмінності у сприйнятті інформації можуть існувати в предметній області. Відповідно розглянуті технології та стилі навчання надають лише основу, якій потрібно слідувати.

2.2. Інклюзивне навчання в сучасних навчальних закладах

Сучасні навчальні заклади за потреби створюють інклюзивні групи або класи для навчання учнів з особливими освітніми потребами. Інклюзивне освітнє середовище, яке створюється в навчальних закладах враховує всі необхідні умови, способи та засоби для повноцінного навчання. Організація інклюзивного навчання здійснюється відповідно до порядків, затверджених Кабінетом Міністрів України (частина перша статті 20 Закону). [12]

У всіх навчальних закладах освіти працюють інклюзивні класи, що, відповідно, вимагає нових ефективних стратегій навчання учнів. Адже інклюзивна освіта – це коли всі учні, незважаючи на певні труднощі, навчаються в загальноосвітніх класах відповідно до віку. При такому навчання здобувачі освіти, з особливими освітніми потребами, отримують якісне навчання, емоційну підтримку однокласників.

Такий тип навчання працює на передумові, що учні з особливими освітніми потребами отримують фундаментальні компетентності, як і інші учасники навчального процесу. Таким чином, усі учні є повноправними учасниками своїх класів та навчального закладу, це означає, що вони якомога більше перебувають зі своїми однолітками, що досить ефективно впливає на емоційну складову здобувачів освіти з певними освітніми потребами. [13]

Робота в інклюзивних класах вимагає:

- позитивного ставлення до такого типу класів;
- підготовку вчителів до роботи в класах;
- адаптованого викладання для учнів інклюзивних класів.

Навчання в інклюзивних класах буде ефективним для всіх учасників освітнього процесу тоді, коли вчителі та батьки будуть підтримувати формальне навчання, яке базується на використанні інноваційних технологій. Під час викладання матеріалу у інклюзивних класах необхідно застосовувати різні форми навчання: робота в групах; робота в парах, в центрах навчання. При роботі з усім класом використовують різні інноваційні технології, зокрема, доцільно використовувати інтерактивні дошки, робота з якими дозволяє залучити майже всіх учнів. При роботі в групах здобувачі освіти мають змогу проводити дослідження з допомогою однолітків та демонстрації під керівництвом вчителя або учнів.

Під час навчального процесу усі учні отримують доступ до змісту навчальних програм, мають можливість навчатися відповідно до цілей навчання. Це вимагає від вчителів відповідних стратегій щодо підтримки учнів з особливими освітніми потребами. Як показує практика, загальні стратегії гарантують те, що всі учні чують інструкції, виконують вказівки щодо роботи над певною проблемою. Важливо відмітити, що учні активно допомагають дітям з особливими освітніми потребами виконувати завдання чи провести певні дослідження.

Одним з ключових чинників організації та роботи в інклюзивних класах є те, що в них необхідно створити універсальний дизайн для навчання. Це різноманітні методи, які задовольняють потреби всіх учнів. При цьому мають враховуватись різні способи представлення контенту учням і для учнів:

- використання моделей;
- графічні зображення;
- адаптовані та модифіковані завдання з великим шрифтом;
- використання навушників;
- можливість диктувати власну відповідь для запису одноліткам;
- відповідь зробити у вигляді малюнка;
- користуватися калькулятором;

- додатковий час для виконання роботи.

Робота інклюзивних класів у навчальних закладах має велике майбутнє. Інклюзивна освіта та класи відповідають не лише всім вимогам для учнів з особливими освітніми потребами, але й приносять користь учням що навчаються разом з ними в одному класі. Практика показує, що таке навчання допомагає соціалізуватися здобувачам освіти у навколишньому просторі, бути співчутливим до інших, навчатися надавати допомогу людям з особливими потребами.

2.3. Невстигаючі учні у навчальній діяльності

Низькі успіхи в освіті – загальна проблема. Приблизно 12,5% учнів мають труднощі у навчанні. Кожен вчитель може помітити, що не завжди легко заохотити школярів до навчання, і що деякі з них не виправдовують сподівань. То як вчитель може вирішити цю досить поширену проблему?

Проблема, яка стоїть перед вчителями – допомогти учням досягти оптимального навчання (розуміння та вміння використовувати знання на практиці) з високоякісним змістом. Дослідження показують, що існує чимало причин відставання у навчанні:

- біопсихічні (спадкові особливості, задатки, здібності, особливості характеру);
- недоліки фізичного та психічного розвитку (слабке здоров'я, недорозвинута пам'ять і мислення, нерозвинуті навички початкової праці);
- недостатній рівень вихованості (немає інтересу до навчання, почуття обов'язку, слабка сила волі, недисциплінованість);
- недоліки діяльності школи (відсутність у класі атмосфери поваги до знань, недоліки в методиці викладання, недостатня організація індивідуальної і самостійної роботи учнів, байдужість і слабка підготовка вчителя);

- негативний вплив сім'ї (погані матеріальні умови життя сім'ї, негативне ставлення батьків до школи і навчальної діяльності дітей, відрив дітей від навчальної праці та ін.). [14, ст. 423]

Дізнавшись, що є причиною відставання учня можна приступати до вирішення проблеми. Потрібно розуміти, що потрібен час, щоб сформувавши стратегію для невстигаючого учня. На додачу до цього, кожен школяр потребуватиме іншого підходу.

Рівень відставання можна виміряти багатьма способами, використовуючи ряд критеріїв. Деякі найвідоміші способи:

- проходження тесту, щоб з'ясувати, наскільки учень є обдарованим;
- перевірка учнів у групах. Коли спостерігається закономірність постійного зниження результатів тестування групових досягнень, можна швидко визначити того, хто не досяг успіху;
- спостереження. Вчитель знає, як зазвичай поведуться його учні і коли їх поведінка змінюється.

Нижче подані кілька стратегій, спрямованих на зменшення недосягнень учнів.

1) *Підтримуючі стратегії*. Це методики в класі, які дозволяють учням відчувати себе залученими. Вони відчують себе частиною «сім'ї». Необхідно залучати школярів до вироблення правил, прийняття важливих рішень, спільного встановлення покарань та винагород, обговорення стурбованості учнів, створення заходів на основі їх потреб та інтересів і так далі. У цій стратегії часто використовуються системи винагород.

2) *Внутрішні стратегії*. Тут учнів слід мотивувати внутрішньо. Як тільки школярі захочуть слідувати своїм мріям або власним цілям, вони будуть працювати більше. Якщо вчитель покладе свої цілі та мрії на їх плечі, це не спрацює. Створення класної кімнати, яка запрошує на позитивне ставлення, швидше за все, сприятиме досягненню в навчальній діяльності. У класах такого типу вчителі заохочують не лише успіхи, а й спроби. Учень, який хоче вчитись, найкращий учень, якого вчитель може уявити, навіть якщо навчання не завжди

проходить гладко. Інша стратегія полягає в тому, щоб дозволити учням оцінювати власну роботу перед тим, як отримати оцінку від вчителя. Самооцінювання відображає очікування учня від своєї роботи.

3) *Стратегія виправлення*. Учні не ідеальні, усі мають свої слабкі і сильні сторони, а також соціальні, емоційні та інтелектуальні потреби. Необхідно використовувати корекційні методи навчання, щоб дати учням шанс досягнути кращі результати у своїх сильних сторонах та інтересах. Виправлення повинно відбуватись в безпечному середовищі, в якому помилки вважаються частиною навчання.

4) *Стратегія 5 C's* – Control (контроль), Choice (вибір), Challenge (виклик), Complexity (складність) і Caring (турбота). [15]

Control (контроль) – надати учням контроль над ним, що вони дізнаються.

Choice (вибір) – дати учням можливість вибору того, що вони дізнаються. Дати ряд вправ, які вони можуть вибрати.

Challenge (виклик) – дати завдання робити те, до чого учні не звикли. Бути більш креативним, дати їм додатковий виклик і винагородити їх, коли знайдуть рішення. Учні все ще мають вибір не робити цього.

Complexity (складність) – не робити вправи надто легкими. Вирішення складних завдань викликає у учнів інтерес, якщо він має базові знання. Однак, якщо проблема занадто складна, її вирішення не буде мати задоволення.

Caring (турбота) – турбота щодо академічних результатів учнів та самих учнів.

Учням, які не досягли успіху, можна допомогти шляхом простих змін курсу та подачі матеріалу. Мотивація – це значна частина, яка допомагає школярам реалізувати свій найвищий потенціал. Для стимулювання у невстигаючих учнів позитивного ставлення до навчання необхідно залучати та розширювати їх можливості. [16]

2.4. Підготовка здобувачів освіти до національного мультипредметного тесту

Третій рік поспіль абітурієнти складають національний мультипредметний тест (НМТ), що дозволяє їм перевірити свої знання на практиці. За результатами проходження НМТ, здобувачі освіти можуть продовжувати навчання в обраних вищих навчальних закладах.

Важливо відмітити, що при складанні НМТ, учням необхідно одразу розв'язувати завдання з різних галузевих наук, правильно розрахувати свій час на різні предмети.

Такий екзамен потребує від здобувачів освіти хорошої психологічної підготовки, знання предметів, які складаються. Тому на протязі навчання в загальноосвітніх школах важливо звернути увагу на поведінку та можливі зміни підлітків. Необхідно враховувати, що у підлітковому віці учні мають схильність до замкненості, тому проблеми можуть мати відповідні ознаки: [17]

- зміни в емоційному стані;
- зміни в соціальних взаєминах;
- академічні проблеми.

Розглянемо кожен з ознак зокрема та вектори виходу з даних ситуацій. При зміні емоційного стану, який може проявляється відсутністю інтересу до звичних занять, тривогою тощо, необхідно допомогти учневі налаштуватися на проходження тестування. Для впевненості у своїх знаннях можна проводити в навчальних закладах на предметних заняттях проходження тестування онлайн. Це допоможе здобувачам освіти виконувати завдання із фіксованим часом. При прояві другої ознаки, яка проявляється у труднощах спілкування з однолітками, дорослими, необхідно розібратися з причинами даної проблеми. Найчастіше проблема може мати підґрунтя в неглибокому знанні певного предмета. Щоб вирішити її здобувачі освіти мають приділити максимум зусиль для вивчення предмета. Для вирішення третьої проблеми, яка полягає у зниженні успішності, участі в заняттях як під час уроків, так і в позаурочний час, збільшення пропусків занять, втрата зацікавленості до навчання. Ці психологічні проблеми найчастіше

пов'язані зі страхом перед проходженням національного мультипредметного тесту.

Аналізуючи проходження тестування абітурієнтами за попередні роки, необхідно зауважити, що учні, які в навчальних закладах виконували самостійні роботи, контрольні чи проходили тестування за допомогою комп'ютера, виконували завдання швидко, чітко орієнтувалися в завданнях, швидко переходили від завдань одного предмета до іншого. Одночасно потрібно враховувати зовнішні фактори під час проходження НМТ: перебування далеко від домівок, можливі тривоги. [18]

Щоб підготуватися до складання НМТ психологічно та не втратити своє фізичне здоров'я необхідно:

- готуватися до складання екзамену заздалегідь;
- звернути увагу на теми, які виносяться в екзаменаційну роботу;
- обов'язково поєднувати розумове навантаження із відпочинком;
- проходити тестування на комп'ютері, використовуючи відповідні сайти;
- не залишатися із своїми страхами на самоті.

Отже, щоб підготуватися до складання НМТ, необхідно працювати на уроках та позаурочний час. Під час підготовки відповідних матеріалів важливо прослідкувати міжпредметні зв'язки. Це допоможе чітко структурувати матеріал, досконало проводити дослідження, вміло виокремлювати важливу інформацію з певного предмета.

2.5. Розвиток критичного мислення та навичок дослідницької діяльності здобувачів освіти через впровадження STEM – технологій

Для вирішення питань, які виникають під час навчання здобувачів освіти, необхідно виокремити вектор розвитку критичного мислення.

Дослідження показали, що розвиток критичного мислення допомагає учням у розумінні та засвоєнні певної інформації, умінні аналізувати та систематизувати її. Виділяють шість рівнів критичного мислення: від нижчих за глибиною та зусиллями до високих, які завжди є на крок попереду отриманої на

даному етапі інформації. Критичне мислення вимагає від здобувачів освіти розвитку великих зусиль. Ефективне використання розуму не є автоматичним чи підсвідомим, тобто учні повинні докладати зусилля, щоб отримана інформація чітко була структурована у їхній свідомості. [19]

Адже сьогоднішня потреба потребує творчих людей з великим інженерним потенціалом, які вільно використовують свої інтелектуальні здібності, розвиток яких здійснюється за допомогою STEM – освіти.

На сучасному етапі формування навичок критичного мислення в учнів дозволить їм розуміти та розв'язувати різні ситуації на основі відповідних фактів та отриманої інформації. Правильно використовувати критичне мислення в навчальній діяльності учнів передбачає обробку та структурування фактів та іншої інформації для визначення проблем та розробки ефективних рішень. [20]

Важливо пам'ятати, що критичне мислення це є процес аналізу фактів, щоб ґрунтовно зрозуміти поставлену проблему. У даному процесі можна виокремити відповідні етапи:

- збір інформації та відповідних даних з поставленої проблеми;
- постановка конкретних питань для розв'язання проблеми;
- аналіз всіх можливих рішень даного питання.

Можна виділити п'ять основних найбільш поширених та ефективних навичок критичного мислення:

1. Спостереження – важлива навичка, яка дозволяє швидко визначити нову проблему.

Цю навичку необхідно удосконалювати, правильно при цьому обробляти отриману інформацію. Це дозволить чітко формувати шляху вирішення певної проблеми.

2. Аналіз – вказана навичка є важливою коли визначено проблему.

Уміння аналізувати та ефективно оцінювати ситуацію залежить від того, які факти, дані чи інформацію про проблему ви маєте, виділити серед всього найважливішу інформацію. Вказана навичка розвитку критичного мислення

включає збір неупереджених досліджень, постановку релевантних запитань щодо даних та об'єктивно оцінити результати. Удосконалювати аналітичні навички означає отримувати новий неоціненний досвід, розвивати навички інтерпретації нової інформації та прийняття раціональних рішень на основі ретельного аналізу.

3. Висновок – дана навичка передбачає формування висновків щодо отриманої інформації.

Формування вказаної навички вимагає від учасника освітнього процесу технічних та галузевих знань, певного досвіду. Коли роблять висновок, це відповідно, означає, що він базується на основі обмеженої отриманої інформації та на певних знаннях з даного питання. Важливо пам'ятати, що висновки необхідно робити обґрунтованих припущеннях, відповідних ретельно досліджених підказках, таких як зображення, діаграми та інше.

4. Спілкування – це комунікативні навички, які є досить важливі при вирішенні поставлених проблем.

Уміння спілкуватися під час вирішення проблеми дозволяє учасникам знайти оптимальні шляхи їх розв'язань. Удосконалювати дану навичку у контексті критичного мислення означає брати участь у складних дискусіях. Важливо пам'ятати, що у цьому випадку необхідно уміло слухати опонента, висловлювати повагу до іншої точки зору рішення проблеми, уміло відстоювати свою позицію. Така діяльність учнів допомагає їм ефективно оцінювати рішення разом з іншими учнями, вчителями.

5. Вирішення проблем – цей етап найчастіше потребує критичного мислення, щоб реалізувати найкраще рішення, зрозуміти всі можливості його втілення, адже це стосується кінцевої мети.

Вирішувати проблеми на уроці та в позаурочний час учням є набагато легше, якщо сформована навичка вирішення проблем. Адже, щоб вирішити

проблему здобувачі освіти ставлять відповідні цілі, отримують більше знань з інших галузей наук, виокремлюють міжпредметні зв'язки.

У повсякденному житті учні є дослідниками, але важливо їх бажання та прагнення дізнаватися та спрямовувати в наукові дослідження. Дослідницькі навички стосуються уміння шукати, знаходити, виокремлювати, оцінювати та використовувати та презентувати інформацію яка стосується досліджуваної теми. [2] Виокремлюють види досліджень:

- Академічне або теоретичне дослідження, яке передбачає інтенсивний пошук, критичний аналіз отриманої інформації на конкретне дослідницьке питання чи певну гіпотезу. Таке дослідження передбачає великий обсяг читання відповідної літератури. Тому сенс таких досліджень полягає в тому, щоб можна було сказати щось авторитетно про предмет чи явище дослідження.
- Експериментальне дослідження, яке вимагає від учасників освітнього процесу вміння застосовувати свої знання на практиці. Таке дослідження передбачає створювати теоретичну, математичну, фізичну чи інший тип моделі. Це розкриває глибину розуміння експериментатором суті досліджуваних процесів.
- Прикладне дослідження, яке орієнтоване на впровадження, використання та підвищення ефективності досліджуваного матеріалу у практичній діяльності.
- Перспективне дослідження, яке має практичне спрямування, але на даний момент для їх впровадження необхідні умови, які мають бути створені в перспективі. Такий відсоток досліджень є невеликий.

Викладання предмету в школах використовує не лише класні, а й сучасні технології, зокрема, STEM – технології, які допомагають розкрити потенціал учнів. Вказана технологія має на меті розвивати допитливість, логічне мислення та навички співпраці учасників освітнього процесу.

У 2012 році було розроблено визначення STEM, яке включає відповідні практики та навички, якими повинні володіти учні: [21]

- вивчати та застосовувати контент;
- інтегрувати контент;
- інтерпретувати та передавати інформацію;
- займатися дослідженням;
- брати участь у логічних міркуваннях;
- співпрацювати як команда;
- правильно застосовувати технологію.

Використання STEM у навчанні вчить учнів критично мислити, вирішувати складні проблеми, допомагає у визначенні майбутньої професії, STEM об'єднує декілька дисциплін і навчає учнів використовувати міжпредметні знання для вирішення поставленої проблеми. Робота в STEM дозволяє учням брати активну участь у різних програмах, у розробці новітніх технологій та цікавих новаторських дослідженнях.

Важливими є навички STEM для майбутнього учасника освітнього процесу. Адже викладання STEM визначає об'єднання двох або більше з чотирьох сфер даної технології. Викладання різних дисциплін, особливо математики та природничих дисциплін є важливим для STEM, який є інтегрованим. При викладанні певних тем доцільно об'єднувати та розширювати математику з іншими дисциплінами, об'єднати інженерію й технології для вирішення поставлених проблем та завдань. Учні використовують математику або природничі науки для моделювання проблем, наприклад питання робототехніки, дослідження космосу, проблем навколишнього середовища тощо. [22] Вони проявляють творчі підходи для розв'язання проблеми, інженерні свої можливості.

Важливим при викладанні математики та природничих наук є те, що необхідно об'єднувати та інтегрувати дані дисципліни з різними технологіями та інженерією, зокрема, в діяльності STEM. Наприклад, інженерний дизайн підтримує розвиток в учнів їхніх здібностей розв'язувати проблеми, поєднуючи

знання математики та мистецтва. Проєктування пропонує учням інструменти, які творчо розширяють їхнє мислення щодо етапів вирішення різних типів проблем.

Отже важливо відмітити, що при викладанні математики та природничих дисциплін в програмі STEM, учні залучаються до роботи над різноплановими завданнями, вирішують складні проблеми. При цьому необхідно відмітити, що вчитель керує обговоренням проблеми, важливістю запропонованих гіпотез, коректним відстоюванням своєї думки. [23]

Виходячи із вище сказаного, можна зробити модель STEM – освіти, яка розкриє підходи та впровадження STEM – навчання у школах. [24] На схемі представлено співвідношення між різними типами навчання (мал.2.5.1)

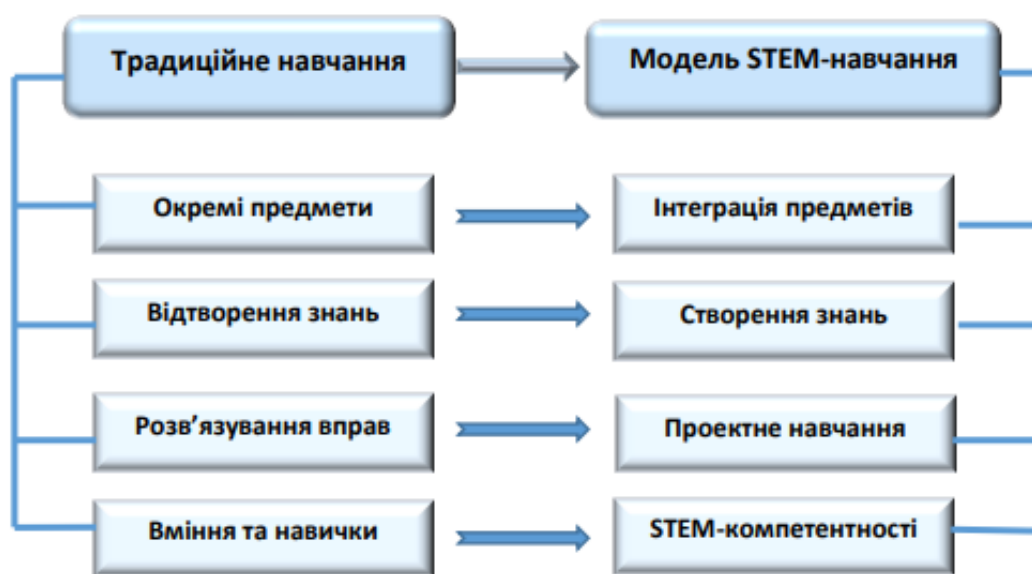


Рис. 2.5.1. Співвідношення між різними типами навчання

Перехід від традиційного навчання до STEM – навчання навчить здобувачів критично мислити, творчо підходити до розв'язання поставлених проблем, проявляти інженерні здібності. [27]

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У другому розділі ми розглянули важливість освітніх технологій в навчальному процесі та особливості стилів навчання. Тому для отримання високого рівня засвоєння інформації необхідно знаходити різні способи підходу до навчання, так, як відмінності у сприйнятті інформації можуть існувати в предметній області.

Описано важливість інклюзивної освіти в сучасних навчальних закладах. При такому навчанні здобувачі освіти, з особливими освітніми потребами, отримують якісне навчання, емоційну підтримку однокласників, таке навчання допомагає соціалізуватися усім учасникам навчального процесу.

Виокремили важливість роботи з невстигаючими учнями та шляхи подолання даної проблеми.

Зауважили етапи підготовки здобувачів освіти до складання національного мультипредметного тесту (НМТ).

Розглянули важливий вектор самоорганізованості здобувачів освіти – розвиток їх критичного мислення. При викладанні предмету в навчальних закладах вчитель використовує не лише традиційні технології навчання, а й сучасні, зокрема, STEM – технології, які допомагають розкрити потенціал учнів.

РОЗДІЛ 3

STEM – ЛАБОРАТОРІЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ

3.1. STEM – проєкти в 5-6 класах

Залучення здобувачів освіти до навчального процесу вимагає від вчителя використання різних форм та методів. Важливо, щоб знання, які учні отримують під час навчання вони використовували на практиці. З 2022 навчального року в навчальних закладах у 5-6 класах викладається міжгалузевий інтегрований курс «STEM 5-6 класи». Даний курс допомагає учням проявляти свої творчі, інженерні здібності.

3.1.1. Проєкт «Школа моєї мрії»

Згідно з модельною програмою, здобувачі освіти виконують проєкти та проводять їх захист. Наприклад, при вивченні у 5-му класі теми «Школа моєї мрії», здобувачі освіти виокремлюють для вивчення такі питання: ефективність будівлі (енергоефективність, теплоефективність, відповідальне споживання енергоносіїв), професії у освітній галузі, умови та засоби навчання.

Результат дослідження учнів – це створення макетів «Школа майбутнього» та захист їх, приклади робіт представлені на мал. 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4.



Мал. 3.1.1. Школа майбутнього



Мал. 3.1.2. Школа майбутнього



Мал. 3.1.3. Школа майбутнього



Мал. 3.1.4. Учні зі своїми макетами «Школа майбутнього»

3.1.2. Майстер – клас «Послідовність Фібоначчі. Золотий переріз»

Цікаві теми здобувачі освіти вивчають 6-ому класі. Наприклад, «Послідовність Фібоначчі. Золотий переріз». Учні готують майстер – клас з даної теми. Перед проведенням його вони презентують свою роботу: «Запрошуємо всіх на майстер – клас. Будемо досліджувати один із найбільш гармонійних законів світобудови, який впорядковує структуру навколишнього світу і спрямовує життя на розвиток.

Розглянемо, чому числа Фібоначчі часто зустрічаються в природі для утворення траєкторії руху вихрових потоків в ураганах, при утворенні еліптичних Галактик, до яких відноситься і наш Чумацький Шлях, при «будівництві» раковини равлика.

Використовуючи основні принципи ряду Фібоначчі, пояснемо ріст насіння в центрі соняшнику, рух спіралі ДНК, як був побудований Парфенон і написана найзнаменитіша картина у світі – «Джоконда» Леонардо да Вінчі.

Навчимося створювати свої логотипи за допомогою чисел Фібоначчі. Чекаємо з нетерпінням.»

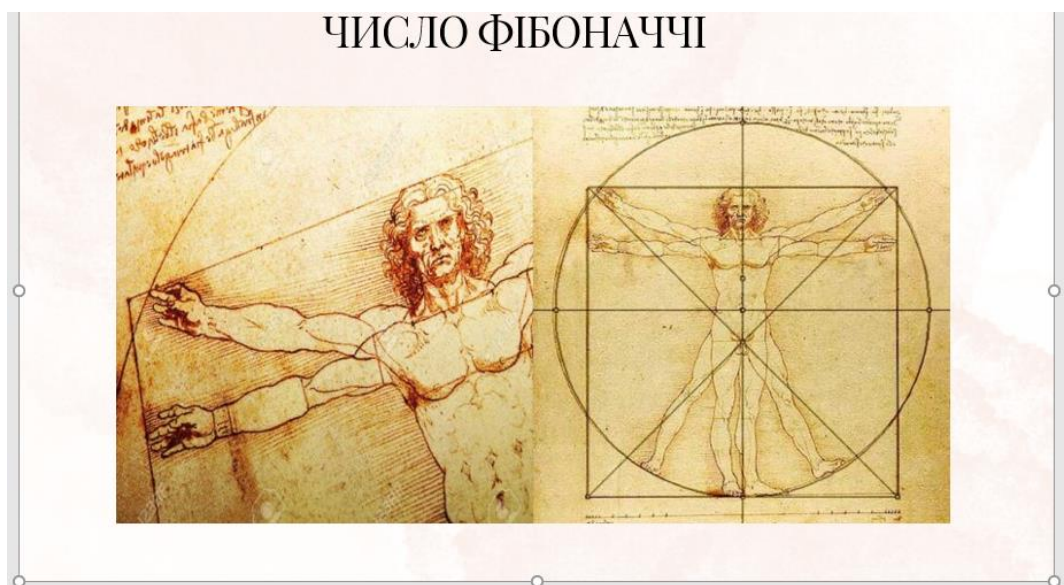


**STEM-МАЙСТЕРНЯ. STEM І
ЧИСЛА ФІБОНАЧЧІ**

Виступ:

Слайд 2

Таємниче число Фібоначчі, рівне 1,618, розбурхує уяву вчених вже протягом декількох тисячоліть. Хтось вважає це число початком світобудови, хтось називає його числом Бога, а хтось, не мудруючи, застосовує його на практиці й отримує неймовірні архітектурні, мистецькі та математичні творіння. Число Фібоначчі було виявлено навіть в пропорціях знаменитої «Вітрувіанської людини» Леонардо да Вінчі, який стверджував, що знамените число, яке прийшло з математики, керує всім Всесвітом. [28]



Слайд 3

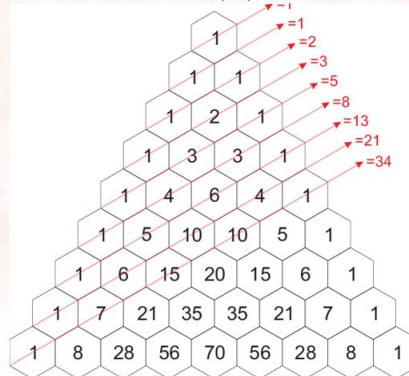
Послідовність Фібоначчі – одна з найвідоміших формул математики. Так що таке число Фібоначчі та яка його цікава історія?

Кожне число у послідовності Фібоначчі – це сума двох чисел, які передують йому. Отже, йде послідовність виглядає так: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34 тощо.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ФІБОНАЧЧІ ВИГЛЯДАЄ ТАК:

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987

І ТАК ДАЛІ



Слайд 4

Через своє повсюдне застосування в природі, золотий перетин (саме так число Фібоначчі іноді називають в мистецтві й математиці) вважається одним з найбільш гармонійних законів світобудови, який впорядковує структуру навколишнього світу і спрямовує життя на розвиток.

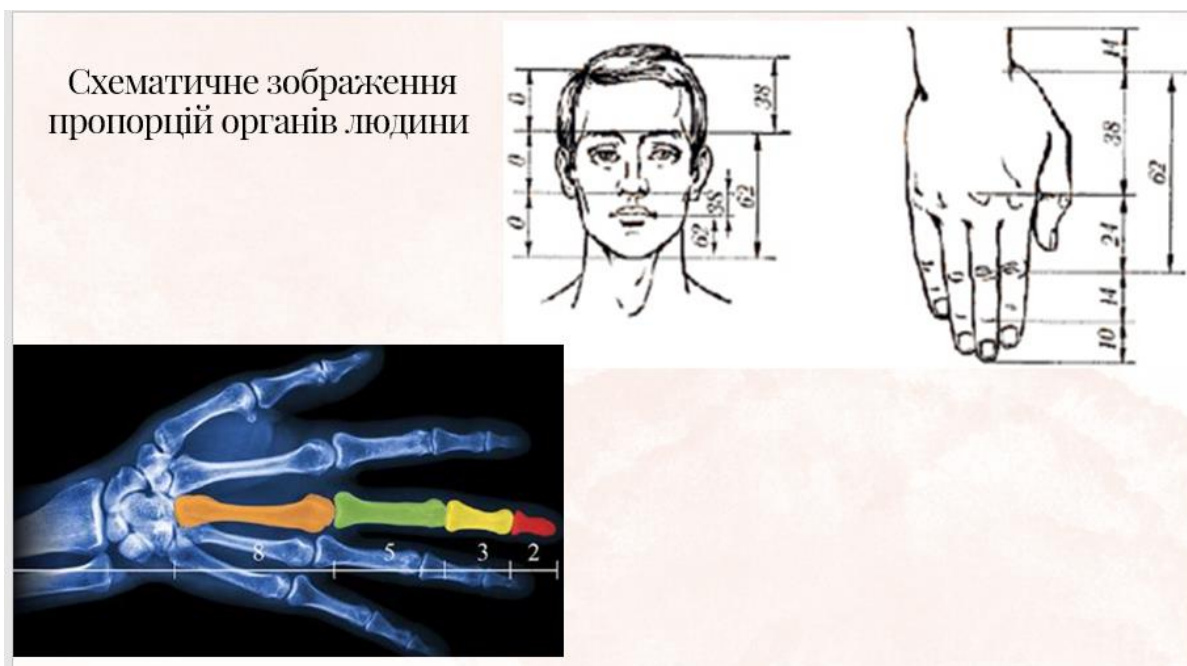
ЧОМУ ЧИСЛО ФІБОНАЧЧІ ТАК ЧАСТО ЗУСТРІЧАЄТЬСЯ В ПРИРОДІ?



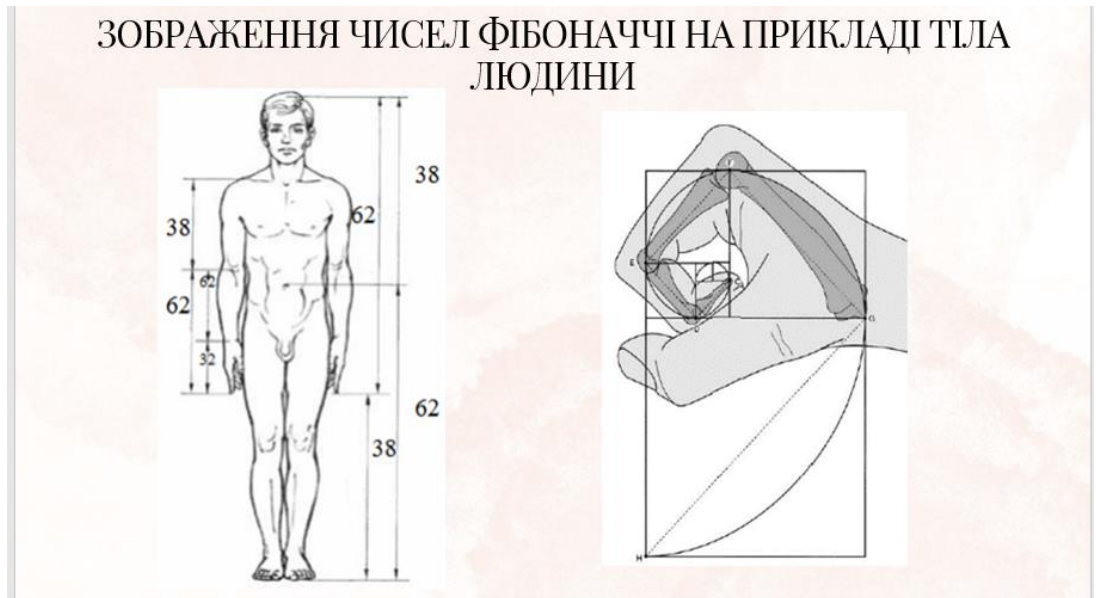
Слайд 5, 6

Послідовність Фібоначчі – це не просто гра з числами, а найбільш важливе математичне вираження природних явищ з усіх, що колись було відкрито. Гідно

подиву, скільки всього можна обчислити за допомогою послідовності Фібоначчі і як її члени проявляються у величезній кількості комбінацій. Приклади, що наведені нижче, подають деякі цікаві застосування цієї математичної послідовності. Дана послідовність асимптотично (наближаючись усе повільніше та повільніше) прямує до деякого постійного співвідношення (відношення члена послідовності до попереднього йому). Однак це співвідношення ірраціональне, тобто являє собою число з нескінченною, непередбаченою послідовністю десяткових цифр у дробовій частині. Його неможливо виразити точно. Навіть затративши на це вічність, неможливо взяти співвідношення точно, до останньої десяткової цифри. Коротше кажучи, ми будемо наводити його у вигляді 1.618. При діленні будь-якого члена послідовності Фібоначчі на наступний одержимо зворотну до 1.618 величину ($1 : 1.618 = 0.618$). При діленні кожного числа на наступне за ним через одне, одержимо число 0.382.



ЗОБРАЖЕННЯ ЧИСЕЛ ФІБОНАЧЧІ НА ПРИКЛАДІ ТІЛА ЛЮДИНИ



Слайд 7, 8, 9, 10

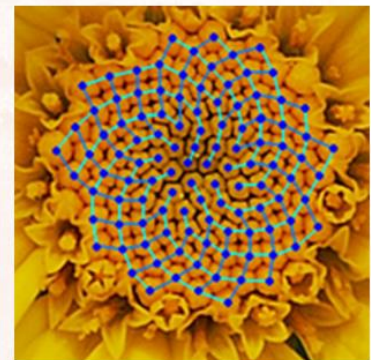
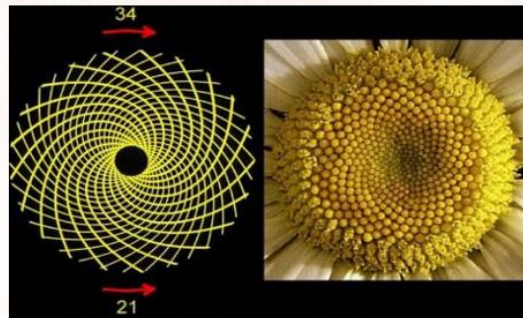
Послідовність Фібоначчі в природі
Послідовність Фібоначчі має масу прикладів в природі.

Гвинтоподібне та спіралевидне розташування листя на гілках дерев помітили давно. Спіраль побачили в розташуванні насіння соняшника, в шишках сосни, ананасах, кактусах і т.д. Спільна робота ботаніків і математиків пролила світло на ці дивовижні явища природи. З'ясувалося, що в розташуванні листя на гілці, насіння в соняшнику, шишок на сосні проявляється ряд Фібоначчі, а отже, закон золотого перерізу. Наприклад, соняшник має 21 спіраль на своїй голівці в одному напрямі і 34 - в іншому. Це і є послідовні числа Фібоначчі. Зовнішня сторона соснової шишки має спіралі, що проходять за годинниковою стрілкою і проти неї. Тут також можна знайти послідовні числа Фібоначчі.

ПРИКЛАДИ СПІРАЛІ ФІБОНАЧЧІ В ПРИРОДІ



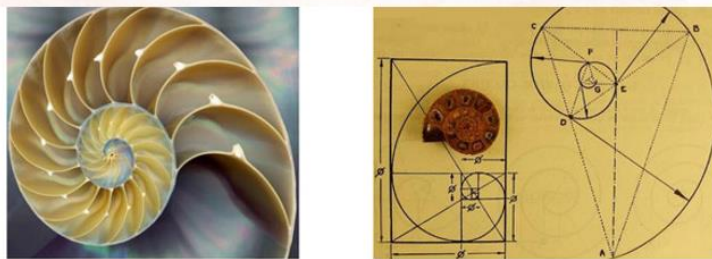
ІЛЮСТРАЦІЯ ЧИСЕЛ ФІБОНАЧЧІ НА ПРИКЛАДІ КВІТКИ СОНЯШНИКА



ІЛЮСТРАЦІЯ ЧИСЕЛ ФІБОНАЧЧІ НА ПРИКЛАДІ ШИШОК



СХЕМАТИЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ ЗОЛОТОГО ПЕРЕТИНУ НА ПРИКЛАДІ МУШЛІ



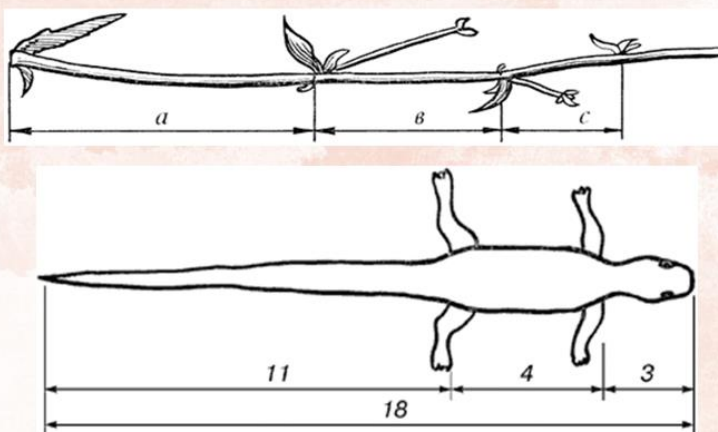
Слайд 11

Серед придорожніх трав є непримітна рослина — цикорій. Придивимося до неї уважно: від основного стебла йде пагонець; тут розташувався перший листок. Пагонець робить викид, зупиняє ріст і випускає листок, але вже коротший від першого, знову робить викид, але вже меншої довжини, випускає листок ще меншого розміру і знову викид. Якщо перший викид прийняти за 100 одиниць, то другий дорівнює 62 одиницям, третій — 38, четвертий — 24 і т.д. Довжина пелюсток теж підпорядкована золотій пропорції. Зростаючи, завойовуючи простір, рослина зберігає певні пропорції. Імпульси її зростання поступово зменшуються в пропорції золотого переріз.

Іншим прикладом може бути ящірка.

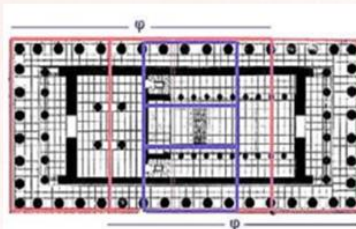
У ящірки спостерігаються приємні для нашого ока пропорції — довжина її хвоста так відноситься до довжини решти тіла, як 62 до 38.

ІЛЮСТРАЦІЯ ЧИСЕЛ ФІБОНАЧЧІ НА ПРИКЛАДІ СТЕБЛА ЦИКОРІЮ ТА ЯЩІРКИ

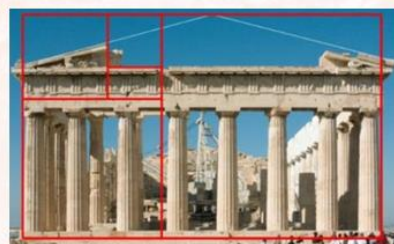


Слайд 12

Вже давно людству відомий такий феномен, як золотий переріз в архітектурі. Його таємниця була цікава Євкліду, Платону, Леонардо да Вінчі, Кеплеру, а також багатьом іншим великим мислителям. Вони нерозривно пов'язували це поняття з поняттям загальної гармонії, яка пронизує Всесвіт.



ІЛЮСТРАЦІЯ ЗОЛОТОГО ПЕРЕТИНУ НА ПРИКЛАДІ ПАНТЕОНУ



Слайд 13

Закономірності золотого перетину та пропорції виявляються в енергетичних переходах елементарних частинок, у будові деяких хімічних сполук, у планетарних і космічних системах, у генних структурах живих організмів. Ці закономірності, як вказано вище, є в будові окремих органів людини і тіла в

цілому, а також виявляються в біоритмах і функціонуванні головного мозку та зорового сприйняття.

Відомо, що І.Тіціус (1729-1796), німецький фізик та астроном, за допомогою послідовності Фібоначчі знайшов закономірність і порядок у відстанях між планетами Сонячної системи.



Слайд 14

Не дивно, що ви також можете знайти використання золотого перетину в багатьох сучасних проєктах, зокрема, дизайні. Зараз давайте зосередимося на тому, як це може бути використано в дизайні логотипу.

розглянемо деякі з найвідоміших в світі брендів, які використовували золотий перетин для вдосконалення своїх логотипів.

Мабуть, Apple використовував кола з чисел Фібоначчі, з'єднавши і обрізавши форми для отримання логотипу Apple. Невідомо, чи було це зроблено навмисно чи ні. Проте, в результаті вийшов ідеальний і візуально естетичний дизайн логотипу.

Логотип Pepsi створений двома пересіченими колами, один більше іншого. Як показано на малюнку вище, більше коло пропорційний в співвідношенні до меншого - ви вже здогадалися! Їх останній нерельєфна логотип - простий, ефектний і красивий!

Створіть золотий прямокутник, використовуючи тільки кола (це означає, що найбільший коло матиме діаметр 8, а у кола поменше буде діаметр 5, і так далі).

Тепер розділіть ці кола і розмістіть їх так, щоб ви могли сформувати основну схему для вашого логотипу. Ось приклад логотипу Twitter:

Примітка: Вам не обов'язково креслити всі кола або прямокутники золотого перетину. Ви також можете використовувати один розмір неодноразово.



Кожен здобувач освіти створює свій логотип, використовуючи відповідні шаблони. (див. мал. 3.1.5)



Мал. 3.1.5. Створенні здобувачами освіти логотопи

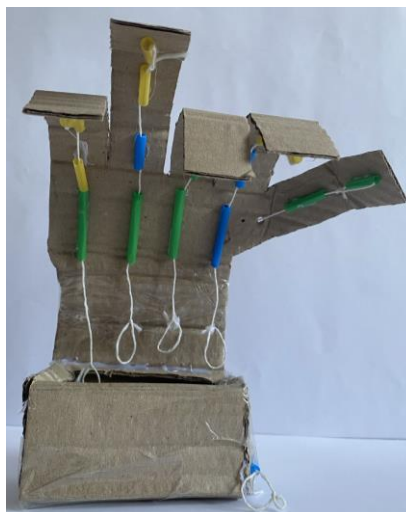
Залучення учнів до проєктної діяльності стимулює в них науково-пошукову діяльність.

3.2. Дослідження та моделювання в 7-8 класах

Для формування критичного мислення здобувачів освіти при вивченні фізики, важливо залучати їх до досліджень під керівництвом вчителя, так і самостійно. Такий підхід дозволить розкрити творчі здібності, вчитися самостійно працювати. Найкраще залучати учнів до такого виду діяльності – це виконання ними проєктів.

3.2.1. Моделювання у механіці

Вивчаючи теми у 7 класі з розділу «Механічний рух», учні виконують проєкти, які спрямовані на розкриття інженерного потенціалу. Зокрема, учень 7 класу виготовив «протез» руки, який працює за допомогою механічної передачі. Під час захисту свого проєкту учень розказав про актуальність даної моделі на сучасному етапі життя в нашому суспільстві.(див. мал. 3.2.1.1)



Мал. 3.2.1.1. Модель механічної руки

3.2.2. Проєкти на тему «Дослідження космосу»

При виконанні проєкту на тему «Комета Чурюмова – Герасименка», учениця не лише підготувала інформацію, але й створила модель цієї комети. (див. мал. 3.2.2.1)

Комета Чурюмова - Герасименко

Підготувала:
Матвійчук Олександра



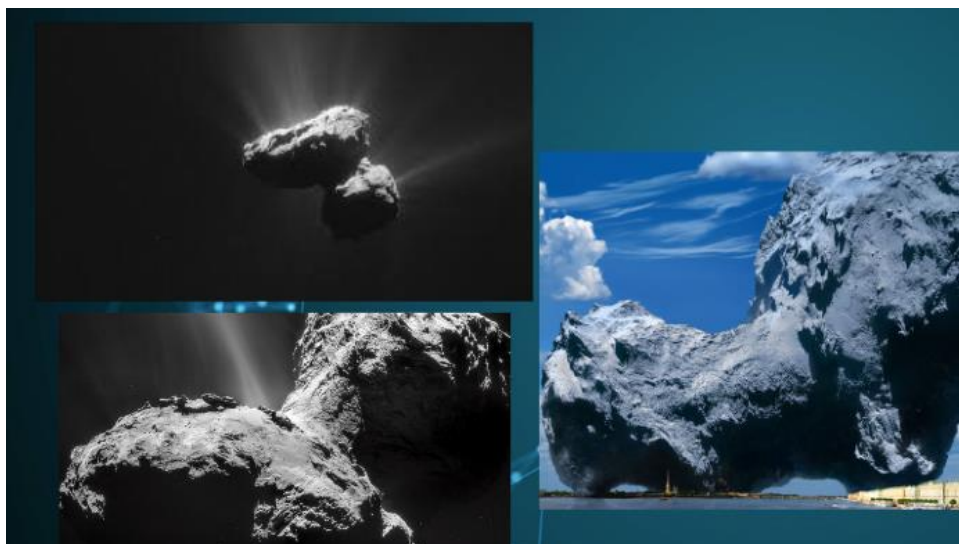
Історія



Комета Чурюмова – Герасименко є постійним відвідувачем внутрішньої Сонячної системи. Вона обертається навколо Сонця раз на 6,5 років між орбітами Юпітера і Землі. Як і всі комети, комета Чурюмова – Герасименко названа на честь першовідкривачів. Вперше її було відзначено в 1969 році, коли кілька астрономів з Києва відвідали Алма-Атинський астрофізичний інститут в Казахстані для проведення обстеження комет. 20 вересня Клім Чурюмов розглядав фотографію комети 32P/Comas Solá, зроблену Світлоною Герасименко, коли він помітив інший кометоподібний об'єкт: Повернувшись до Києва, він дуже уважно вивчив зображення і врешті зрозумів, що вони справді відкрили нову комету.

З тих пір комету спостерігали із Землі під час наступних її наближень до Сонця: у 1969, 1976, 1982, 1989, 1996, 2002 та 2009 роках, а також під час активної фази космічної місії Розетта. Комета Чурюмова – Герасименко також був сфотографована космічним телескопом Хаббл у 2003 році, що дозволило зробити перші оцінки її розміру та форми – неправильний об'єкт приблизно 3 x 5 км довжини у поперечнику. Однак зачату її слабке зображення тоне в морі зірок, що надзвичайно ускладнює спостереження за допомогою телескопів із Землі.



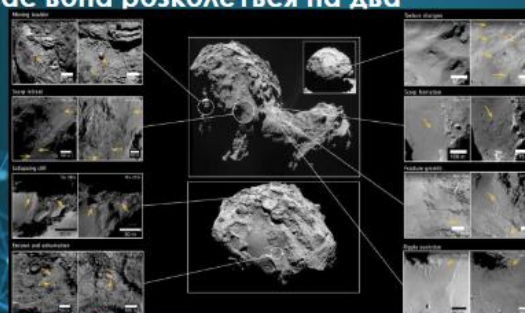


Цікаві факти

1. Комета старіша за Землю, тому може дати поняття про те, як зароджувалося життя на планеті Земля, кажуть її дослідники. Спускний зонд несе на своєму борту десять інструментів, необхідних для проведення досліджень ядра комети.
2. За допомогою радіохвиль вчені планують вивчити внутрішню структуру комети, а мікрокамери дозволять зробити з поверхні комети панорамні знімки. Також за допомогою свердла, встановленого на Philae, вчені збираються взяти проби кометного ґрунту з глибини до 20 сантиметрів.
3. Зонд Rosetta стартував з планети Земля в березні 2004 року. Робота над проектом триває більше 10 років. Rosetta пододала понад 6 млрд кілометрів.
4. Відстань між кометою і Землею – 510 млн км – означає, що радіокоманди досягають космічного корабля майже півгодини.

До грудня вона витягнулася вже на 500 метрів і розширилася до 30 метрів, а влітку 2016 р паралельно їй з'явилася друга тріщина довжиною до 300 метрів.

На думку вчених, кометі Чурюмова-Герасименко залишилося недовго існувати – через деякий час вона розколеться на два уламки.





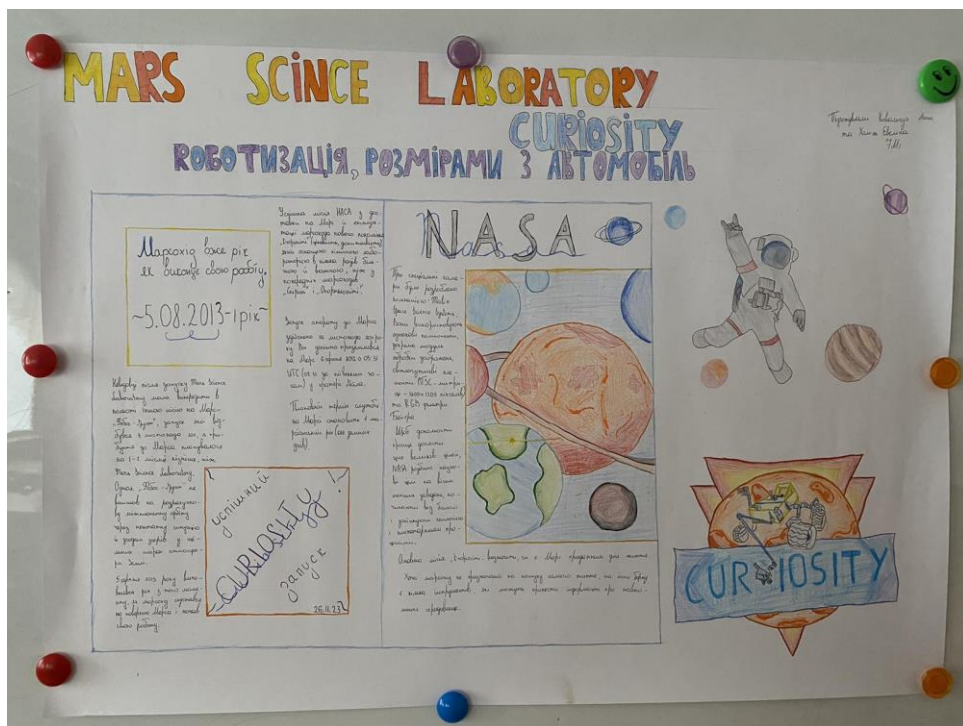
Мал. 3.2.2.1. Модель комети Чурюмова – Герасименка

Проєкт на тему «Обертальний рух у природі» учні розкрили тему через рух комет навколо Сонця. Свою роботу над темою здобувачі освіти супроводили створеною моделлю (див. мал. 3.2.2.2)



Мал. 3.2.2.2. Модель руху комет навколо Сонця

Проект на тему «Марсіанська наукова лабораторія: марсохід «К'юріосіті»», учні проводили захист з використанням постеру (див. мал. 3.2.2.3)

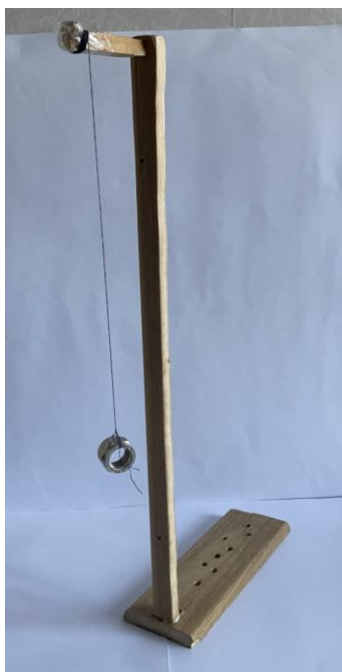


Мал. 3.2.2.3. Постер «Марсіанська наукова лабораторія»

3.2.3. Проекти – моделі на тему «Прості механізми»

Важливо пам'ятати, що вивчення матеріалу супроводжується експериментами, дослідженнями. Учні долучаються до проведення експериментів з приладами, які виготовляють самостійно. Такий вид діяльності

розкриває конструкторські здібності учнів. Прикладом цього є створення здобувачами освіти математичного маятника, гойдалки та катапульти. (див. мал. 3.2.3.1 – 3.2.3.3)



Мал. 3.2.3.1. Математичний маятник



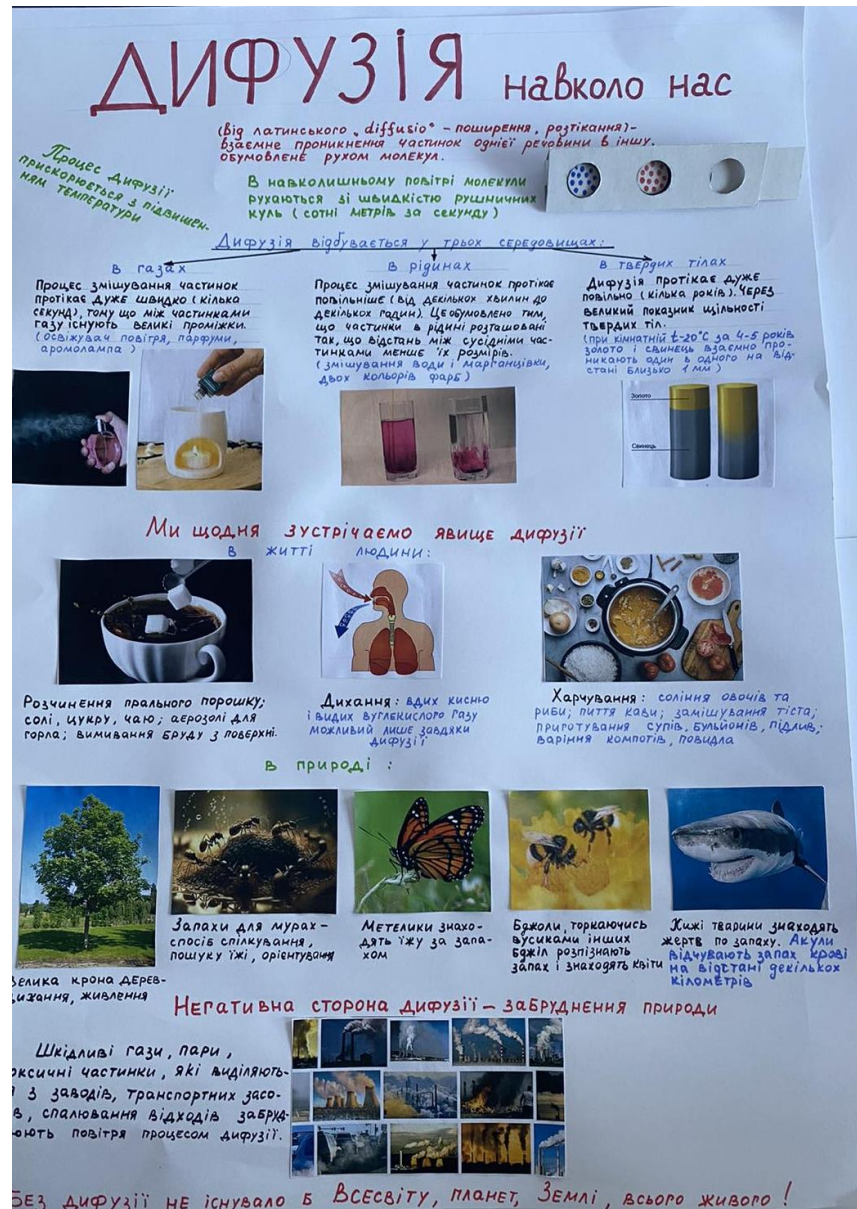
Мал. 3.2.3.2. Гойдалка



Мал. 3.2.3.3. Катапульта

3.2.4. Постер як вид презентацій досліджень

Під час вивчення теми «Будова речовини. Молекули. Атоми» учні 7-го класу підготували постер, в якому висвітлили прояви дифузії в побуті та навколишньому середовищі. (див. мал. 3.2.4.1)



Мал. 3.2.4.1. Постер на тему: «Дифузія навколо нас»

Залучення учнів до творчості на початковому етапі вивчення фізики дає великий стимул до більш глибокого вивчення даної дисципліни в старших класах.

3.3. Практична діяльність учнів 9 – 11 класів

Вивчення фізики в старших класах вимагає від здобувачів освіти проявів критичного мислення, інженерних та творчих здібностей, уміння аналізувати та систематизувати інформацію, використовувати її на практиці.

3.3.1. Моделі для демонстрацій та досліджень фізичних явищ

Наприклад, при вивченні світлових явищ, учні створили світильник за допомогою якого можна демонструвати заломлення, відбивання світла, можливість утворення голограм. Даний прилад виготовлений із пластикових станів та ліхтарика у вигляді квітки кульбаби. (див. мал. 3.3.1.1)



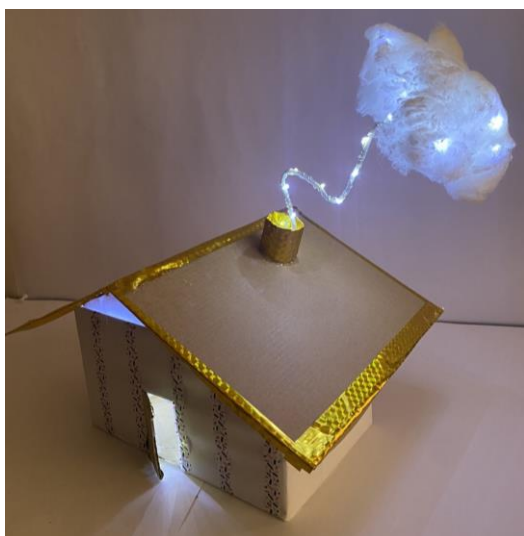
Мал. 3.3.1.1. Світильник

Для пояснення закону прямолінійного поширення світла учні виготовили модель «Сонце – Земля». Дана модель демонструє як освітлюється наша планета сонячним промінням. (див. мал. 3.3.1.2)



Мал. 3.3.1.2. Модель демонстрації поширення світла

При вивченні теми «Електричний струм у газах», учні зацікавилися питанням утворення газового самостійного розряду (іскрового). Результатом їхньої творчої роботи є створення моделі утворення іскрового розряду. (див. 3.3.1.3)



Мал. 3.3.1.3 Модель іскрового газового розряду

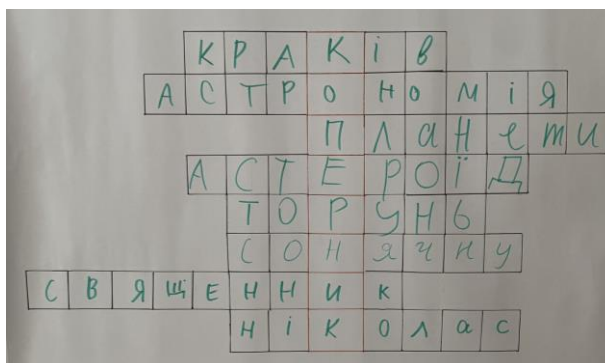
3.3.2. Вчимося разом, щоб знати більше

Співпраця між учнями старших класів та учнями початкової школи є перспективною щодо зацікавленості молодших школярів до природничих дисциплін. Прикладом цього є проведення занять, присвячених дню народження видатного астронома Миколи Коперника. Учні 11 класів проводили вікторини, розгадували кросворди, досліджували рух планет. Після цього

молодші школярі отримували розмальовки на космічну тематику та квитки для польоту на цікаву планету.

Питання кросворду:

1. В якому місті навчався Микола Коперник? (Краків)
2. Науковцем в якій галузі він був? (Астрономія)
3. Що досліджував Микола Коперник? (Планети)
4. Який космічний об'єкт названо на честь М. Коперника? (Астероїд)
5. В якому місті Польщі він народився? (Торунь)
6. Яку систему побудував М. Коперник? (Сонячну)
7. Ким хотів стати М. Коперник в дитинстві? (Священником)
8. Яке друге ім'я мав Микола Коперник? (Ніколас)



Мал. 3.3.3.1. Зразок кросворду

Звіт про проведення зустрічей учнів старшої школи із здобувачами освіти молодшої школи.

Досліджуємо життя та наукову діяльність Миколи Коперника разом з учнями 4-Г класу.





Вивчаємо планети Сонячної системи разом з учнями 4-Б класу.



Здобувачі освіти досліджують питання, в яких прослідковуються міжпредметні зв'язки.

3.3.3. Енергія Гіббса та корисно виконана робота біосистемою

У даній роботі ми прагнемо визначити корисно виконану роботу біооб'єктом за рахунок вільної енергії Гіббса, яка є в біосистемі.

Для визначення енергії Гіббса ми систематизували спостереження в реабілітаційному відділі ортопедії та зробили певні обрахунки.

Ми розглянули два періоди реабілітації пацієнтів: перший період – після зняття гіпсу; другий період - повне відновлення функцій ушкодженої верхньої кінцівки.

Вид травми: перелом ключиці та лопатки.

Вік хворого: 10 років.

Імобілізація: 4 тижня після травми.

Реабілітаційний період:

Ранній відновлюваний період	Пізній відновлюваний період (повне одуження)
4 тижня після травми. Хворий відводив руку в плечовому суглобі з навантаженням 2 кг (гантель). Здійснено 5 відведень. Заняття проводилися 4 рази в день.	8 тижнів після травми. Здійснювали відведення в плечовому суглобі з навантаженням 3 кг (гантель). Здійснено 15 відведень. Заняття проводилися 4 рази в день.

Враховуючи дані, ми визначили чому рівна енергія Гіббса; яка її частина використовується на подолання перешкоди (хвороби). В зв'язку з тим, що в перший період реабілітації не вся вільна енергія Гіббса йде на виконання корисної роботи, а лише її певна частина, тому що інша частина енергії Гіббса використовується організмом на подолання хвороби. Отже, враховуючи формулу 2.7 і сказане вище, ми отримали:

$$\alpha \Delta G = |A_{max1}|, \quad (3.3.1)$$

де ΔG – вільна енергія Гіббса;

α – коефіцієнт використаної енергії;

A_{max1} – максимальна використана робота.

$$A_{max1} = F_1 \Delta l;$$

$$F_1 = m_1 g;$$

m_1 – маса, яку підіймають протягом дня, $m_1 = 40$ кг;

Δl – відстань проходження вантажу, $\Delta l = 1\text{ м}$.

Підставимо дані у формулу 3.1, отримаємо:

$$\alpha \Delta G = |F_1 \Delta l| \quad (3.3.2)$$

$$\alpha \Delta G = |40\text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1\text{ м}| = 392 \text{ Дж}.$$

На пізньому реабілітаційному періоду вся вільна енергія Гіббса йде на виконання корисної роботи; при цьому в день піднімається маса 180 кг, відстань залишається без зміни, тобто:

$$\alpha \Delta G = |A_{max2}|,$$

$$\text{де } A_{max2} = m_2 g \Delta l.$$

$$\Delta G = |m_2 g \Delta l| \quad (3.3.3)$$

$$\Delta G = |180\text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1\text{ м}| = 1764 \text{ Дж}.$$

Розрахуємо, яка частина вільної енергії йде на виконання корисної енергії, а яка частина затрачається на подолання хвороби, тобто щоб біосистема відновила початковий стан. Для цього відновимо початковий стан. Поділимо вираз 3.2 на вираз 3.3, дістанемо:

$$\frac{\alpha \Delta G}{\Delta G} = \frac{|m_1 g \Delta l|}{|m_2 g \Delta l|}$$

$$\alpha = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\alpha = \frac{40\text{ кг}}{180\text{ кг}} \approx 0,22$$

$$\alpha \approx 0,22.$$

З обчислень видно, що лише 0,22 вільної енергії Гіббса йде на виконання корисної роботи на першому етапі реабілітації.

Вид травми: перелом діафіза кісток передпліччя.

Вік хворого: 10 років.

Імобілізація: 4 тижня після травми.

Реабілітаційний період:

Ранній відновлюваний період	Пізній відновлювальний період
4 тижня після травми.	8 тижнів після травми.

Механотерапія на блоковидному апараті з навантаженням на кисть 0,5кг. Відведення кисті і руки 6 раз. Заняття проводилося 4 рази в день.	Відведення кисті і руки 14 раз з навантаженням 1 кг. Заняття проводилися 4 рази в день.
---	---

Враховуючи дані, ми провели обрахунки.

Ранній відновлювальний період:

Маса вантажу: $m_1=12$ кг.

Відстань, яку проходив вантаж: 1 м.

$$\alpha\Delta G = |A_{max1}|;$$

$$A_{max1}=m_1g\Delta l;$$

$$\alpha\Delta G = |12\text{кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1\text{м}|=117,6 \text{ Дж}$$

Пізній відновлювальний період (практичне одужання):

Маса вантажу: $m_2=56$ кг.

Відстань: $\Delta l=1$ м.

$$\Delta G=|A_{max2}|;$$

$$A_{max2} = m_2g\Delta l;$$

$$\alpha\Delta G = |56\text{кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1\text{м}|=548,8 \text{ Дж}$$

Знайдемо, яка частина вільної енергії Гіббса йде на виконання корисної роботи на ранньому періоду одужання:

$$\alpha = \frac{m_1}{m_2};$$

$$\alpha = \frac{12\text{кг}}{56\text{кг}} \approx 0,22 ;$$

$$\alpha=0,22.$$

Отже, ми бачимо, що і в другому випадку лише 0,22 вільної енергії Гіббса йде на виконання корисної роботи на першому етапі реабілітації. Це свідчить про те, що біосистема не повністю використовує вільну енергію Гіббса для виконання роботи, а лише 0,22 її або 22%.

Реабілітація відбувалася при відносно низьких температурах, тобто

$$|\Delta H| \gg |T\Delta S|.$$

Отже,

$$\Delta G \approx \Delta H.$$

Враховуючи дані експерименту, можна стверджувати, що зміна ентальпії при повному одужанні рівна:

перший випадок:

$$\Delta H \approx 1764 \text{ Дж};$$

другий випадок:

$$\Delta H \approx 548,8 \text{ Дж}.$$

З виразу $\Delta G = \Delta H$ слідує, що на пізньому реабілітаційному періоді при виконанні корисної роботи виділяється відповідно 1764 Дж теплоти та 548,8 Дж теплоти.

Розглянуті випадки підтверджують те, що система прагне досягнути стаціонарного стану – це стан при якому біосистема, подібно термодинамічній рівноважній системі, зберігає протягом часу свої основні параметри незмінними. Вільна енергія такої системи не рівна нулю, що й підтверджують дані експерименту. Це означає, що дана система, яка була виведена із стаціонарного стану під дією зміни зовнішнього середовища (в даних випадках травм), може виконувати роботу, яка направлена проти порушення стаціонарності, тобто на відновлення її.

Наявність вільної енергії характерне для стаціонарного стану і забезпечує систему можливістю виконання роботи, наслідками цього є ріст ентропії. Ентропія не може збільшуватись до безкінечності в системі, так як її значення в ній не може бути рівним значенню ентропії в зовнішньому середовищі. Рівність ентропії може призвести до руйнування біосистеми – це суперечить властивості біосистеми – самозбереження. [29]

3.3.4. Дослідження ефективності використання енергетичної верби

Велике значення в Україні має використання екологічно чистих джерел палива. Одним із таких джерел є використання лози енергетичної верби, так як

це зменшить емісію парникових газів в атмосферу. Отже, чи вигідно використовувати дану біомасу у домашніх умовах? Щоб дати відповідь, ми провели експерименти та порівняли їх результати.

Характеристика обладнання експерименту

Для проведення експерименту ми використовували гілки верби, природний газ та відповідне обладнання:

- алюмінієва каструля масою 550г та місткістю 3л;
- газова плита, що використовує природний газ;
- гілки сухої енергетичної верби (до 30% вологості);
- вода при температурі 19°C й атмосферному тиску 754 мм рт. ст.;
- термометр з ціною поділки 1°C;
- електронні терези з ціною поділки 0,01г.

3.2 Етапи проведення експерименту

Визначимо масу природного газу, що використовується при нагріванні води в алюмінієвій каструлі з використанням побутової газової плити.

Враховуючи, що майже всі побутові газові плити мають коефіцієнт корисної дії 55%, ми визначимо маси газу, що згоряє. Тому коефіцієнт корисної дії пальника визначається за формулою (1):

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100\% \quad (1)$$

де Q_1 – кількість теплоти, яка іде на нагрівання алюмінієвої посудин та води в ній.

$$Q_1 = c_{ал}m_{ал} \cdot \Delta t + c_вm_в \cdot \Delta t \quad (2),$$

у даній формулі $c_{ал} = 880 \text{ Дж/кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$ – питома теплоємність алюмінію, $m_{ал} = 0,55 \text{ кг}$ – маса алюмінієвої посудини, $c_в = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$ – питома теплоємність води, $m_в$ – маса нагрітої води, яку визначаємо за формулою (3), $\Delta t = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ – зміна температури, тобто воду та алюмінієву посудину нагрівали до 99°C. Для знаходження маси води ми застосуємо формулу:

$$m_в = \rho \cdot V \quad (3),$$

де $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води, $V = 3 \text{ л} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ – об'єм посудини, а відповідно і об'єм води.

Отже, об'єднуючи формули (2) і (3) в одну, ми отримаємо:

$$Q_1 = c_{ал} m_{ал} \cdot \Delta t + c_v \rho \cdot V \cdot \Delta t \quad (4)$$

Знайдемо числове значення кількості теплоти, яку необхідно затратити, щоб нагріти нашу систему на $\Delta t = 80 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$Q_1 = 880 \text{ Дж/кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \cdot 0,55 \text{ кг} \cdot 80 \text{ }^\circ\text{C} + 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \cdot Q_2 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 80 \text{ }^\circ\text{C} = \\ = 1046720 \text{ Дж} \quad (5)$$

У формулі (1) Q_2 – це кількість теплоти, що виділяється під час згорання природного газу у побутовій плиті і визначається за формулою (6):

$$Q_2 = q \cdot m_r \quad (6),$$

де $q = 44 \text{ МДж/кг}$ – питома теплота згорання палива (природного газу), m_r – маса палива, що згоріло.

Формулу (6) підставимо у вираз (1), отримаємо формулу (7):

$$\eta = \frac{Q_1}{q \cdot m_r} \cdot 100\% \quad (7)$$

З даного співвідношення визначимо масу палива та знайдемо числове значення:

$$m_r = \frac{Q_1}{\eta q} \cdot 100\% \quad (8)$$

Враховуючи знайдені результати (5) та значення коефіцієнта корисної дії, питомої теплоти згорання палива, отримаємо:

$$m_r = \frac{1046720 \text{ Дж}}{55\% \cdot 44 \text{ МДж/кг}} \cdot 100\% = 43,25 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 0,04325 \text{ кг} = 43,25 \text{ г} \quad (9)$$

Отже, щоб нагріти 3кг води на $80 \text{ }^\circ\text{C}$ необхідно витратити 43,25г природного газу.

Розглянемо скільки необхідно витратити біомаси, зокрема, енергетичної верби при такому ж самому коефіцієнту корисної дії нагрівача. Отже, питома теплота згорання палива енергетичної верби з вологістю 30% становить приблизно $q_{вб} = 18 \text{ МДж/кг}$, для визначення маси палива ми використаємо формулу (10):

$$m_{вб} = \frac{Q_1}{\eta q_{вб}} \cdot 100\% \quad (10)$$

У дану формулу підставимо значення Q_1 знайдені раніше та значення питомої теплоти згорання енергетичної верби, отримаємо:

$$m_{\text{вб}} = \frac{1046720 \text{ Дж}}{55\% \cdot 18 \text{ МДж/кг}} \cdot 100\% = 0,11 \text{ кг} \quad (11)$$

Аналізуючи отримані результати (9) і (11), можна помітити, що кількість природного газу, що спалюється під час нагрівання 3кг води у 2,56 раз менша, ніж при спалюванні енергетичної верби.

Котли які використовуються в побуті на тверде паливо мають коефіцієнт корисної дії 87,7 – 88%.

Отже, при спалюванні енергетичної верби для нагрівання води даного об'єму знадобиться досить незначна маса, а саме:

$$m_{\text{вб}} = \frac{1046720 \text{ Дж}}{87\% \cdot 18 \text{ МДж/кг}} \cdot 100\% = 0,067 \text{ кг} \quad (12)$$

Аналізуючи отримані результати (9) та (12), слідує, що маса природного газу, який згоряє під час нагрівання води у 1,6 рази менша, ніж при спалюванні енергетичної верби.

У своїх дослідженнях ми не використовували промислові котли, а нагрівали воду на звичайній плиті. Тому, знайдемо коефіцієнт корисної дії даного нагрівача за формулою при цьому врахуємо, що вся енергія, яка виділяється під час згоряння палива йде на нагрівання нашої системи:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_{\text{вб}}} \cdot 100\% \quad (13),$$

де Q_1 – кількість теплоти, яка іде на нагрівання алюмінієвої посудин та води в ній, яка вже обрахована, $Q_{\text{вб}}$ – кількість теплоти, яку виділяє при спалюванні енергетична верба масою 0,7кг. Отже,

$$\eta = \frac{1046720 \text{ Дж}}{0,7 \text{ кг} \cdot 18 \text{ МДж/кг}} \cdot 100\% = 8,3\%$$

З обрахунків видно, що звичайні пристрої для спалювання лози мають невеликий коефіцієнт корисної дії, тому доцільно використовувати нагрівачі у яких підводиться додатково повітря під певним тиском.

Та необхідно врахувати, що дане пальне має досить низьку собівартість у порівнянні з іншими видами палива. І при розрахунках енергетичного потенціалу даної деревини необхідно враховувати значення:

- коефіцієнт технічної досяжності, який враховує певні втрати при заготівлі – 0,85;

- весь об'єм заготовленої рослини використовується з метою отримання енергії, тому коефіцієнт енергетичного використання приймається рівним одиниці;
- врожайність енергетичної верби становить 9 т сухої маси/га;
- нижча теплота згоряння палива в залежності від вологості становить 17 – 18,5МДж/кг;
- площі земель під дану енергетичну культуру достатньо великі і становлять: в маточнику густота насаджень – 25 тис. росл./га, а на промислових плантаціях – 15 тис. росл./га.

Отже, враховуючи всі перелічені чинники, можна стверджувати, що використання енергетичної верби при опалюванні чи нагріванні як у побуті, так і в промисловості є економічно доцільним. [30]

3.3.5. Експериментальне завдання на визначення межі міцності стебел злакових культур

Міжпредметні зв'язки на уроках фізики забезпечують єдність вимог до знань, умінь і навичок учнів, допомагають розкрити взаємозв'язок природних явищ, до оволодіння сучасними технологіями. Основними шляхами здійснення міжпредметних зв'язків є використання знань, одержаних при вивченні інших дисциплін, виконання експериментальних завдань, узагальнення та систематизація вивченого. На уроках фізики здійснення зв'язку з іншими предметами допомагає учням отримати практичні уміння та навички, необхідні при вивченні інших предметів.

У 7 класі з фізики учні вивчають закон Гука, визначають коефіцієнт пружності тіла, на уроках математики (алгебри) вчать будувати графіки залежності між певними величинами (x та y), на уроках біології у 6 класі учні вивчають будову стебел різних рослин.

На нашу думку цікаво запропонувати учням покроково провести експериментальне завдання.

Визначити межу міцності стебел злакових культур.

Обладнання: стебла злакових культур (сухі та сирі), машина розтягу МР – 0,05, шкільна лінійка, штангенциркуль.

Теоретичні відомості

У разі пружних деформацій тіла виникає сила пружності, яка прямо пропорційна зміні довжини тіла і діє у напрямку, протилежному напрямку зміщення частин тіла під час деформації:

$$F_{\text{пр}} = k\Delta l \text{ [Н]} \quad (1)$$

З формули (1) знайдемо k – коефіцієнт жорсткості тіла:

$$k = \frac{F_{\text{пр}}}{\Delta l} \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right] \quad (2)$$

Усі реальні тіла здатні деформуватись. Кількісною мірою деформації тіла у нашому випадку є абсолютне видовження. Зовнішня сила, яка діє на стебло урівноважується силою пружності, що виникає у ньому. Для встановлення даної залежності необхідно використати машину МР – 0,05. Швидкість розтягу становила 7 мм/хв, виміри необхідно проводити по шкалі А, ціна поділки якої становила $C_A = 0,1$ Н, ціна поділки барабана абсолютного видовження $C = 1$ мм, діаметр стебел злакових культур виміряти штангенциркулем $C = 0,01$ мм. (Рис.1).

Для розрахунків різних конструкцій треба знати міцність матеріалу. Міцністю матеріалу називається його здатність витримувати навантаження не руйнуючись. [3]



Рис.1. Машина розтягу МР – 0,05

Порядок виконання роботи

1. Виміряти довжину та діаметр сирого стебла ячменю та тритикале,
2. Зафіксувати у машині розтягу стебло і провести розтяг, при цьому необхідно фіксувати силу натягу та абсолютне видовження стебла.
3. Занести отримані результати до таблиці.
4. Провести аналогічні виміри для сухого стебла ячменю та тритикале.
5. Отримані результати записати в таблиці.
6. Побудувати графіки залежності між прикладеною силою та абсолютним видовженням для кожного виду стебел.

7. За формулою (2) і за графіком визначити k . Порівняти.

8. Оцінити похибку експерименту. Для цього знайти:

- середнє арифметичне значення вимірювань $\langle x \rangle$,
- середньоквадратичне відхилення середнього значення S_{cN} ;
- коефіцієнт Стюдента t ;
- обчислити випадкову похибку $\Delta x_B = S_{cN} t$;
- зафіксувати інструментальну похибку Δx_i ;
- знайти загальну абсолютну похибку $\Delta x = \sqrt{\Delta x_B^2 + \Delta x_i^2}$;

Записати остаточний результат: $x = \langle x \rangle \pm \Delta x$. Визначити відносну похибку вимірювань $\varepsilon = \Delta x / \langle x \rangle$.

9. Проаналізувати дані експерименту. Сформулювати висновки, у яких:

- а) визначити середнє значення сили міцності для кожного з досліджуваних стебел;
- б) зазначити причини розбіжностей при деформації стебел для кожного виду;
- в) визначити, які стебла доцільно використовувати для будівництва екобудинків і чому.

Ми пропонуємо приклад отриманих експериментально. Результатів для кожного із запропонованих стебел злакових культур.

Ячмінь, сире стебло $d=0,2\text{мм}$; $l_0=14\text{ см}$, d – діаметр стебла, l_0 – початкова довжина стебла.

Таблиця 1. Співвідношення між силою та абсолютним видовженням для ячменю (сире стебло)

Експеримент	1	F, Н	0	1,8	3,2	4,6	Розрив стебла
		Δl , мм	0	1	2	3	
	2	F, Н	0	2	4,2	5,5	Розрив стебла
		Δl , мм	0	1	2	3	
	3	F, Н	0	5	7,2	8,3	Розрив стебла
		Δl , мм	0	2	3	5	

Тритикале, сире стебло $d=0,4\text{мм}$; $l_0=14\text{ см}$, d – діаметр стебла, l_0 початкова довжина стебла

Таблиця 2. Співвідношення між силою та абсолютним видовженням для тритикале (сире стебло)

Експеримент	1	F, Н	2	2,8	6	10	13	16	17	18	22	23	Розрив стебла
		Δl , мм	1	2	3	4	5	6	7	9	14	22	
	2	F, Н	2	4	6,5	10,3	13	14,5	16	-	-	-	Розрив стебла
		Δl , мм	0,5	1	2	3	4	5	6	-	-	-	
	3	F, Н	1,3	5	7,3	12,3	15,4	18	20,5	23	27,6	29,6	Розрив стебла
		Δl , мм	1	2	3	5	6	7	8	9	11	12	

Ячмінь, сухе стебло $d=0,2\text{мм}$, $l_0=14\text{ см}$, d – діаметр стебла, l_0 - початкова довжина стебла.

Таблиця 3. Співвідношення між силою та абсолютним видовженням для ячменю (сухе стебло)

Експеримент	1	F, Н	0	2	3	4	5,5	Розрив стебла
		Δl , мм	0	3	5	10	20	
	2	F, Н	0	0,2	0,5	3	5	Розрив стебла
		Δl , мм	0	1	2	3	5	
	3	F, Н	0	1	3,5	6,8	7,5	Розрив стебла
		Δl , мм	0	1	2	3	4	

Аналогічні дослідження виконуємо для сухого стебла тритикале, $d=0,4\text{мм}$, $l_0=14\text{ см}$, d – діаметр стебла, l_0 - початкова довжина стебла.

Таблиця 4. Співвідношення між силою та абсолютним видовженням для тритикале (сухе стебло)

Експеримент	1	F, Н	0,1	2	3,5	5,8	10	12	12,5	Розрив стебла
		Δl , мм	1	2	3	4	5	6	7	
	2	F, Н	1,5	3,8	5,8	9,8	11,5	11,8	-	Розрив стебла
		Δl , мм	1	2	3	4	5	6	-	
	3	F, Н	0,5	2	3,9	5,4	10,5	12,5	14	Розрив стебла
		Δl , мм	1	2	3	4	5	6	7	

Такий підхід до вивчення теми з фізики має важливе значення у засвоєнні нових знань, у творчій активності та отриманні практичних навичок. За допомогою міжпредметних зв'язків в учнів формується вміння оперувати отриманою інформацією для вирішення задач з фізики, біології та математики. [31]

3.3.6. Вивчення залежності доцентрової сили від параметрів тіла та його руху

За допомогою елементів STEM – освіти учні можуть проявляти інженерні здібності для створення моделі з дослідження доцентрового прискорення та визначення сили, що діє на тіло обертання. Таке завдання доцільно запропонувати учням 9-х або 10-х класів, тому що на цьому етапі вони вивчають розділ фізики «Динаміка».

Рух матеріальної точки по коловій траєкторії – це окремий випадок криволінійного руху. Даний рух характеризується миттєвою швидкістю, яка напрямлена по дотичній до траєкторії руху і завжди перпендикулярна до радіуса кола руху.

Рівномірний рух по колу здійснюється з прискоренням, яке є сталим, а вектор швидкості постійно змінює свій напрям. Оскільки лінійна швидкість змінюється за напрямом, то тіло, яке рухається по коловій траєкторії, набуває прискорення.

Прискорення матеріальної точки, що здійснює рівномірний рух по колу, у будь-якій точці траєкторії напрямлене до центра кола по його радіусу і перпендикулярне до вектора швидкості. Дане прискорення називається доцентровим. Згідно закону Ньютона, для підтримання сталого прискорення необхідна певна сила. Прискорення, яке надане тілу внаслідок дії на нього сили, збігається за напрямком з нею і прямо пропорційне модулю сили й обернено пропорційне масі тіла:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (1)$$

Аналізуючи формулу (1), робимо висновок, що при збільшенні маси тіла і сталій силі – прискорення зменшується.

Для визначення залежності сили, що діє на тіло при рівномірному русі по колу, від вибраних параметрів використаємо простий пристрій, який показаний на рис. 3.1. Основні частини пристрою: скляна трубка довжиною близько 15 см та діаметром 9 мм; резиновий корок з двома отворами; нейлонова нитка довжиною 1,5 м; кілька шайб масою 6 г кожна; затискач; канцелярська скріпка.

На нитці підвішені шайби, їхню кількість можна змінювати. Шайби використовують для натягу нитки і для створення горизонтальної сили, яка буде утримувати корок при русі по колу. Дана сила і є доцентровою.

Доцентрова сила з'являється в результаті взаємодії рухомого тіла з іншими тілами. Отримала вона таку назву не тому, що має особливу природу, а лише через ту роль, яку виконує при русі тіла по колу. Доцентровою є сила, яка весь час перпендикулярна швидкості руху.

Розглянемо залежність сили, яка надає коркові доцентрового прискорення при обертанні його по колу, від швидкості, маси тіла і радіуса траєкторії.

Зафіксуємо сталий радіус руху корка за допомогою затискача. Для визначення швидкості тіла реєструємо час та кількість обертів. Під час рівномірного руху по колу період є сталою величиною. За цими даними визначаємо період T та частоту $\nu = \frac{1}{T}$ обертання корка.

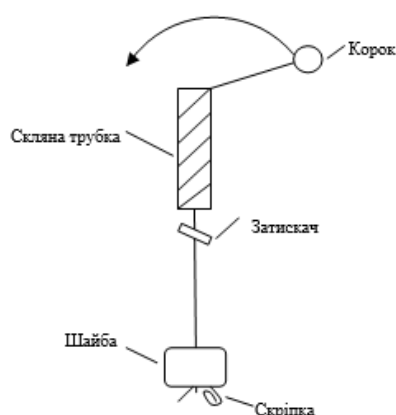


Рис. 3.1. Схема пристрою

За формулою (2) визначимо лінійну швидкість обертання корка:

$$v = \frac{2\pi R}{T} \quad (2)$$

Під час експерименту можна помітити, що при коловому русі корка відрізок нитки між корком і скляною трубкою не зовсім горизонтальний. Маса корка відтягує його вниз.

Чим швидше рухається корок, тим сильніше треба тягнути нитку вниз. Якщо відпустити її, корок перестане рухатися по колу і витягне нитку за собою вверх крізь трубку. Горизонтальність руху корка забезпечує певна кількість шайб, достатня для того, щоб нитка певної довжини із закріпленим корком, оберталася по колу.

Сила тяжіння $m_{\text{ш}}\vec{g}$, яка діє на шайби, передається вздовж нитки. Вона спричинює появу сили натягу нитки, яка діє на корок. Горизонтальна складова цієї сили відіграє роль доцентрової сили і напрямлена вздовж радіуса кола обертання.

$$R = L \cos \theta; \quad F = m_{\text{ш}} g \cos \theta \quad (3)$$

θ - кут між горизонтальною площиною та напрямком нитки.

Для дослідження залежності доцентрової сили від маси необхідно обертати не один корок, а два. На основі другого закону Ньютона, зміна маси в два рази, потребує подвоєння сили, що підтримує рух з тією ж швидкістю по тому самому радіусу.

При обертанні тіла по колу, доцентрова сила прямо пропорційна квадрату кутової швидкості тіла:

$$F = m_{\text{к}} \omega^2 R \quad (4),$$

де $\omega = 2\pi\nu$.

Доцентрову силу визначають за (4):

$$F = 4\pi^2 m_{\text{к}} \nu^2 R \quad (5),$$

де $m_{\text{к}}$ - маса корка, ν - частота обертання.

Після підстановки отримаємо:

$$m_{\text{ш}}g \cos\theta = 4\pi^2 m_{\text{к}} v^2 L \cos\theta \quad (6)$$

$$m_{\text{ш}}g = 4\pi^2 m_{\text{к}} v^2 L \quad (7)$$

У результаті виконання експерименту приходимо до висновку, що доцентрова сила пропорційна масі корка, радіусу кола та квадрату частоти обертання.

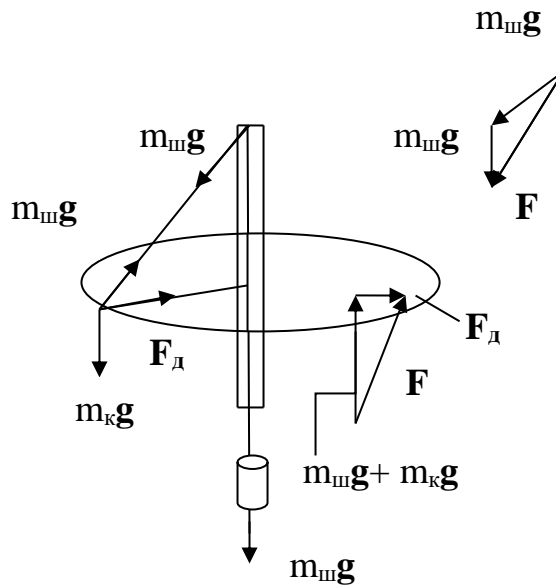


Рис.3.2. Моделювання руху тіла по колу

На рис. 3.2. Зображено всі сили, які діють на установку. \vec{F} – результуюча сила, яку прикладає експериментатор, нехтуючи масою трубки. Гравітаційна компонента цієї сили ($m_{\text{ш}}\vec{g} + m_{\text{к}}\vec{g}$) є сталою за напрямком. Доцентрова сила (горизонтальна компонента) \vec{F}_d постійно змінює свій напрям в горизонтальній площині.

Залежність сили від радіуса безпосередньо виявити важко, так само як і крутити корок з однією і тією ж частотою кожен раз, коли змінюється радіус. Кращий спосіб отримати відношення між силою і радіусом полягає у багатократному повторенні експерименту, кожен раз використовуючи нове значення радіусу і одне й те саме значення доцентрової сили для кожного радіусу.

У даному експерименті користуємось довільними одиницями сили і маси: в якості одиниці для вимірювання доцентрової сили використовується сила тяжіння, що діє на металеву шайбу; одиницею маси служить маса резинового корка.

Розміри скляної трубки не критичні, але поверхня верхнього кінця, по якій ковзає нитка, має бути гладкою, що дозволить звести тертя до мінімуму.

Вибір нитки має значення, щоб тертя було малим. Краще всього підходить риболовна волосінь із міцного нейлону.

Розміри корка, радіус кола і розмір та мінімальне число шайб мають бути чітко підібрані, щоб отримати гарні результати. Великі відхилення від рекомендованих значень можуть призвести до того, що графік залежності сили від швидкості буде мати вигляд прямої лінії.

Щоб забезпечити обертання корка з постійною частотою, верх трубки має рухатись по колу малого радіусу. Це дає незначну складову сили в напрямку руху, яка необхідна для зрівноваження тертя.

Проте коло не має перевищувати сантиметр чи два в діаметрі, в іншому випадку радіус кола, по якому рухається корок, не може бути точно вимірним по довжині нитки.

Радіус кола, який описує корок, має бути вимірним від середини корка, де лежить центр мас. Оскільки розміри корка малі по відношенню до радіусу кола, при вимірюванні від цієї точки отримаємо значення радіусу, дуже близьке до дійсного, правильного.

Отже, доцентрова сила залежить від маси, швидкості обертання та радіуса кола руху. Дані залежності дослідили експериментально за допомогою наведеного пристрою. Відмітимо, що доцентрову силу, що діє на тіло при рівномірному русі по колу, розглядаємо лише в інерціальних системах відліку.
[32]

3.3.7. Розв'язування турнірних задач

Важливим етапом у становленні молодих дослідників є участь в юніорських турнірах з фізики (ТЮФ). Робота по підготовці учнів до турнірів вимагає як від

вчителя так і від учнів нестандартно мислити, систематизувати та аналізувати інформацію по певній задачі, проявляти інженерну майстерність, адже часто необхідно створювати модель для задачі.

Пропонуємо розв'язок задач, які гралися на ХХІХ турнірі юних фізиків, рівень республіки у січні 2023 року, 2022 – 2023 н.р. Команда від Волинської області зайняла третє місце, а Корнелюк Катерина у складі команди «Хрестоносці» отримала диплом кращого рецензента України в особистому рейтингу.

Задача №8
“Маятник Ейлера”

Доповідач: Корнелюк Катерина
Представниця команди “Хрестоносці”

Слайд 2

8. “Маятник Ейлера”.

Візьміть товсту пластину з немагнітного матеріалу і закріпіть на ній неодимовий магніт. Підвісьте під ним магнітний стрижень (який можна зібрати з циліндричних неодимових магнітів). Відхиліть стрижень так, щоб він торкався пластини лише найвищим краєм, і відпустіть його. Вивчіть рух такого маятника за різних умов.

План роботи

Слайд 3

Теоретична частина:

- запропонована установка
- керуючі параметри

Практична частина:

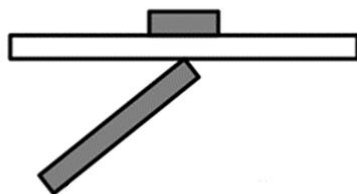
- залежність руху маятника від немагнітної пластини (маятник №1)
- приклади експериментів із маятником №1
- залежність руху маятника від немагнітної пластини (маятник №2)
- приклади експериментів із маятником №2

Обрахунки:

- формули обчислення періоду коливань та їх кількості для даного руху
- порівняння результатів отриманих теоретично та практично

Установка

Слайд 4



Керуючі параметри:

Слайд 5

- кут відхилення маятника
- довжина маятника
- маса маятника
- матеріал немагнітної пластини

Залежність руху маятника від матеріалу поверхні

$L = 0,184\text{м}$
$m = 0,014\text{кг}$

Поверхня	Скло	Алюміній	Дзеркало	Гіпсокартон
Час	118 с	144 с	85 с	62 с

Приклади експериментів



Залежність руху маятника від матеріалу поверхні

$L = 0,092\text{м}$
$m = 0,007\text{кг}$

Поверхня	Скло	Алюміній	Дзеркало	Гіпсокартон
Час	58 с	43 с	57 с	42 с

Приклади експериментів

Слайд 9



Період коливання фізичного маятника

Слайд 10

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl_1}}$$

J – момент інерції
 m – маса маятника
 g – прискорення вільного падіння
 l_1 – відстань від центра ваги маятника до точки підвісу

$$l_1 = \frac{1}{2}l$$

$$J = \frac{1}{3}ml^2$$

Обрахунки за теоретичними даними

Слайд 11

Вихідні дані:

$$t = 56 \text{ (с)}$$

$$m = 0,007 \text{ (кг)}$$

$$l = 0,092 \text{ (м)}$$

Результати:

$$T \approx 0,49 \text{ (с)}$$

$$N \approx 114$$

Обрахунки за експериментальними даними

Вихідні дані:

$t = 56$ (с)

$N = 110$

$m = 0,007$ (кг)

$l = 0,092$ (м)

Результат:

$T \approx 0,51$ (с)

Порівняння результатів отриманих практично і теоретично:

Різниця зумовлена прямими вимірюваннями:

- довжини маятника
- маси маятника
- часу коливань
- кількості коливань

Висновки

Отже, під час експериментів ми дослідили, які керуючі параметри впливають на коливальний рух маятника на немагнітній пластині. В результаті експериментів з різними маятниками та пластинами, ми спостерігали, що рух маятника залежить від таких параметрів:

- кут відхилення маятника
- довжина маятника
- маса маятника
- матеріал немагнітної пластини

Добрий день усім присутнім. Мене звати Корнелюк Катерина, представниця команди “Хрестоносці”. Наша команда представляє вашій увазі свій розв’язок на питання під номером 8 “Маятник Ейлера”.

Слайд 2.

Отож на слайді, котрий ви можете зараз спостерігати, є добре нам відома умова завдання.

Слайд 3.

Тому пропоную перейти відразу власне до суті питання.

Проте спочатку варто розглянути план нашої роботи. Отже, у теоретичній частині маємо на меті розглянути запропоновану нам умовою задачі установку та припустити керуючі параметри, що можуть впливати на рух такого маятника. У практичній частині ми дещо детальніше розглянемо залежність руху маятника від параметрів немагнітної пластини, зокрема її матеріалу, на прикладі виготовлених нами маятників №1 та №2, параметри яких ми озвучимо дещо пізніше у ході нашої доповіді. Також вважаємо доцільним навести приклади деяких експериментів із такими маятниками. Далі здійснимо обрахунки як за теоретичними даними, так і за даними отриманих нами у ході експерименту та порівняємо їх.

Слайд 4.

Тож за умовою маємо пластину із немагнітного матеріалу, неодимовий магніт та магнітний стрижень, що у даному випадку відіграватиме роль маятника. Зараз на слайді зліва ви можете побачити теоретично змодельовану установку, що задовольняє умову задачі. А справа ви можете побачити вже фото виготовленої нами установки, що має схожий вигляд. Її конструкція складається із двох штативів, за допомогою яких закріплена немагнітна пластинка. На поверхні такої пластинки маємо неодимовий магніт, а під нею знаходиться магнітний стрижень, котрий ми склали із окремих циліндричних магнітів.

Слайд 5.

Наступним елементом розв’язку задачі є визначення керуючих параметрів. Для початку висунемо припущення, що рух маятника змережатиме від:

- кута відхилення маятника
- довжини маятника
- маси маятника
- матеріалу немагнітної пластини

Тож розглянемо усі вищезгадані параметри дещо детальніше, зокрема експериментально, та підтвердимо чи спростуємо залежність руху гвинта від таких параметрів.

Слайд 6.

На даному слайді спостерігаємо таблицю залежності руху маятника від матеріалу, із якого виготовлена немагнітна пластинка. Також нами були зазначені власне параметри самого маятника. Такі як довжина, що дорівнює 0,184 м, та маса, що дорівнює 0,014 кг. Варто також зазначити, що час вказаний нами у таблиці є часом від початку коливань до повного їх затухання.

Слайд 7.

Також на думку нашої команди було доречним продемонструвати окремі із проведених нами експериментів. Зокрема зараз на слайді ви можете побачити уривки дослідів із маятником описаним нами вище на склі та алюмінію відповідно.

Слайд 8.

На даному слайді знову ж таки спостерігаємо таблицю залежності руху маятника від матеріалу, із якого виготовлена немагнітна пластинка. Однак ми змінили параметри самого маятника. Такі як довжина, що у цьому випадку дорівнювала 0,092 м, та маса, що дорівнює 0,007 кг. Знову ж таки час вказаний нами у таблиці є часом від початку коливань до повного їх затухання.

Слайд 9.

На наступному слайді ви також можете побачити досліди, що були нами проведені, із раніше зазначеним маятником. Зокрема тут бачимо уривки експериментів із гіпсокартоном та дзеркалом відповідно.

Слайд 10.

Далі доцільним вважаємо провести деякі обрахунки для такого процесу. Отож за формулою періоду коливань фізичного маятника, період дорівнює (з слайду), де J – момент інерції; m – маса маятника; g – прискорення вільного падіння; l – відстань від центра ваги маятника до точки підвісу. Таке значення як наприклад момент інерції розраховуємо за формулою (з слайду), а значення відстані від центра ваги маятника до точки підвісу за формулою (з слайду). Масу маятника дізнаємось за допомогою прямих вимірювань, а прискорення вільного падіння є сталою величиною.

Слайд 11.

Отож коли здійснимо обрахунки за вище згаданими формулами, то отримаємо, що теоретичне значення періоду приблизно дорівнюватиме 0,49 с, а кількість коливань становитиме 114. Вихідні дані, що були нами використані ви можете побачити зараз на слайді.

Слайд 12.

Далі пропонуємо здійснити аналогічні обрахунки для числового значення періоду тільки цього разу використовуючи дані, що ми отримали у ході експерименту. Після обчислень ми отримали, що практичне значення періоду приблизно дорівнюватиме 0,51 с.

Слайд 13.

Із розглянутих нами до того даних спостерігаємо незначну різницю між результатами одержаними теоретично та практично. Тому розглянемо власне чому така різниця взагалі існує та чому вона має місце у нашому розв'язку. Тож наша команда вважає, що така різниця зумовлена прямими вимірюваннями окремих параметрів, зокрема таких як

- довжина маятника
- маса маятника
- час коливань
- кількість коливань

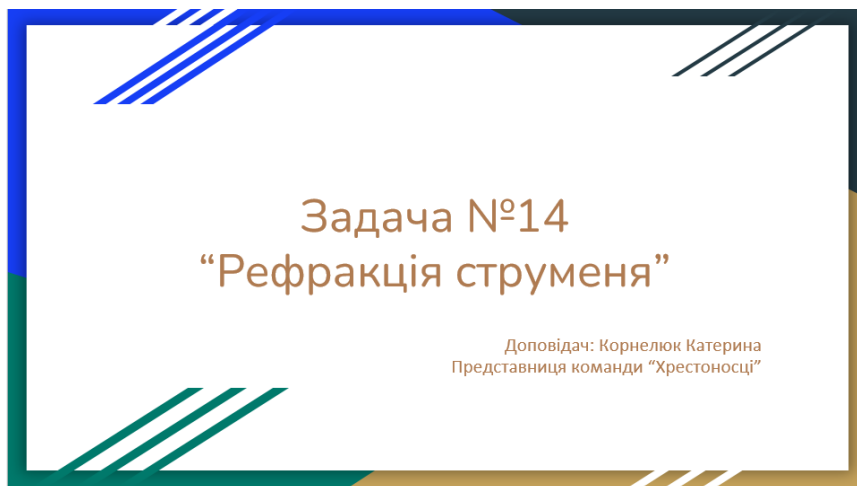
Слайд 14.

Отже, під час експериментів ми дослідили, які керуючі параметри впливають на коливальний рух маятника на немагнітній пластині. В результаті експериментів з різними маятниками та пластинами, ми спостерігали, що рух маятника залежить від таких параметрів:

- кут відхилення маятника
- довжина маятника
- маса маятника
- матеріал немагнітної пластини

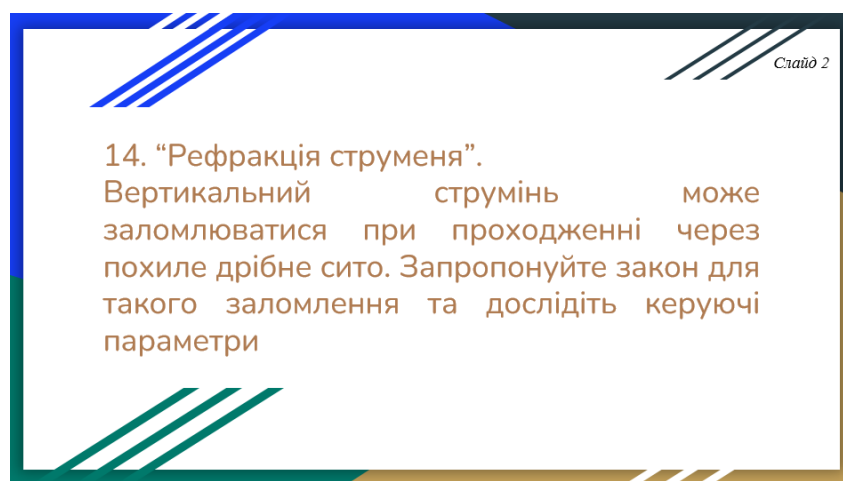
Нашу доповідь завершено. Дякую за увагу

Розглянемо розв'язок ще однієї турнірної задачі.



Задача №14
“Рефракція струменя”

Доповідач: Корнелюк Катерина
Представниця команди “Хрестоносці”



Слайд 2

14. “Рефракція струменя”.
Вертикальний струмінь може заломлюватися при проходженні через похиле дрібне сито. Запропонуйте закон для такого заломлення та дослідіть керуючі параметри

План роботи

Слайд 3

Теоретична частина:

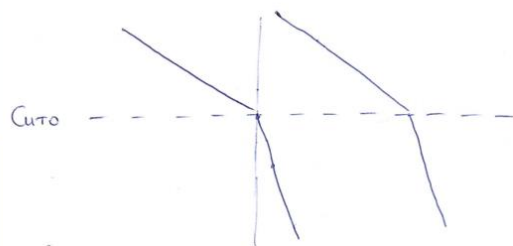
- запропонована установка
- керуючі параметри

Практична частина:

- експеримент №1
- експеримент №2
- експеримент №3

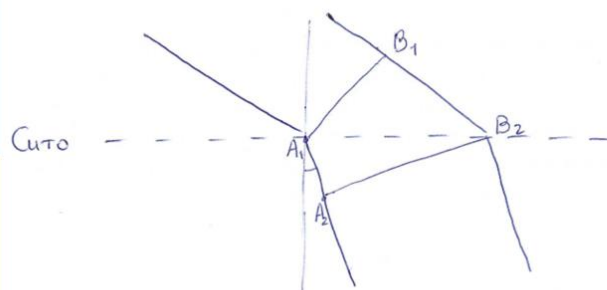
Установка

Слайд 4



Механізм взаємодії

Слайд 5



$$\tau = \frac{B_1 B_2}{v_1};$$

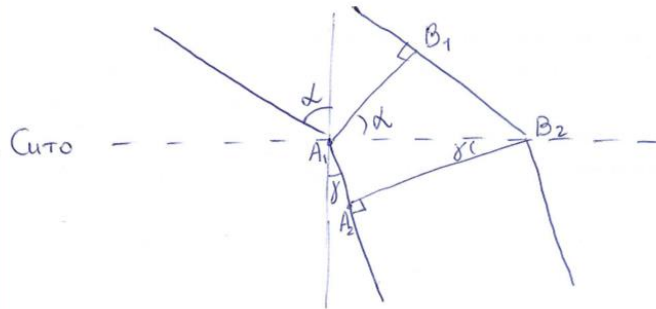
$$A_1 A_2 = v_2 \cdot \tau;$$

$$\tau = \frac{A_1 A_2}{v_2};$$

$$\frac{B_1 B_2}{v_1} = \frac{A_1 A_2}{v_2}.$$

Механізм взаємодії

Слайд 6



$$\frac{A_1 A_2}{A_1 B_2} = \sin \gamma;$$

$$\frac{B_1 B_2}{A_1 B_2} = \sin \alpha;$$

$$\frac{A_1 A_2}{\sin \gamma} = \frac{B_1 B_2}{\sin \alpha};$$

$$B_1 B_2 = A_1 A_2 \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma};$$

$$\frac{A_1 A_2}{v_1} \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{A_1 A_2}{v_2}.$$

Слайд 7

Закон Снеліуса

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{v_1}{v_2}$$

α – кут падіння струменя;
 γ – кут заломлення струменя

Даний закон виконуватиметься за таких умов:

- діаметр струменя буде більший ніж отвори сита
- швидкість потоку v_1 не буде критично високою

Слайд 8

Керуючі параметри

- дрібність сита
- конфігурація сита
- шаровість сита
- радіус кривизни дна сита
- потужність струменя
- кут нахилу сита
- температура води

Експеримент №1

Слайд 9



Експеримент №2

Слайд 10



Експеримент №3

Слайд 11



Висновок

Отже, під час експериментів ми дослідили, які керуючі параметри впливають заломлення струменя при проходженні через сито. В результаті експериментів з різними варіаціями сита, ми спостерігали, що дане явище залежить від таких параметрів як:

- дрібність сита
- конфігурація сита
- шаровість сита
- радіус кривизни дна сита
- потужність струменя
- кут нахилу сита

Добрий день усім присутнім. Мене звати Корнелюк Катерина, я представниця команди “Хрестоносці”. Наша команда представляє вашій увазі свій розв’язок на питання під номером 8 “Маятник Ейлера”.

Слайд 2.

Отож на слайді, котрий ви можете зараз спостерігати, є добре нам відома умова завдання.

Слайд 3.

Тому пропоную перейти відразу власне до суті питання. Проте спочатку варто розглянути план нашої роботи. Отже, у теоретичній частині маємо на меті розглянути запропоновану нам умовою задачі установку та припустити керуючі параметри, що можуть впливати на заломлення такого струменя. У практичній частині ми також підтвердимо теоретичні дані зокрема експериментально, продемонструвавши окремі уривки із проведених нами експериментів.

Слайд 4.

Тож за умовою маємо дрібне сито та власне струмінь. Зараз на слайді зліва ви можете побачити теоретично змодельовану установку, що задовольняє умову задачі. А справа ви можете побачити вже фото виготовленої нами установки, що має схожий вигляд.

Слайд 5.

У межах нашого розв'язку пропонуємо провести аналогію заломлення струменя із заломленням світла у двох середовищах. При переході через сито швидкість струменя води теж змінюється, оскільки матимемо взаємодію між потоком води та проміжками між отворами. Власне механізм цієї взаємодії має дві складові: сили поверхневого натягу в отворах та механічні перешкоди між цими отворами.

Слайд 6.

Далі виконаємо деякі позначки для кутів, зокрема позначимо кут падіння струменя як α , а кут заломлення як γ , що ви можете зараз побачити на малюнку. перешкоди між цими отворами.

Слайд 7.

Звідси отримуємо закон Снеліуса . Аналогічно до того як схоже відношення є характеристикою середовища у заломленні світла, величина є характеристикою сита у нашій задачі. Її також можна визначити експериментально. Такий закон виконуватиметься зокрема за таких умов як те, що діаметр струменя буде більший ніж отвори сита та швидкість потоку не буде критично високою.

Слайд 8.

Наступним елементом розв'язку задачі є визначення керуючих параметрів. Для початку висунемо припущення, що описане умовою задачі заломлення струменя залежатиме від:

- дрібності сита
- конфігурації сита
- шаровості сита
- радіусу кривизни дна сита

- потужності струменя
- кута нахилу сита
- температури води

Слайд 9. ОПИСАТИ

Слайд 10. ОПИСАТИ

Слайд 11. ОПИСАТИ

Слайд 12.

Отже, під час експериментів ми дослідили, які керуючі параметри впливають заломлення струменя при проходженні через сито. В результаті експериментів з різними варіаціями сита, ми спостерігали, що дане явище залежить від таких параметрів як:

- дрібність сита
- конфігурація сита
- шаровість сита
- радіус кривизни дна сита
- потужність струменя
- кут нахилу сита

Нашу доповідь завершено. Дякую за увагу

Ми бачимо, що кожний етап вивчення природничої дисципліни є досить цікавим та творчим. Здобувачі освіти мають можливість проявляти себе як дослідники та науковці, так і творці нових приладів, моделей.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У третьому розділі розглянуто різні шляхи залучення дітей до вивчення фізики, уміння застосовувати свої знання та вміння на практиці.

Виокремлено основні етапи формування практичних умінь та навичок здобувачів освіти, що дозволяє вдосконалювати практичні навички. такі, як: тайм-менеджмент, побудова логічних аргументів, абстрактне та критичне мислення, аналіз даних, дослідження, візуалізація, креативність.

Розкрито важливість використання проєктної технології, адже це один з інноваційних підходів впровадження STEM – освіти в навчальних закладах.

Показано важливість залучення учнів до науково – пошукової діяльності, що дозволяє розкрити розуміння фізичних законів та явищ, розвивати міждисциплінарні навички, критичне мислення. Участь здобувачів освіти у турнірах юних фізиків дозволяє їм проявляти індивідуальність, уміння працювати в команді, коректне відстоювання своєї думки перед опонентом.

ВИСНОВКИ

- розглянути важливість переходу навчальних програм на платформу STEM – освіти;
- розглянути співвідношення методів навчання здобувачів освіти;
- здійснити аналіз модельної навчальної програми «STEM 5-6 класи (міжгалузевий інтегрований курс)»;
- проаналізувати модельну програму: «Фізика 7 клас НУШ (пілотний) та 7 клас 2024 – 2025 н. р.»;
- здійснити аналіз стилів навчання здобувачів освіти;
- розглянути особливості інклюзивного навчання, роботу з невестигаючими учнями;
- виокремити етапи формування критичного мислення здобувачів освіти та навичок їх дослідницької діяльності;
- показати важливість використання STEM – технологій для індивідуального розвитку здобувачів освіти.

У даній роботі проведено аналіз модельних програм МОН з «STEM 5-6 класи (міжгалузевий інтегрований курс)» та результати впровадження в навчальну діяльність здобувачів освіти та «Фізика 7 клас НУШ (пілотний) та 7 клас 2024 – 2025 н. р.». Відмічено важливість переходу навчальних програм на платформу STEM – освіти.

Розглянуто співвідношення між методами та стилями навчання; особливості роботи в класах з інклюзією, важливість психологічної готовності здобувачів освіти до складання національного мультипредметного тесту.

Виокремлено основні форми та методи проведення науково-дослідницької роботи з використанням STEM – технологій. Зокрема, розглянуто особливості залучення здобувачів освіти різної вікової категорії до створення STEM – проєктів, проведення STEM – майстерень, створення моделей досліджень та

моделей для досліджень, важливість залучення здобувачів освіти до участі у турнірах юних фізиків (ТЮФ). Важливим елементом даної роботи є те, що розглянуто важливість залучення здобувачів освіти до проєктної діяльності з 5 класу по 11 клас.

Запропоновано окремі науково-дослідницькі проєкти, які вимагали створення моделі дослідження «Вивчення залежності доцентрової сили від параметрів тіла та його руху», проєкти, які поєднували міжпредметні зв'язки «Енергія Гіббса та корисно виконана робота біосистемою», «Експериментальне завдання на визначення межі міцності стебел злакових культур», «Дослідження ефективності використання енергетичної верби», розв'язок турнірних задач. Зокрема, здобувачами освіти створено моделі «Школа майбутнього», сім моделей для проведення досліджень з певних тем, моделі, за допомогою яких можна демонструвати властивості світла, види самостійних газових розрядів, створені постери, проведено майстер – класи з теми «Життя та діяльність Миколи Коперника»,

Проаналізовано важливість впровадження STEM – освіти в навчальний процес, що дозволяє розкрити інженерні здібності учнів, розвинути їх творчий потенціал, формувати критичне та логічне мислення.

Запропоновані види діяльності здобувачів освіти до вивчення предметів природничої освітньої галузі під час вивчення матеріалу на уроці, так і в позаурочний час є основою до самореалізації, розвитку інженерного потенціалу, до вибору майбутньої професії з науко-технічної галузі, що є надзвичайно актуальним у наш час.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фізика. Навчальні програми для загальноосвітніх шкіл. [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-10-11-avtorskiy-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lokteva-vm.pdf> (дата звернення 20.04.2023). – Назва з екрана.
2. НУШ – що потрібно знати про «Нову Українську Школу» і чим вона відрізняється від колишніх програм [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://i.factor.ua/ukr/promo/partner/nush-shcho-potrбно-znati-pro-novu-ukranksu-shkolu-chim-vona-vdrznyatsya-ud-kolishnh-program.html> (дата звернення 20.06.2023). – Назва з екрана.
3. Що таке STEM – освіти та як впровадити її в навчальний процес? [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим

- доступу: <https://buki.com.ua/news/stem-osvita/> (дата звернення 20.06.2023). – Назва з екрана.
4. Головіна Н. А. Принципи освіти та навчання для успіху / Н. А. Головіна // Матеріали I Міжнародної наукової конференції «Актуальні проблеми фундаментальних наук» (червень, 2015) Луцьк, 2015. – С. 370-374.
5. Головіна Н. А. Формування мотивації навчальної діяльності при вивченні фізики /Н. А. Головіна. – Луцьк, 2014. – С. 70-73.
6. Головін М. Б. Практична навчальна діяльність з програмування в контексті теорії про поетапне формування розумових дій та понять / М. Б. Головін // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. – Вип. 20. – Вінниця, 2008. – С.312-317.
7. Налєпа А.О., Головіна Н.А. До питання співвідношення методів навчання //Збірник матеріалів науково-практичної конференції "Володимир-Волинський педагогічний коледж ім.А.Ю. Кримського: минувшина, сучасність, майбуття".- Луцьк-В-Волинський, 22 листопада 2019. – С. 326-328.
8. Модельна навчальна програма «STEM 5-6 класи (міжгалузевий інтегрований курс)» для закладів загальної середньої освіти (авт. Бутурліна О.В., Артем'єва О.Є.) [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2021/14.07/Model.navch.prohr.5-9.klas.NUSH-poetap.z.2022/Mizhhal.intehr.kursy/> (дата звернення 20.06.2023). – Назва з екрана.
9. Навчальна програма. Фізика. 7 клас НУШ (пілотний) та 7 клас 2024 – 2025 н.р. (атори Модельної програми: Крємінський Б. Г., Гельфгат І. М., Божінова Ф. Я., Нєнашев І. Ю., Кірюхіна О.О.) [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2021/14.07/Model.navch.prohr.5-9.klas.NUSH-poetap.z.2022/Mizhhal.intehr.kursy/>

[3/Model.navch.prohr.5 9.klas/Pryrodnycha.osvitnya.haluz.2023/16.08.2023/Fizyk](https://www.researchgate.net/profile/Yaroslav-Rudyk/publication/316190546_Osvitni_tehnologii/links/58f5e5700f7e9b6f82e99e92/Osvitni-tehnologii.pdf)

(дата звернення 20.09.2023). – Назва з екрана.

10. Освітні технології [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу:

https://www.researchgate.net/profile/Yaroslav-Rudyk/publication/316190546_Osvitni_tehnologii/links/58f5e5700f7e9b6f82e99e92/Osvitni-tehnologii.pdf (дата звернення 20.09.2023). – Назва з екрана.

11. 10 Types of Learning and How to Teach Them: A Complete Guide to Learning Styles [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. –

Режим доступу: <https://www.classcardapp.com/blog/10-types-of-learning-and-how-to-teach-them-a-complete-guide-to-learning-styles> (дата звернення 20.09.2023). –

назва з екрана.

12. Освіта дітей з особливими потребами (інклюзивне навчання) [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу:

[https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%B0_%D0%B4%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%B9_%D0%B7_%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%B8_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%B0%D0%BC%D0%B8_\(%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D0%B7%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F\)](https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%B0_%D0%B4%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%B9_%D0%B7_%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%B8_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%B0%D0%BC%D0%B8_(%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D0%B7%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F)) (дата звернення 20.09.2023). – Назва з екрана.

13. Inclusive Education: What It Means, Proven Strategies, and a Case Study [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим

доступу: <https://resilienteducator.com/classroom-resources/inclusive-education/> (дата звернення 20.09.2023). – Назва з екрана.

14. Волкова Н.П. Педагогіка – К.: «Академвидав», 2007. – С.422 – 424.

15. How to Structure Your Online Class for Inclusion: Two Principles for Fostering Engagement, Part 2 [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні

дані. – Режим доступу: <https://www.facultyfocus.com/articles/online->

[education/online-student-engagement/how-to-structure-your-online-class-for-inclusion-two-principles-for-fostering-engagement-part-2/](https://www.061.ua/news/3675053/ak-zrozumiti-so-u-pidlitka-problemi-poradi-psihologa) (дата звернення: 20.09.2023). – Назва з екрану.

16. Налєпа А. О. Невстигаючі учні у навчальній діяльності //Вектори розвитку та результати досягнень науки в сучасному освітньому просторі. Матеріали науково-практичної конференції (м. Одеса, 23-24 липня 2021 р.). – Херсон: Видавництво «Молодий вчений», 2021. – 100с.

17. Як зрозуміти, що у підлітка проблеми: поради психолога [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.061.ua/news/3675053/ak-zrozumiti-so-u-pidlitka-problemi-poradi-psihologa> (дата звернення: 20.09.2023). – Назва з екрану.

18. Тримаймо спокій та рівновагу: підготовка до НМТ 2023 [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://znogrant.com.ua/trymajmo-spokij-ta-rivnovagu-pidgotovka-do-nmt-2023/> (дата звернення: 20.09.2023). – Назва з екрану.

19. How to think effectively: Six stages of critical thinking [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://bigthink.com/neuropsych/how-to-think-effectively-6-stages-of-critical-thinking/> (дата звернення: 20.09.2023). – Назва з екрану.

20. 5 Top Critical Thinking Skills (And How To Improve Them) [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/critical-thinking-skills> (дата звернення 28.05.2023). – Назва з екрана.

21. Reading and Research Skills [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.universityofgalway.ie/academic-skills/readingandresearch/>(дата звернення 02.06.2023). – Назва з екрана.

22. Типи науково-педагогічних досліджень. [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу:

<https://studfile.net/preview/10088267/page:6> / (дата звернення 02.06.2023). – Назва з екрана.

23. Види моделей [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: https://nmetau.edu.ua/file/01_1.2_lbr_gr_rbr_.pdf (дата звернення 29.05.2023). – Назва з екрана.

24. STEM (science, technology, engineering, and mathematics) [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.techtargget.com/whatis/definition/STEM-science-technology-engineering-and-mathematics> (дата звернення 29.05.2023). – Назва з екрана.

25. Building STEM Education on Sound Mathematical Foundation [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.nctm.org/Standards-and-Positions/Position-Statements/Building-STEM-Education-on-a-Sound-Mathematical-Foundation/> (дата звернення 04.06.2023). – Назва з екрана.

26. Підходи та особливості сучасної STEM – освіти. [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/153213902.pdf> (дата звернення 30.05.2023). – Назва з екрана.

27. Налєпа А.О. Розвиток критичного мислення та навичок дослідницької діяльності здобувачів освіти через впровадження STEM – технологій [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <http://vippo.org.ua/files/school/-----1695816245624124.pdf> (дата звернення 30.07.2023). – Назва з екрана.

28. Таємниця числа Фібоначчі. Чому воно настільки популярно? [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.imena.ua/blog/mystery-of-the-fibonacci-number/#:~:text=%D0%86%D0%BD%D1%88%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%D0%B8%2C%20%D0>

[%BF%D0%BE%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D0%A4%D1%96%D0%B1%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%87%D1%87%D1%96%20%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%BB%D1%8F%D0%B4%D0%B0%D1%94,%D1%83%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%2C](#) (дата звернення 30.05.2023). – Назва з екрана.

29. Налєпа А.О. Курсова робота: Використання законів термодинаміки для дослідження біологічних процесів людського організму – Луцьк, 2021. – 24 с.

30. Налєпа А.О. Дослідження ефективності використання енергетичної верби //Актуальні проблеми фундаментальних наук. Матеріали ІІІ міжнародної наукової конференції (Луцьк – Світязь. 01 – 05 червня 2019 року). – Луцьк. Вежа-Друк. 2019 – с.82 -84.

31. Налєпа Н. В., Налєпа А. О. Експериментальне завдання на визначення межі міцності стебел злакових культур //Реалізація міжпредметних зв'язків при вивченні природничо – математичних дисциплін. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (15 – 17 лютого 2018 року). – Луцьк. Вежа-Друк. 2018 – с.96 – 100.

32. Головіна Н. А., Налєпа Н. В. Вивчення залежності доцентрової сили від параметрів тіла та його руху //Фізика і хімія твердого тіла. Стан, досягнення і перспективи. Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів (25 – 26 жовтня 2018 року). – Луцьк..2018 – с.148 – 150.

33. Методи й засоби навчання [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: https://pidru4niki.com/12281128/pedagogika/metodi_zasobi_navchannya (дата звернення 20.06.2023). – Назва з екрана.

34. STEM Education in Ukraine in the Context of Sustainable Development [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/348941405_STEM_Education_in_Ukraine_in_the_Context_of_Sustainable_Development (дата звернення 20.06.2023). – Назва з екрана.
35. STEM Water Projects and Science Experiments For Kids [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.steampoweredfamily.com/activities/water-projects-for-kids/> (дата звернення 18.09.2023). – Назва з екрана.
36. Як підготувати науковий постер? [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u186/pidgotovka_posteriv.pdf (дата звернення 21.10.2023). – Назва з екрана.
37. Створюємо постери в Publisher [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://kyivobl-man.in.ua/wp-content/uploads/2020/12/buklet-rekomendatsiyi-z-vygotovlennya-postera.pdf> (дата звернення 11.08.2023). – Назва з екрана.
38. Institute of Physics: Supporting Physics Teaching [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.stem.org.uk/elibrary/collection/2964> (дата звернення 19.11.2023). – Назва з екрана.
39. Розвиток критичного мислення учнів в процесі навчання фізики [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: http://4ua.co.ua/pedagogics/vb3bc68b5d53b88521216d27_0.html (дата звернення 12.05.2023). – Назва з екрана.
40. Програма «Експериментальна і теоретична фізика» (технічна лабораторія STEM) [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://chernihiv.pb.org.ua/> (дата звернення 27.05.2023). – Назва з екрана.

41. Найпотрібніша навичка майбутнього [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://osvitoria.media/opinions/chomu-krytychne-myslennya-najpotribnisha-navychka-majbutnogo/> (дата звернення 22.07.2023). – Назва з екрана.
42. Hans E. Fischer Motivation and Learning Physics [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/285701803_Motivation_and_Learning_Physics (дата звернення 18.11.2023). – Назва з екрана.
43. Why Engineering is Important in the Present Day [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.totalphase.com/blog/2017/05/engineering-important-present-day/> (дата звернення 21.08.2023). – Назва з екрана
44. Easy Science Experiments and STEM Activities Using Household Stuff [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://indyschild.com/31-easy-science-experiments-and-stem-activities-using-household-stuff/> (дата звернення 21.08.2023). – Назва з екрана.
45. Design Steps for Physics STEM Education Learning in Secondary School [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: https://indico.cern.ch/event/486350/papers/2481311/files/4945-paper103_design_steps_for_physics_stem_education_learning_in_secondary_school.pdf (дата звернення 21.08.2023). – Назва з екрана.
46. Future Physics Learning Materials Based on STEM Education: Analysis of Teachers and Students Perceptions [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1155/1/012021/pdf> (дата звернення 21.09.2023). – Назва з екрана.
47. Learning physics online or face-to-face: A case study of STEM and non-STEM students Perceptions [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу:

- <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2022.1041187/full> (дата звернення 15.09.2023). – Назва з екрана.
48. Modeling in Physics and Physics Education [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.iederkindeentalent.nl/wp-content/uploads/2012/06/Girep-Proceedings-CD.pdf> (дата звернення 15.09.2023). – Назва з екрана.
49. Physics Teacher Job Description [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.betterteam.com/physics-teacher-job-description> (дата звернення 15.07.2023). – Назва з екрана.
50. Active learning strategies in physics teaching [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED504252.pdf> (дата звернення 15.07.2023). – Назва з екрана.
51. Physics doesn't have to be hard! [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.uwlax.edu/currents/physics-doesnt-have-to-be-hard/> (дата звернення 15.07.2023). – Назва з екрана.
52. Interactive Methods of Teaching Physics at Technical Universities [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <http://119.3.30.36/ybyh/wp-content/uploads/2017/12/2-Interactive-Methods.pdf> (дата звернення 19.07.2023). – Назва з екрана.
53. The teaching of physics at upper secondary school level: A comparative study between Indonesia and Ireland [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feduc.2023.1118873/full> (дата звернення 10.08.2023). – Назва з екрана.
54. 7 Creative Ways to Teach Physics Without Lecturing [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу:

<https://www.labster.com/blog/7-creative-ways-teach-physics> (дата звернення 10.08.2023). – Назва з екрана.

55. Newton's Laws of Motion [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://byjus.com/physics/laws-of-motion/> (дата звернення 15.08.2023). – Назва з екрана.

56. Mechanics in Physics [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://study.com/academy/lesson/mechanics-physics-overview-types.html> (дата звернення 15.08.2023). – Назва з екрана.

57. Why Study Physics? [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.aps.org/programs/education/whystudy.cfm> (дата звернення 16.08.2023). – Назва з екрана.

58. Circular Motion Study Guide [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.inspiritvr.com/circular-motion-study-guide/> (дата звернення 16.08.2023). – Назва з екрана.

59. Applications of Circular Motion [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.studysmarter.co.uk/explanations/physics/circular-motion-and-gravitation/applications-of-circular-motion/> (дата звернення 16.08.2023). – Назва з екрана.

60. 5 Tips for How To Study Physics Effectively [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: edrawmind.com/article/how-to-study-physics.html (дата звернення 26.08.2023). – Назва з екрана.

61. How to Learn Physics Fast and Effectively: 25 Tips [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу:

https://content.wisestep.com/learn-physics-fast-effectively-tips/#google_vignette

(дата звернення 26.08.2023). – Назва з екрана.

62. How to Succeed in Physics [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.cmu.edu/student-success/other-resources/fast-facts/succeed-in-physics.pdf> (дата звернення 26.08.2023). – Назва з екрана.

63. How To Study Physics [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.educationcorner.com/physics-study-skills-guide.html> (дата звернення 26.08.2023). – Назва з екрана.

64. How to teach physics effectively? 7 experimented tips [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://eduinput.com/how-to-teach-physics-effectively/> (дата звернення 28.08.2023). – Назва з екрана.

65. How to Teach Physics [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.wikihow.life/Teach-Physics> (дата звернення 28.08.2023). – Назва з екрана.

66. What Is STEM Education and Why Is It Important? [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.utep.edu/extendeduniversity/utepconnect/blog/december-2021/what-is-stem-education-and-why-is-it-important.html> (дата звернення 28.08.2023). – Назва з екрана.

67. Science, Technology, Engineering and Mathematics [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://education.qld.gov.au/curriculum/stages-of-schooling/stem> (дата звернення 28.08.2023). – Назва з екрана.

68. Teaching STEM in the Secondary School [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: [106](https://ipa-</p></div><div data-bbox=)

pasca.unpak.ac.id/pdf/Teaching-STEM-in-the-Secondary-School.pdf (дата звернення 06.09.2023). – Назва з екрана.

69. Benefits of Incorporating STEM Education Into Schools [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.miracle-recreation.com/blog/benefits-of-stem-education/?lang=can> (дата звернення 06.09.2023). – Назва з екрана.

70. Cross-curricular and integrated learning. STEM [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.dcp.edu.gov.on.ca/en/program-planning/cross-curricular-and-integrated-learning/stem-education> (дата звернення 06.09.2023). – Назва з екрана.

71. 11 Engaging STEM Activities for Kids that Will Foster Curiosity [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.rasmussen.edu/degrees/education/blog/simple-stem-activities-for-kids/> (дата звернення 06.09.2023). – Назва з екрана.

72. 5 Applications Of STEM Education In Real-Life [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://digitsutra.com/d-blog/f/5-applications-of-stem-education-in-real-life> (дата звернення 08.09.2023). – Назва з екрана.

73. How to Implement & Integrate STEM Education In Schools [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/education/how-to-integrate-stem-education-in-schools> (дата звернення 08.09.2023). – Назва з екрана.

74. What is the Value of STEM Education? [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.invent.org/blog/trends-stem/value-stem-education> (дата звернення 08.09.2023). – Назва з екрана.

75. 8 Great Tools to Bring STEM Into Any Classroom [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://www.edutopia.org/article/stem-teaching-tools-all-classrooms/> (дата звернення 08.09.2023). – Назва з екрана.

76. Effective STEM Education Programs [Електронний ресурс]. – Електронні текстові та зображувальні дані. – Режим доступу: <https://dpi.wi.gov/stem/effective> (дата звернення 08.09.2023). – Назва з екрана.