

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

**Кафедра фізико-математичної освіти та інформатики**

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

**ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ STEM-ОСВІТИ У ПРОЦЕСІ**  
**ВИВЧЕННЯ ГАЗОВИХ ЗАКОНІВ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ**  
**ФІЗИКИ 10 КЛАСУ**

**Виконав:**

Данченко В'ячеслав Петрович

студент 62М-Ф групи спеціальності

014 Середня освіта

Спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика)

**Науковий керівник:**

Качурик Іван Іванович

доктор фізико-математичних наук, професор

кафедри фізико-математичної освіти та інформатики

Допущено до захисту

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Дата захисту « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Оцінка \_\_\_\_\_

Підписи членів ЕК:

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

Глухів 2023 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТІ.....	9
1.1. STEM-освіта як перспективна освітня технологія .....	9
1.2. Застосування STEM-технологій у процесі вивчення фізики у закладах загальної середньої освіти.....	17
1.3. Теоретичні основи вивчення газових законів у шкільному курсі фізики.....	24
1.4. Методичні особливості вивчення газових законів у шкільному курсі фізики .....	28
1.5. Застосування навчального фізичного експерименту у процесі вивчення газових законів у шкільному курсі фізики .....	33
РОЗДІЛ II. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ГАЗОВИХ ЗАКОНІВ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ .....	38
2.1. Методика вивчення газових законів у шкільному курсі фізики .....	38
2.2. Математичне комп'ютерне моделювання фізичних процесів як важливий елемент STEM-технологій .....	48
2.3. Застосування електронних таблиць у процесі проведення навчального фізичного експерименту із газових законів.....	52
2.4. Використання MatLab як інструменту STEM-технологій для моделювання фізичних процесів .....	58
2.5. Лабораторна робота з методики дослідження газових законів у шкільному курсі фізики з використанням мікроконтролера Arduino .....	64
2.6. Методичні рекомендації для вчителів фізики із застосуванням STEM технологій .....	71

ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

## ВСТУП

Особлива увага сьогодення прикута до розвитку самостійності учнів, їхньої здатності здобувати й аналізувати інформацію та ухвалювати оптимальні рішення, умінню використовувати сучасні технології в практичній діяльності. Концепція модернізації освіти ґрунтується на базових і повних стандартах середньої освіти, на реалізації компетентнісного підходу в освіті, розвитку ключових компетентностей, тобто готовності учнів до виконання практичних і теоретичних завдань з використанням набутих знань, навчальних умінь і навичок, засобів діяльності в житті. Введення в навчальний план наскрізних ключових компетентностей спрямоване на розвиток спроможності застосовувати знання та вміння в реальних життєвих ситуаціях.

Бурхливий розвиток ІТ-індустрії та нанотехнологій виявив потребу в досвідчених фахівцях. Це означає, що необхідно забезпечити сучасних здобувачів освіти якісною освітою в таких технічних галузях, як математика, фізика, інженерія та програмування.

Одним з інноваційних напрямів розвитку природничо-математичної освіти є система STEM-освіти, що дає змогу розвивати в дітей логічне мислення, технологічну грамотність, формувати навички розв'язання проблем і ставати раціоналізаторами й винахідниками. STEM-освіта допомагає зміцнювати та розв'язувати найактуальніші проблеми майбутнього.

У віддаленому майбутньому на межі між природничими науками з'являться професії, що пов'язані з перспективними технологіями та високотехнологічним виробництвом. Опанування сучасних професій потребує всебічної підготовки та знань у різних освітніх галузях, що входять до STEM-освіти, таких як природничі науки, інженерна справа, технології та програмування.

Ми живемо у високотехнологічному суспільстві, в якому інженерна

справа й технології відіграють найважливішу роль. Майбутні фахівці мають бути досвідченими професіоналами з відповідною освітою в галузі природничих наук, математики, техніки та інженерії. Освіта має бути проактивною і відповідати майбутнім тенденціям суспільного розвитку. Країни, орієнтовані на технічний прогрес, швидко усвідомили цю проблему. Так зародився новий напрям у STEM-освіті.

Найбільшу активність у просуванні STEM-підходів в освіті проявляють США. Багато країн наслідують США у розвитку STEM-освіти. Уже сьогодні освітні заклади Франції, Великобританії, Австралії, Ізраїлю, Китаю, Південної Кореї та Сінгапуру пропонують акредитовані на державному рівні освітні програми в галузі науки й техніки для підготовки STEM-фахівців.

В Україні вже зроблено перші кроки щодо впровадження системи STEM-освіти. Ця система вже закріплена в українському законодавстві, STEM-освіта реалізується відповідно до Закону України "Про освіту" та наказів Міністерства освіти і науки України. Основною метою впровадження STEM-освіти є реалізація державної політики щодо посилення розвитку науково-технічної спрямованості в навчально-методичній діяльності на всіх рівнях з урахуванням нових вимог Закону України "Про освіту".

Основні ключові компетенції ініціативи "Нової української школи" гармонійно інтегровані в систему STEM-освіти та створюють підґрунтя для успішної самореалізації особистості, як професіонала, так і громадянина; впровадження системи STEM-освіти визначається вимогами "нової економіки".

Результати приймальної кампанії 2017-2020 років засвідчили, що природничо-математична освіта в Україні поки що не користується популярністю в абітурієнтів, а тому не є державним пріоритетом. Тому для нашої країни важливо розвивати цей сектор у рамках модернізації освіти. Цей освітній підхід швидко розвивається, але може пройти кілька років, перш ніж він набуде широкого поширення в українських школах.

STEM-освіта - це набір курсів або програм навчання, які допомагають

учням домогтися успіху в працевлаштуванні, отриманні вищої освіти або і того, і іншого, вимагаючи від них інших, складніших із технічного погляду навичок, як-от математичні знання та використання наукових концепцій. Однак навіть у США, батьківщині STEM-освіти, не існує єдиного розуміння цього поняття. Кожна країна має своє власне визначення. Спільне розуміння в усьому світі полягає в тому, що такі системи освіти навчають дітей жити в реальному, швидко мінливому світі, реагувати на ці зміни, критично мислити і бути загалом розвиненими та творчими людьми. Діти, які здобули освіту за такою системою, безсумнівно, стануть лідерами в суспільстві, легко адаптуються і знайдуть своє місце в житті.

STEM – це освітня програма, що ґрунтується на ідеї навчання здобувачів освіти з чотирьох конкретних дисциплін з використанням міждисциплінарного та прикладного підходу; STEM об'єднує чотири дисципліни в єдину парадигму навчання, яка ґрунтується на застосуванні в реальному світі, а не на викладанні їх як окремих предметів.

Теоретичний огляд проблеми застосування STEM-технологій в освіті висвітлено у працях закордонних вчених: George Lucas, Georgette Yakman, Harald Lesch, David P. Miller, Illah R. Nourbakhsh, Roland Siegwart, Jonathan W. Gerlach. Вітчизняні вчені не стоять осторонь. Проблематиці упровадження STEM-технологій в освіту вивчають такі науковці: І. Василяшко, В. Величко, С. Галата, О. Гірний, С. Горбенко, О. Коршунова, Н. Морзе, О. Патрикеева, О.Струтинська тощо [39].

Перспективність STEM можна пояснити кількома факторами: оскільки STEM-технології орієнтовані на практичне застосування знань у реальних ситуаціях, вони сприяють розвитку в учнів критичного мислення, уміння розв'язувати проблеми, творчого підходу, аналітичних навичок і навичок розв'язання задач. Вони вчать учнів аналізувати складні проблеми, знаходити рішення, експериментувати та генерувати нові ідеї. Це сприяє підвищенню продуктивності праці та готовності учнів до вирішення реальних проблем.

Підхід STEM об'єднує науку, технологію, інженерію та математику,

сприяючи розумінню взаємозв'язку між різними науковими дисциплінами та їхнім практичним застосуванням у реальному світі. Учні вчать мислити цілісно і розглядати проблеми з різних точок зору, що дає їм змогу гнучко підходити до розв'язання нових завдань.

STEM-технології розвивають ключові навички, необхідні для успіху в XXI столітті, включно з критичним мисленням, співробітництвом, комунікацією, креативністю, роботою в команді та розв'язанням проблем. Ці навички стають дедалі важливішими в усіх сферах життя, а не тільки в науці та техніці.

Технологія STEM підвищує інтерес учнів до науки, техніки та інженерної справи; технологія STEM готує їх до майбутньої кар'єри, що вимагає глибокого розуміння наукових принципів і технологій.

STEM сприяє розвитку інноваційного мислення та творчих здібностей. Він є важливим каталізатором технічного прогресу та економічного розвитку. STEM-освіта також має великий потенціал у підготовці молодих людей до майбутньої кар'єри з огляду на зростаючий попит на компетентних фахівців у галузі науки, техніки, інженерії та математики. Розуміючи основні концепції цих галузей, учні можуть розвиватися в напрямку STEM-кар'єри та робити значний внесок у наукові дослідження, технічний прогрес та інновації.

Таким чином, STEM-технології стають важливим компонентом освіти, допомагаючи розвивати ключові навички та готувати молодь до вирішення завдань сучасного суспільства STEM сприяє формуванню інноваційного та конкурентоспроможного суспільства STEM сприяє розвитку комунікативних навичок, оскільки чимало проєктів вимагають спільної роботи та обміну ідеями Чимало проєктів вимагають спільної роботи та обміну ідеями, що сприяє розвитку комунікативних навичок учнів.

**Актуальність дослідницької роботи "Застосування технології STEM-освіти у процесі вивчення газових законів у шкільному курсі фізики 10 класу"** полягає в тому, що STEM-освіта руйнує бар'єр між традиційним аудиторним навчанням і практичною роботою над конкретними

задачами та краще готує здобувачів освіти до реального життя, показуючи, як цей науковий метод може бути застосовано в повсякденному житті.

Сучасний світ переживає значний технологічний розвиток, і STEM-освіта відіграє важливу роль у підготовці молодого покоління до професійного та особистісного зростання. Фізичні експерименти з механіки є важливим компонентом фізичної освіти та формують науковий світогляд учнів. Внесення STEM-елементів у навчальний фізичний експеримент може підвищити якість освіти та сприяти розвитку практичних навичок, критичного мислення та творчих здібностей учнів.

**Об'єкт дослідження** – процес вивчення фізики у закладах загальної середньої освіти (ЗЗСО).

**Предмет дослідження** – методика застосування STEM-технологій у процесі вивчення газових законів у шкільному курсі фізики 10 класу.

**Мета магістерської роботи** – розробка методики застосування STEM-технологій у процесі вивчення газових законів у шкільному курсі фізики 10 класу з метою підвищення якості засвоєння навчального матеріалу.

Об'єкт, предмет і мета зумовили необхідність розв'язання таких **завдань**:

1. Аналіз теоретичних основ STEM-технологій, її принципів та особливостей застосування в освіті.
2. Аналіз класичних методів вивчення газових законів у шкільному курсі фізики.
3. Розробка навчального фізичного експерименту для демонстрації газових законів у шкільному курсі фізики із застосуванням STEM-технологій.
4. Розробка навчальних задач та вправ для вивчення газових законів у шкільному курсі фізики та контролю рівня його засвоєння.
5. Аналіз отриманих результатів дослідження, формулювання методичних рекомендацій для вчителів фізики з метою ефективного використання STEM-технологій.



Під час проведення наукового дослідження були застосовані такі методи:

– *теоретичні*: аналіз психологічної, педагогічної, наукової, методичної літератури, аналіз програми з фізики ЗЗСО з метою вивчення стану проблеми дослідження; аналіз досвіду застосування STEM-технологій в освіті;

– *емпіричні*: вивчення та узагальнення передового педагогічного досвіду викладання фізики у ЗЗСО; аналіз звітної документації та навчальних робіт учнів; спостереження, анкетування серед учнів та вчителів ЗЗСО, бесіди; педагогічний експеримент для вивчення стану проблеми в педагогічній практиці.

Структура магістерського дослідження: вступ, два розділи, висновки, список використаних літературних джерел (46 найменувань). Загальний обсяг роботи складає 76 сторінок, містить 18 рисунків, 2 таблиці.

# РОЗДІЛ I

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТІ

### 1.1. STEM-освіта як перспективна освітня технологія

**STEM-освіта (Science, Technology, Engineering and Mathematics)** – це система природничої і математичної освітніх галузей, метою якої є розвиток особистості через формування компетентностей, природничо-наукової картини світу, світоглядних позицій і життєвих цінностей [12].

STEM-освіта – це ефективний підхід до навчання, що об'єднує науку, технології, інженерію й математику в єдине ціле. Її мета - розвиток таких ключових компетенцій, як критичне мислення, розв'язання проблем, творчий підхід, комунікація та співпраця.

Абревіатура STEM використовується для позначення загальної галузі освіти, що охоплює природничі науки, технології, інженерну справу та математику. Це царина освіти, у якій навчальна програма посилює елементи природничих наук у поєднанні з інноваційними технологіями.

Сьогодні існує кілька різновидів цього терміну: STEM = Science + Technology + Engineering + Mathematics (природничі науки, технології, інженерія та математика).

STREAM=Science+Technology+Reading+wRiting+Engineering+Arts+Mathematics (природничі науки, технології, читання, написання, інженерія, мистецтво та математика).

Чотири предмети STEM, узяті окремо, визначаються таким чином:

**Наука** – це вивчення законів природи стосовно фізики, хімії та біології, а також вивчення світу природи, включно з оперуванням і застосуванням фактів, принципів і концепцій, пов'язаних із цими дисциплінами;

**Технологія** – це організована система людей, організацій, знань, процесів і пристроїв, що беруть участь у створенні та функціонуванні

технологічних артефактів, а також самі артефакти, тобто продукт технологічної діяльності.

В **інженерії** використовуються наукові та математичні концепції, технічні процеси та інструменти.

**Математика** вивчає закономірності та відносини між величинами, числами і формами. Математика включає в себе теоретичну і прикладну математику.

Таким чином, видно, що математична складова є невід'ємною частиною STEM-освіти і що перехід до впровадження STEM-освіти в Україні не обмежується віковими рамками учнів.

Метою STEM-освіти є підготовка учнів до післяшкільної освіти та працевлаштування відповідно до вимог XXI століття. STEM-освіта в Україні здійснюється на трьох рівнях: формальному, неформальному та інформальному. Структура STEM-освіти визначається державними стандартами загальної середньої освіти, позашкільної освіти, дошкільної освіти та вищої освіти, а також спеціалізованими стандартами STEM-освіти.

У системі загальної середньої освіти виокремлюються три ступені (початкова школа, середня ланка та старша школа), а реалізація STEM-технологій здійснюється через постійну інтеграцію традиційних предметів і курсів, як-от математика, фізика, хімія, біологія, географія, астрономія й технологія на кожному освітньому щаблі.

Зрозуміло, STEM-технології мають реалізовуватися в класах із природознавчим, математичним і технологічним профілями в старшій школі, де учні обирають основний профіль навчання. Підхід до STEM-навчання поступово розширює самостійну діяльність учнів:

- У 1-5 класах учням пропонується займатися дослідницькою діяльністю під керівництвом вчителя;
- У 6-8 класах учні проводять дослідження, спираючись на матеріал навчальної програми (виконуючи всі етапи наукового дослідження та самостійно отримуючи нові факти);

- У 8-9 класах учні проводять самостійні дослідження за темами, що виходять за рамки навчальної програми. Учні проводять самостійні дослідження і лише зрідка консультуються з викладачем. У результаті вони пишуть і представляють доповіді в Юнацькій науковій академії, беруть участь у творчих конкурсах і фестивалях.

- У 9-12 класах - наукові дослідження за обраною темою, досягнення практичних результатів і розробка стартапу.

Основні принципи та методи STEM-освіти включають:

- Інтеграцію природничих наук, технологій, інженерії та математики. Це означає, що ці чотири предмети не вивчаються як окремі дисципліни, а розглядаються як взаємопов'язані галузі знань. Учні навчаються використовувати наукові знання для вирішення інженерних проблем, застосовувати технології для математичних розрахунків тощо.
- Практичність. Учні мають можливість застосовувати свої знання та навички в реальному житті, розв'язуючи практичні завдання та проблеми. Це допомагає їм краще зрозуміти, як ці предмети можна використовувати для вирішення реальних проблем.
- Проектно-орієнтоване навчання. Учні працюють над проектами, які дозволяють їм застосовувати свої знання та навички в комплексі. Це допомагає їм розвивати критичне мислення, творчість та навички вирішення проблем.
- Комунікацію та командну роботу. Учні мають можливість спілкуватися один з одним та працювати в команді над спільними проектами. Це допомагає їм розвивати важливі навички, необхідні для успіху в сучасному світі.

Наведемо приклади методів STEM-освіти:

- Проблемно-орієнтоване навчання. Учні працюють над проблемами, які вимагають від них застосування своїх знань і навичок.
- Дослідницьке навчання. Учні самостійно збирають інформацію та проводять дослідження.

- Створення прототипів. Учні створюють фізичні моделі або цифрові прототипи для вирішення проблем.
- Коучування та менторство. Учні отримують індивідуальну допомогу від вчителів, наставників або фахівців із галузі.
- STEM-освіта є важливим напрямком сучасної освіти, оскільки вона готує учнів до успіху в сучасному світі. STEM-навички необхідні для багатьох професій, і вони також допомагають людям краще розуміти навколишній світ.

Переваги STEM-освіти полягають у:

- STEM-освіта фокусується на практичних питаннях і проблемах. Учні навчаються знаходити рішення методом проб і помилок, а не теорії;
- STEM-освіта - це творчий простір для формування світогляду дітей, де вони можуть не лише задовольняти свої потреби, а й готуватися до життя в суспільстві як доросла людина, роблячи свідомий вибір своєї майбутньої професійної діяльності;
- STEM-освіта дає змогу дітям розвивати більшу самостійність;
- STEM-освіта забезпечує більш персоналізований досвід навчання, де учні навчаються робити свідомий вибір своєї майбутньої професійної діяльності. STEM-навички необхідні для багатьох професій, зокрема в галузях технологій, інженерії, медицини, науки та бізнесу;
- STEM-освіта сприяє розвитку критичного мислення, творчості та навичок вирішення проблем. STEM-освіта допомагає учням розвивати ці важливі навички, які необхідні для успіху в будь-якій сфері діяльності;
- STEM-освіта сприяє підвищенню мотивації до навчання. STEM-навчання часто є більш цікавим і захоплюючим, ніж традиційне навчання, що може підвищити мотивацію учнів;
- STEM-освіта забезпечує більш персоналізований досвід навчання, де вони можуть робити свідомий вибір своєї майбутньої професійної

діяльності. Процес навчання меншою мірою залежить від стосунків між учнем і вчителем, а прогрес може бути оцінений більш об'єктивно. Така автономія дає змогу дітям вчитися бути незалежними, ухвалювати власні рішення та брати на себе відповідальність;

- Навчання STEM - це не лише вивчення теоретичного змісту, а й закріплення знань шляхом практичного застосування різноманітних завдань.

*Важливість STEM-освіти для учнів:*

- Учні краще розуміють наукові принципи та теорії.
- Учні можуть застосовувати свої знання та навички в реальному житті.
- Учні розвивають критичне мислення, творчість та навички вирішення проблем.
- Учні навчаються працювати в команді.
- Учні підвищують свою самооцінку та впевненість у собі.

STEM-освіта є важливим напрямком сучасної освіти, оскільки вона готує учнів до успіху в сучасному світі. STEM-навички необхідні для багатьох професій, і вони також допомагають людям краще розуміти навколишній світ.

STEM-освіта спрямована на розвиток у здобувачів освіти здібностей і навичок, необхідних для розуміння й розв'язання складних проблем і вирішення сучасних світових завдань. STEM-освіта забезпечує міждисциплінарний підхід, за якого різні предмети вивчаються в реальних ситуаціях і у взаємозв'язку один з одним.

STEM-освіта орієнтована на практичний досвід, експерименти, роботу над проєктами та розв'язання реальних проблем. Учні стають активними учасниками навчального процесу, застосовуючи свої знання та навички для аналізу та розв'язання проблем, вироблення інноваційних рішень.

STEM-освіта також допомагає підготувати учнів до майбутньої кар'єри в галузі науки, технологій і техніки. Вона допомагає здобувачам освіти розвинути такі важливі навички, необхідні в сучасному суспільстві, як уміння

розв'язувати проблеми, технологічна грамотність і вміння працювати в команді.

Загалом STEM-освіта спрямована на те, щоб дати учням змогу розуміти та розв'язувати складні проблеми, розвинути ключові компетенції та підготувати їх до майбутньої кар'єри в галузі науки, технологій та інженерії.

В основі методології STEM лежить проєктний підхід, запозичений зі сфери інформаційних технологій та популяризації науки серед школярів.

STEM-підхід розглядає всі явища зовнішнього світу цілісно, не розділяючи їх на фізичні, біологічні та математичні елементи. Це дає змогу синтезувати знання, накопичені в межах різних дисциплін.

На відміну від шкільної програми, де учні спочатку вивчають теорію, а потім застосовують її на практиці, STEM-освіта починається з конкретних проєктів.

Тут практична діяльність відіграє роль сполучного елемента. Припустімо, стоїть завдання побудувати робота. Точні розрахунки неможливі без знання математичних законів, фізика потрібна для проєктування рухомого механізму, а біомеханіка знадобиться, щоб продумати траєкторію руху кожного робота. Школярам не потрібно зубрити терміни та визначення, які можуть не стати в пригоді, їм потрібно розв'язувати практичні задачі та створювати вироби на основі отриманих знань. Таким чином, діти вчаться вибудовувати причинно-наслідкові зв'язки та виявляти закономірності в спостережуваних явищах. Такий підхід вирішує і проблему мотивації. Зрозумівши, наскільки тісно пов'язані між собою різні предмети, діти швидко стають успішнішими в навчанні. Набуваючи досвіду проєктної роботи, учні розуміють, що знання потрібні насамперед для себе.

У STEM-освіті використовуються різні методи, включно з проєктним навчанням, проблемним навчанням, рольовими іграми, експериментальними дослідженнями, робототехнікою та комп'ютерними програмами. Ці методи сприяють активному залученню учнів і розвитку їхніх навичок і компетенцій.

Мета STEM-освіти полягає в тому, щоб навчити учнів необхідних

навичок і знань у галузі науки, техніки, інженерії та математики, щоб вони могли успішно працювати та жити в сучасному світі. STEM-освіта також допомагає учням розвивати критичне мислення, творчість та навички вирішення проблем.

Можна навести конкретні цілі STEM-освіти:

- Підготовка учнів до успіху в сучасному світі. STEM-навички необхідні для багатьох професій, зокрема в галузях технологій, інженерії, медицини, науки та бізнесу.
- Розвиток критичного мислення, творчості та навичок вирішення проблем. STEM-освіта допомагає учням розвивати ці важливі навички, які необхідні для успіху в будь-якій сфері діяльності.
- Підвищення мотивації до навчання. STEM-навчання часто є більш цікавим і захоплюючим, ніж традиційне навчання, що може підвищити мотивацію учнів.
- Зменшення гендерних стереотипів у STEM-галузях. STEM-освіта може допомогти залучити більше дівчат до STEM-професій.
- Покращенні розуміння навколишнього світу. STEM-освіта допомагає учням краще зрозуміти, як працює світ, і як вони можуть внести свій вклад у його вирішення.

**Засоби STEM-навчання** – це різноманітні матеріали та обладнання, які використовуються для навчання учнів наук, техніки, інженерії та математики. Ці засоби можуть допомогти зробити навчання більш цікавим і захоплюючим, а також сприяти розвитку умінь і навичок, необхідних для успіху в STEM-галузях.

Засоби STEM-навчання можна класифікувати на такі загальні категорії:

- **Матеріали для дослідницької діяльності** дозволяють учням проводити експерименти та дослідження. До них відносяться лабораторне обладнання, наукові інструменти, матеріали для вирощування рослин, тварин та інших організмів, а також матеріали



для вивчення природи.

- **Інформаційні технології** включають комп'ютери, планшети, смартфони, інтерактивні дошки, віртуальні лабораторії та інші цифрові інструменти. Вони можуть використовуватися для навчання учнів з використанням відео, аудіо, інтерактивних завдань та інших форм цифрового контенту.
- **Конструктори та набори для творчості** дозволяють учням створювати власні проекти, наприклад, роботів, машини, моделі та інші конструкції. Вони допомагають учням розвивати творчість, критичне мислення та навички вирішення проблем.
- **Іграшки та інші розваги** можуть бути використані для залучення учнів до STEM-освіти в цікавий і захоплюючий спосіб. Вони включають іграшки, які навчають основам науки, техніки, інженерії та математики, а також ігри, які вимагають від учнів використовувати свої знання та навички для вирішення проблем.

Використання засобів STEM-навчання може допомогти зробити навчання більш ефективним і цікавим. Ці засоби можуть сприяти розвитку умінь і навичок, необхідних для успіху в STEM-галузях, а також підвищити мотивацію учнів до навчання.

Наведемо конкретні приклади використання засобів STEM-навчання.

Учитель хімії може використовувати лабораторне обладнання для проведення експериментів з вивчення реакцій. Учитель інформатики може використовувати комп'ютери для навчання учнів програмуванню. Учитель математики може використовувати інтерактивну дошку для пояснення математичних концепцій. Учитель фізики може використовувати конструктор для створення моделі ракети. Учитель біології може використовувати іграшку, яка навчає основам анатомії.

Важливо, щоб засоби STEM-навчання були відповідними для віку та рівня розвитку учнів. Вони також повинні бути доступними та простими у використанні.



## 1.2. Застосування STEM-технологій у процесі вивчення фізики у закладах загальної середньої освіти

**STEM-освіта** - це загальна методологія, програма навчання, орієнтована на поглиблене прикладне вивчення чотирьох ключових галузей. Сьогодні світ потребує фахівців у галузі робототехніки, програмування, дизайну, кібернетики та новітніх передових наук, і для того, щоб іти в ногу з прогресом, необхідно мати відповідну підготовку, а для цього потрібні ефективні методи передачі інформації. Ще півстоліття тому ніхто не міг подумати або уявити собі кар'єру інженера з обслуговування мереж мобільного зв'язку, інженера з випробувань сонячних елементів супутників або з проектування людиноподібних роботів.

Творча освіта необхідна для того, щоб стати творчим фахівцем у сучасному суспільстві. Саме творча освіта надає сучасній молоді реальні можливості для всебічного розвитку навичок XXI століття, а творча діяльність може стати моделлю інноваційного навчання. Творчість стала ключовим елементом економічного та соціального розвитку і є рушійною силою всіх процесів. Творчість стала вирішальним чинником конкурентної переваги. Практично в усіх галузях, від автомобілебудування до моди, від харчової промисловості до інформаційних технологій, у довгостроковій перспективі виграють ті, хто вміє створювати.

**Креативність** - це здатність відходити від шаблонів і загальноприйнятих схем і створювати щось нове. Творчість допомагає генерувати нові ідеї, плани дій і речі. Завдяки такому мисленню люди легко знаходять вихід зі складних ситуацій або в потрібний момент випереджають своїх конкурентів у бізнесі. Тому розвиток креативності - важлива тема для всіх, хто хоче досягти успіху.

Застосування STEM-технологій у процесі вивчення фізики у закладах загальної середньої освіти може допомогти зробити навчання більш ефективним і цікавим. Ці технології можуть сприяти розвитку умінь і

навичок, необхідних для успіху в STEM-галузях, а також підвищити мотивацію учнів до навчання.

*Розглянемо деякі конкретні приклади використання STEM-технологій у процесі вивчення фізики.*

**Використання інтерактивних дошок** для пояснення фізичних концепцій. Інтерактивні дошки дозволяють вчителям створювати динамічні презентації, які допомагають учням краще зрозуміти складні фізичні поняття.

Інтерактивні дошки - це ефективний інструмент, який можна використовувати для пояснення фізичних концепцій. Вони дозволяють вчителям створювати динамічні презентації, які допомагають учням краще зрозуміти складні фізичні поняття.

*Процес їх використання можна розглянути у таких аспектах:*

- Використання візуальних елементів. Інтерактивні дошки дозволяють вчителям додавати до презентацій візуальні елементи, такі як ілюстрації, відео та анімації. Ці елементи можуть допомогти учням краще зрозуміти фізичні поняття.
- Використання інтерактивних завдань. Інтерактивні дошки дозволяють вчителям створювати інтерактивні завдання, які вимагають від учнів взаємодіяти з презентацією. Ці завдання можуть допомогти учням краще засвоїти матеріал.
- Використання відстеження прогресу. Інтерактивні дошки дозволяють вчителям відстежувати прогрес учнів, використовуючи різні інструменти. Це може допомогти вчителям надавати учням індивідуальну підтримку.

Ось кілька конкретних прикладів того, як можна використовувати інтерактивні дошки для пояснення фізичних концепцій:

Для пояснення руху планет можна використовувати візуальну модель Сонячної системи. Для пояснення законів Ньютона можна використовувати інтерактивні завдання, які вимагають від учнів застосовувати ці закони для розв'язання проблем. Для пояснення електрики можна використовувати відео

або анімацію, які демонструють, як електрика рухається.

Використання інтерактивних дошок для пояснення фізичних концепцій може допомогти учням:

- Більше зрозуміти фізичні концепції. Візуальні елементи та інтерактивні завдання можуть допомогти учням краще зрозуміти складні фізичні поняття.
- Розвинути навички критичного мислення та вирішення проблем. Інтерактивні завдання можуть допомогти учням розвивати ці важливі навички.
- Підвищити мотивацію до навчання. Використання інтерактивних дошок може зробити навчання фізики більш цікавим і захоплюючим, що може допомогти підвищити мотивацію учнів.

Щоб використання інтерактивних дошок було ефективним, важливо, щоб вчителі були добре підготовлені до їх використання. Вчителі повинні розуміти, як використовувати ці технології для навчання конкретних фізичних концепцій. Вони також повинні бути готові надати учням підтримку, необхідну для використання цих технологій.

Використання інтерактивних дошок для пояснення фізичних концепцій може бути корисним як для учнів, так і для вчителів. Ці технології можуть допомогти зробити навчання більш ефективним і цікавим, а також сприяти розвитку умінь і навичок, необхідних для успіху в STEM-галузях.

**Використання віртуальних лабораторій для проведення експериментів.** Віртуальні лабораторії дозволяють учням проводити експерименти без необхідності використання реального лабораторного обладнання. Це може бути корисно для учнів, які не мають доступу до лабораторій, або для учнів, які хочуть повторити експерименти, які вже проводилися.

**Віртуальні лабораторії** - це ефективний інструмент, який можна використовувати для проведення експериментів у процесі вивчення фізики. Вони дозволяють учням проводити експерименти без необхідності

використання реального лабораторного обладнання. Це може бути корисно для учнів, які не мають доступу до лабораторій, або для учнів, які хочуть повторити експерименти, які вже проводилися.

Способи використання віртуальних лабораторій для проведення експериментів різноманітні:

- Використання візуальних елементів. Віртуальні лабораторії дозволяють учням бачити, як відбуваються експерименти. Це може допомогти учням краще зрозуміти фізичні процеси.
- Використання інтерактивних елементів. Віртуальні лабораторії дозволяють учням взаємодіяти з експериментами. Це може допомогти учням краще зрозуміти, як зміна одного параметра впливає на інший.
- Використання відстеження прогресу. Віртуальні лабораторії дозволяють учням відстежувати свій прогрес. Це може допомогти учням надавати учням індивідуальну підтримку.

Віртуальні лабораторії можна використовувати:

- Для проведення експериментів з оптики можна використовувати віртуальну лабораторію, яка дозволяє учням змінювати положення і розмір джерела світла, а також положення і розмір перешкод.
- Для проведення експериментів з механіки можна використовувати віртуальну лабораторію, яка дозволяє учням змінювати масу, швидкість і кут прискорення об'єктів.
- Для проведення експериментів з електрики можна використовувати віртуальну лабораторію, яка дозволяє учням змінювати напругу, силу струму і опір.

Використання віртуальних лабораторій для проведення експериментів може допомогти учням:

Краще зрозуміти фізичні процеси, бо візуальні та інтерактивні елементи віртуальних лабораторій можуть допомогти учням краще зрозуміти, як відбуваються фізичні процеси.

Розвинути навички критичного мислення та вирішення проблем, бо

віртуальні лабораторії можуть допомогти учням розвивати ці важливі навички, дозволяючи їм експериментувати з різними параметрами і спостерігати за результатами.

Підвищити мотивацію до навчання, бо використання віртуальних лабораторій може зробити навчання фізики більш цікавим і захоплюючим, що може допомогти підвищити мотивацію учнів.

Щоб використання віртуальних лабораторій було ефективним, важливо, щоб вчителі були добре підготовлені до їх використання. Вчителі повинні розуміти, як використовувати ці технології для навчання конкретних фізичних концепцій. Вони також повинні бути готові надати учням підтримку, необхідну для використання цих технологій.

Використання віртуальних лабораторій для проведення експериментів може бути корисним як для учнів, так і для вчителів. Ці технології можуть допомогти зробити навчання більш ефективним і цікавим, а також сприяти розвитку умінь і навичок, необхідних для успіху в STEM-галузях.

**Використання програмного забезпечення для моделювання фізичних явищ.** Програмне забезпечення для моделювання дозволяє учням створювати моделі фізичних явищ, щоб краще зрозуміти, як вони працюють. Це може бути корисно для учнів, які хочуть вивчити складні фізичні поняття або для учнів, які хочуть експериментувати з різними варіантами.

Програмне забезпечення для моделювання фізичних явищ - це ефективний інструмент, який можна використовувати для вивчення фізики. Воно дозволяє учням створювати моделі фізичних явищ, щоб краще зрозуміти, як вони працюють.

Наведемо способи використання програмного забезпечення для моделювання фізичних явищ:

- **Використання візуальних елементів.** Програмне забезпечення для моделювання фізичних явищ дозволяє учням бачити, як відбуваються фізичні процеси. Це може допомогти учням краще зрозуміти фізичні процеси.

- **Використання інтерактивних елементів.** Програмне забезпечення для моделювання фізичних явищ дозволяє учням взаємодіяти з моделями. Це може допомогти учням краще зрозуміти, як зміна одного параметра впливає на інший.
- **Використання відстеження прогресу.** Програмне забезпечення для моделювання фізичних явищ дозволяє учням відстежувати свій прогрес. Це може допомогти учням надавати учням індивідуальну підтримку.

У своїй практичній діяльності вчитель може таким чином використовувати програмне забезпечення для моделювання фізичних явищ:

- Для моделювання руху планет можна використовувати програмне забезпечення, яке дозволяє учням змінювати масу, відстань між планетами і інші параметри.
- Для моделювання законів Ньютона можна використовувати програмне забезпечення, яке дозволяє учням змінювати масу, швидкість і кут прискорення об'єктів.
- Для моделювання електрики можна використовувати програмне забезпечення, яке дозволяє учням змінювати напругу, силу струму і опір.

Щоб використання програмного забезпечення для моделювання фізичних явищ було ефективним, важливо, щоб вчителі були добре підготовлені до його використання. Вчителі повинні розуміти, як використовувати ці технології для навчання конкретних фізичних концепцій. Вони також повинні бути готові надати учням підтримку, необхідну для використання цих технологій.

**Використання робототехніки для вивчення фізичних принципів.** Робототехніка дозволяє учням створювати та програмувати роботів, щоб вивчати фізичні принципи, такі як механіка, електроніка та комп'ютерне програмування. Це може бути корисно для учнів, які хочуть розвинути навички критичного мислення та вирішення проблем.



**Робототехніка** – це ефективний інструмент, який можна використовувати для вивчення фізичних принципів. Вона дозволяє учням створювати та програмувати роботів, щоб вивчати фізичні принципи, такі як механіка, електроніка та комп'ютерне програмування.

Способи використання робототехніки для вивчення фізичних принципів:

- Використання візуальних елементів. Роботи є фізичними об'єктами, які можна бачити, чути та відчувати. Це може допомогти учням краще зрозуміти фізичні процеси.
- Використання інтерактивних елементів. Роботи можна програмувати для взаємодії з навколишнім середовищем. Це може допомогти учням краще зрозуміти, як зміна одного параметра впливає на інший.
- Використання відстеження прогресу. Роботи можна програмувати для виконання завдань. Це може допомогти учням відстежувати свій прогрес.

Отже, використання STEM-технологій у процесі вивчення фізики може допомогти учням:

- Краще зрозуміти фізичні концепції. STEM-технології можуть зробити навчання фізики більш візуальним і інтерактивним, що може допомогти учням краще зрозуміти складні фізичні поняття.
- Розвинути навички критичного мислення та вирішення проблем. STEM-технології можуть запропонувати учням захоплюючі завдання, які вимагають від них використовувати свої знання та навички для вирішення проблем.
- Підвищити мотивацію до навчання. STEM-технології можуть зробити навчання фізики більш цікавим і захоплюючим, що може допомогти підвищити мотивацію учнів.

Щоб використання STEM-технологій було ефективним, важливо, щоб вчителі були добре підготовлені до їх використання. Вчителі повинні розуміти, як використовувати ці технології для навчання конкретних

фізичних концепцій. Вони також повинні бути готові надати учням підтримку, необхідну для використання цих технологій.

Застосування STEM-технологій у процесі вивчення фізики може бути корисним як для учнів, так і для вчителів. Ці технології можуть допомогти зробити навчання більш ефективним і цікавим, а також сприяти розвитку умінь і навичок, необхідних для успіху в STEM-галузях.

### 1.3. Теоретичні основи вивчення газових законів у шкільному курсі фізики

**Ізопроееси** – процеси, які протікають при незмінному значенні одного з параметрів. Закони, які описують ізопроееси, називаються **газовими законами**.

**Газові закони** – це фізичні закони, які описують поведінку газів. Вони є основою для розуміння багатьох явищ, що відбуваються в атмосфері Землі, а також у промисловості та інших сферах діяльності людини.

У шкільному курсі фізики вивчаються три основних газових закони:

**Закон Бойля-Маріотта:** при постійній температурі тиск газу обернено пропорційний його об'єму. Цей закон описує **ізотермічний процес**.

**Закон Гей-Люссака:** при постійному тиску об'єм газу прямо пропорційний його температурі. Цей закон описує **ізобарний процес**.

**Закон Шарля:** при постійному об'ємі тиск газу обернено пропорційний його абсолютній температурі. Цей закон описує **ізохорний процес**.

Ці закони можна об'єднати в єдине рівняння **стану ідеального газу**:

$$pV = \nu RT$$

де:

$p$  - тиск газу;

$V$  - об'єм газу;

$\nu$  – молярна кількість газу;

$R$  - універсальна газова стала;

$T$  - температура газу.

**Ідеальний газ** - це гіпотетична модель газу, яка не враховує взаємодію між молекулами. У реальному світі гази не є ідеальними, але в багатьох випадках їх можна розглядати як ідеальні, оскільки відмінності між ними невеликі.

Теоретичні основи вивчення газових законів у шкільному курсі фізики включають в себе:

1. **Вивчення молекулярно-кінетичної теорії газів.** Ця теорія пояснює поведінку газів на основі молекулярного руху.
2. **Вивчення експериментальних методів дослідження газових законів.** Ці методи дозволяють перевірити справедливість газових законів.
3. **Вивчення застосування газових законів у різних галузях науки і техніки.**

Вивчення газових законів у шкільному курсі фізики має важливе значення для розвитку умінь та навичок, необхідних для розуміння явищ, що відбуваються в атмосфері Землі, а також у промисловості та інших сферах діяльності людини.

**Закон Бойля-Маріотта** - це фізичний закон, який описує зв'язок між тиском та об'ємом газу за постійної температури. Цей закон був сформульований незалежно один від одного двома вченими у XVII столітті: Робертом Бойлем та Едме Маріоттом.

Закон виражається наступним чином: при постійній температурі об'єм газу обернено пропорційний тиску, тобто, якщо збільшувати тиск на газ, його об'єм зменшується, і навпаки.

Математично закон Бойля-Маріотта можна записати так:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

де  $p_1$  та  $p_2$  - початковий і кінцевий тиски відповідно,  $V_1$  та  $V_2$  -

початковий і кінцевий об'єми газу.

Цей закон застосовується до ідеальних газів, тобто тих, у яких міжмолекулярні взаємодії малозначущі. У реальності, при дуже високих тисках та низьких температурах поведінка газів може почати відхилятися від ідеальної, і в таких випадках може знадобитися врахування поправок.

Закон Бойля-Маріотта можна пояснити на основі молекулярно-кінетичної теорії газів. Ця теорія стверджує, що молекули газу постійно рухаються і взаємодіють між собою. При збільшенні тиску газу молекули зближуються один з одним, що призводить до зменшення їх швидкості і відстані між ними. Це, в свою чергу, призводить до зменшення об'єму газу.

Закон Бойля-Маріотта має важливе значення для розуміння багатьох явищ, що відбуваються в атмосфері Землі. Наприклад, цей закон пояснює, чому тиск повітря зменшується при підйомі на висоту. Закон Бойля-Маріотта також використовується в різних галузях науки і техніки, таких як хімічна промисловість, кондиціонування повітря та медицина.

Ось кілька прикладів того, як закон Бойля-Маріотта застосовується в реальному житті:

- У хімічній промисловості закон Бойля-Маріотта використовується для розрахунку тиску в балонах з газом. При збільшенні температури газу в балоні тиск газу також збільшується. Цей факт необхідно враховувати при транспортуванні і зберіганні газів.
- У системах кондиціонування повітря закон Бойля-Маріотта використовується для регулювання температури повітря. При охолодженні повітря його об'єм зменшується, а тиск збільшується. Це призводить до збільшення щільності повітря, що покращує його теплопровідність.
- У медицині закон Бойля-Маріотта використовується для розрахунку тиску в легенях людини. При вдиханні повітря легені розширюються, і тиск газу в них зменшується. При видиху легені стискаються, і тиск газу в них збільшується.

**Закон Гей-Люссака**, також відомий як закон теплового розширення газів, стверджує, що при постійному тиску об'єм газу прямо пропорційний його абсолютній температурі. Це означає, що якщо температура газу збільшується на 1 кельвін, то його об'єм збільшується на одну і ту ж величину, незалежно від початкової температури газу.

Формулювання закону Гей-Люссака:

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$

де  $V_1$  та  $V_2$  - початковий і кінцевий об'єми газу, а  $T_1$  та  $T_2$  - початкова і кінцева абсолютні температури газу відповідно.

**Абсолютна температура** – це температура, виміряна в Кельвінах. **Кельвін** - це одиниця температури, в якій нульова точка є абсолютною температурою, при якій рух молекул газу повністю припиняється.

Закон Гей-Люссака можна пояснити на основі молекулярно-кінетичної теорії газів. Ця теорія стверджує, що молекули газу постійно рухаються і взаємодіють між собою. При збільшенні температури газу молекули рухаються швидше і відштовхуються одна від одної сильніше. Це призводить до збільшення відстані між молекулами, тобто до збільшення об'єму газу.

Закон Гей-Люссака має важливе значення для розуміння багатьох явищ, що відбуваються в атмосфері Землі. Наприклад, цей закон пояснює, чому повітря розширюється при нагріванні і стискається при охолодженні. Закон Гей-Люссака також використовується в різних галузях науки і техніки, таких як авіація, хімічна промисловість та медицина.

Наведемо кілька прикладів того, як закон Гей-Люссака застосовується в реальному житті:

- У авіації закон Гей-Люссака використовується для розрахунку тиску в шинах літака. При підвищенні температури повітря на висоті тиск в шинах літака повинен бути знижений, щоб уникнути їх розриву.
- У хімічній промисловості закон Гей-Люссака використовується для розрахунку обсягу газу, що виділяється при хімічному процесі. Наприклад, при спалюванні газу в печі необхідно враховувати, що

об'єм газу збільшиться при нагріванні.

- У медицині закон Гей-Люссака використовується для розрахунку кількості газу, що міститься в легенях людини. При вдиханні повітря легені розширюються, і кількість газу в них збільшується. При видиху легені стискаються, і кількість газу в них зменшується.

Газовий закон, що описує ізохорний процес - це **закон Шарля**. Він стверджує, що при постійному тиску об'єм газу прямо пропорційний його температурі. Це означає, що якщо температура газу збільшується, його об'єм також збільшується, і навпаки.

Формулювання закону Шарля:

$$p_1 / T_1 = p_2 / T_2$$

де  $p_1$  та  $p_2$  - початковий і кінцевий тиски відповідно,  $T_1$  та  $T_2$  - початкова і кінцева абсолютні температури газу відповідно/

**Ізохорний процес** - це процес, при якому об'єм системи залишається постійним.

#### **1.4. Методичні особливості вивчення газових законів у шкільному курсі фізики**

У вітчизняній методиці викладання фізики традиційно існували два підходи до вивчення молекулярної фізики. Умовно молекулярну фізику поділяють на термодинаміку, молекулярно-кінетичну теорію ідеального газу та агрегатні стани речовини. Вибір одного з двох підходів вивчення молекулярної фізики визначається застосуванням у сукупності статистичного та термодинамічного методів для опису властивостей речовини, теплових явищ та процесів.

Використання термодинамічного методу дозволяє провести експериментальні дослідження ізотермічного, ізобарного та ізохорного процесів; вимірювання внутрішньої енергії ізольованої термодинамічної

системи без обміну із навколишнім середовищем; вивчити досліди Джоуля та перший закон термодинаміки. За допомогою статистичного методу пояснюють броунівський рух на основі молекулярно-кінетичної теорії; вводять модель ідеального газу, середню кінетичну енергію ідеального газу та аналізують розподіл відносної кількості молекул за інтервалами швидкостей; оцінюють залежність тиску ідеального газу від концентрації та середньої кінетичної енергії, середньої кінетичної енергії молекул ідеального газу від абсолютної температури.

Вивчення молекулярної фізики, знайомство учнів з емпіричним базисом цієї фізичної теорії є якісно новим етапом вивчення властивостей та будови речовини. Загальнонаукові методи, які при цьому використовуються, – це експеримент та моделювання. З ними учні познайомилися в 7 класі, а щодо молекулярної фізики вони дозволяють ввести температуру як фізичну величину, що характеризує стан теплової рівноваги системи тіл.

У процесі аналізу роботи з навчально-методичним комплектом з фізики слід наголосити на важливості вибору одного з підходів до вивчення молекулярної фізики. Слід зазначити, що в основній школі переважним методом вивчення теплових явищ є термодинамічний метод, а в старшій школі – статистичний. Тому перший підхід передбачає спочатку вивчення термодинаміки, а потім молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу та агрегатних станів речовини. Цей підхід, який використовується в основній школі, має позитивний результат. Другий підхід, який застосовується в старшій школі, передбачає зворотню послідовність вивчення зазначених тем.

При вивченні молекулярної фізики важливо враховувати знання про теплові явища, отримані учнями раніше з курсу фізики 7 класу та інших навчальних предметів природничого циклу. У вступному розділі курсу фізики 7 класу проводиться узагальнення уявлень учнів про будову речовини при повторенні основних положень молекулярно-кінетичної теорії. Учні знайомляться із системою знань, характерною для фізичної теорії: речовини складаються з частинок, частинки речовини рухаються, частинки речовини

взаємодіють одна з одною. У курсі природознавства учні знайомляться з моделями молекул і атомів, їх будовою з прикладів атомів кисню, водню, вуглецю, з агрегатними станами речовини, зі схемами деяких технічних об'єктів (водяної і парової турбіни, вітряного двигуна). З хімії учні знають деякі фізичні властивості речовин, з курсу алгебри – статистичні характеристики – мода, середнє арифметичне ряду чисел тощо.

Вивчення молекулярної фізики з газових законів має низку методичних переваг. Одним із найважливіших понять термодинаміки є поняття системи. Тому вивчення газових законів починається з розгляду найпростіших термодинамічних систем (повітря, вода в закритій посудині за нормальних умов) та їх макроскопічних параметрів (температура, об'єм, тиск, маса). Вводиться термодинамічна шкала температур та поняття ідеального газу як фундаментального ідеалізованого об'єкта молекулярної фізики. Це дозволяє розглянути спосіб вимірювання температури тіл за допомогою термометрів. Він полягає в наступному, термометр приводять у дотику до тіла, температуру якого треба виміряти. Необхідно почекати деякий час, щоб у системі настала термодинамічна рівновага. Потім за шкалою пристрою визначають значення температури тіла.

Газові закони вивчаються за допомогою експериментального дослідження ізотермічного, ізобарного та ізохорного процесів, що полегшує подальшу роботу з дослідження термодинамічної системи за графіками.

Далі на основі дослідів учні знайомляться з поняттям внутрішньої енергії та способами її зміни – за рахунок здійснення механічної роботи та за рахунок теплообміну. Аналіз досліду Джоуля показує, що кількість теплоти, як і робота, є мірою зміни внутрішньої енергії термодинамічної системи. Таким чином, перший закон термодинаміки – це узагальнення дослідних даних, закон збереження енергії для теплових процесів. Він надалі застосовується для аналізу ізопроесів, вивчення теплових машин.

Статистичний метод вивчення теплових явищ є складним, але необхідним для пояснення броунівського руху, зумовленого тепловим рухом



молекул, введення поняття ідеального газу. Особливу увагу учнів звертається те, що для опису властивостей макроскопічних тіл важливо знати середній результат їх сукупного руху. До середніх величин, що використовуються в молекулярно-кінетичній теорії ідеального газу, відносяться середнє значення квадрата швидкості та середня кінетична енергія поступального руху молекул газу. Для додаткового вивчення пропонується матеріал про тиск ідеального газу з погляду статистичного методу як наслідок зіткнення молекул зі стінками судини, в якому він знаходиться. Дослідження залежності тиску ідеального газу від концентрації молекул пропонується провести за допомогою механічної моделі (див. рис. 1).



Рис. 1.1. Модель дії тиску газу

Модель являє собою терези, урівноважені за допомогою тягарців. На одній із чашок терезів встановлений екран 1. Шрот зі скляної лійки 3 може скочуватися по похилому жолобу 2. У результаті численних ударів шроту (імітація молекул) об екран на нього діє певна сила. Вона порушує рівновагу

терезів. Чим більше шротинок (молекул) падає на екран, то більший тиск вони на нього чинять. Якщо змінити нахил жолоба, можна збільшити чи зменшити швидкість самих шротинок (молекул). Ця залежність розглядається на якісному рівні.

В основній школі знайомство зі статистичним та термодинамічний методами дозволяє розглянути тепловий рух як особливу форму існування матерії, що є найважливішим елементом фізичної картини світу.

У курсі фізики старшої школи передбачається вивчення ізопроцесів у розділі молекулярної фізики на базовому та поглибленому рівні. Існує два підходи до вивчення ізопроцесів – індуктивний та дедуктивний методи.

**Індуктивний метод** – це метод дослідження, пізнання, пов'язаний із узагальненням результатів спостережень та експериментів, перехід у процесі пізнання від приватного знання до загального; від знання меншого ступеня спільності до знання більшого ступеня спільності. У цьому випадку щодо ізопроцесів індуктивним методом спочатку розглядають основні тези молекулярно-кінетичної теорії, потім деякі питання термодинаміки. Газові закони пояснюють з допомогою термодинамічного підходу. Недоліком цього підходу є те, що він не дозволяє використовувати положення та рівняння молекулярно-кінетичної теорії для опису властивостей ідеального газу. Однак, для тих, хто навчається, індуктивний метод викладення матеріалу зрозумілий, доступний і не вимагає високого рівня абстрактного мислення.

При **дедуктивному підході** (від загального до часткового) ізопроцеси є наслідком рівняння стану ідеального газу і перевіряються експериментально. Схема викладу матеріалу наступна: вивчення основ молекулярно-кінетичної теорії, вводиться поняття температури, виводяться основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії та рівняння стану ідеального газу, ізопроцеси (ізотермічний, ізобарний, ізохорний процеси) як наслідки рівняння Менделєєва-Клапейрона.

Використання дедуктивного методу порівняно з індуктивним має низку переваг. По-перше, посилення ролі наукових теорій, вираженого у цьому, що

виведення ізопроцесів як окремий випадок із загального закону – рівняння стану ідеального газу. Він дозволяє повністю виводити із загальних гіпотез слідства, що емпірично перевіряються, і таким способом експериментально їх обґрунтовувати або спростовувати. По-друге, у учня формується науковий світогляд і розвивається мислення. Цей спосіб дозволяє раніше засвоювати знання загального та абстрактного характеру і вже з них виводити більш приватні та конкретні знання. По-третє, вчитель отримує вигоду у часі. Але це не означає, що потрібно перейти до дедуктивного вивчення всього розділу молекулярної фізики. Має бути знайдено раціональне поєднання дедуктивного та індуктивного підходів, оскільки без індуктивного підходу не можна підготувати учнів до проведення досліджень лабораторного типу [1].

Дедуктивний та індуктивний підхід у вивченні ізопроцесів у розділі молекулярної фізики формують у учнів середньої школи вміння застосовувати отримані знання у повсякденному житті, прогнозувати, аналізувати та оцінювати наслідки побутової та виробничої діяльності людини, пов'язаної з фізичними процесами, з позицій екологічної безпеки.

### **1.5. Застосування навчального фізичного експерименту у процесі вивчення газових законів у шкільному курсі фізики**

Навчальні експерименти з фізики в школах є важливим компонентом фізичної освіти, що дає змогу учням вивчати та розуміти фізичні закони і явища за допомогою практичних досліджень. Це важливе джерело знань, методів дослідження й візуалізації. Оскільки шкільні фізичні експерименти відображають науковий підхід до вивчення фізичних явищ, вони повинні містити основні елементи фізичного експерименту, щоб учні розуміли науковий експериментальний метод.

**Навчальні фізичні експерименти** - це експерименти, що відтворюють фізичні явища в класі за допомогою спеціального обладнання, що створює

найзручніші умови для їх вивчення. Таким чином, він є джерелом знань, методом навчання і водночас формою наочності.

Навчальні експерименти відіграють дуже важливу роль у системі навчання фізики. Експерименти в шкільному курсі фізики є відображенням одного з двох основних способів пізнання фізичних явищ і законів: теоретичного й експериментального.

Як метод пізнання фізичних явищ науковий експеримент і джерелом нових знань про навколишній світ і критерієм істинності теоретичних передбачень [21, 11].

Будучи засобом передачі пізнавальної інформації, навчальний фізичний експеримент одночасно є й основним засобом наочності у фізиці. Він дає змогу учням формувати конкретні образи, які адекватно відображають у їхній свідомості реальні фізичні явища, процеси та закони, найуспішніше й найефективніше інтегрують їх.

Фізичні експерименти не тільки пояснюють конкретні явища і закони, а й слугують засобом доказу справедливості тих чи інших теоретичних положень, сприяють формуванню впевненості у сприйнятті природних явищ і розвитку здібностей учнів.

Фізичні експерименти в правильно організованих школах є також ефективним засобом розвитку таких якостей характеру, як наполегливість у досягненні мети, ретельність у здобутті фактів, акуратність у роботі, уміння спостерігати й виокремлювати суттєві ознаки явищ, які досліджуються.

Навчальні фізичні експерименти безпосередньо пов'язані з науковими фізичними експериментами. Під науковим фізичним експериментом розуміють систему цілеспрямованого вивчення природи через ретельно сплановане відтворення фізичних явищ у лабораторії, активне втручання в процес, подальший аналіз та узагальнення експериментальних даних, отриманих за допомогою приладів. Наукові експерименти плануються для вивчення природи та отримання нових знань про неї. У результаті наукового експерименту одержують нову інформацію про фізичні явища та

закономірності їх перебігу, встановлюється істинність результатів теоретичних досліджень [21, 12].

Під час розвитку методології навчання фізики шкільні фізичні експерименти з окремих дослідів перетворилися на цілісну систему, що включає такі види:

- **Демонстраційні дослід** - це експерименти, які виконує учитель для всієї групи учнів. Вони призначені для наочного демонстрування фізичних явищ і закономірностей. Демонстраційні дослід повинні бути цікавими, наочними та доступними для розуміння учнями. Демонстрування дослідів – активний цілеспрямований процес, у ході якого вчитель керує відчуттями та сприйманнями учнів і на їх основі формує певні поняття й переконання [13].
- **Лабораторні роботи** - це експерименти, які виконують учні під керівництвом учителя. Вони призначені для формування у учнів практичних навичок роботи з фізичними приладами та обладнанням, а також для самостійного дослідження фізичних явищ і закономірностей. Лабораторні роботи повинні бути цікавими, пізнавальними та сприяти розвитку творчих здібностей учнів. Особливістю їх є те, що всі учні класу одночасно виконують ту саму роботу. Це полегшує працю вчителя на уроці, даючи йому можливість оперативно керувати діяльністю учнів, контролювати хід виконання роботи на кожному її етапі [13].
- **Лабораторний фізичний практикум** – важлива частина фізичної освіти, яка дозволяє учням отримати практичний досвід проведення експериментів, збору та аналізу даних. Основна мета експериментальних семінарів - домогтися того, щоб учні не тільки засвоїли фізичні поняття, а й застосували їх у практичних ситуаціях. Особливістю фізичних практикумів є те, що при проведенні їх учні одночасно виконують різні роботи. Фізичні практикуми, як і фронтальні лабораторні роботи, учні виконують індивідуально або групами (2–3 учні) залежно від конкретних умов школи, укомплектованості її фізичного кабінету [13].

- **Експериментальні задачі** - це завдання, які вимагають від учнів проведення експерименту для вирішення поставленої проблеми. Експериментальні задачі сприяють розвитку у учнів логічного мислення, вміння аналізувати отримані результати та робити висновки.
- **Домашні спостереження та лабораторні роботи з фізики** у школі є важливою складовою процесу вивчення фізики. Домашні спостереження та лабораторні роботи з фізики у школі є важливою складовою процесу вивчення фізики. Вони допомагають учням краще зрозуміти теоретичні знання, отримані на уроках; формують в учнів практичні навички роботи з фізичними приладами та обладнанням; сприяють розвитку пізнавальних здібностей учнів; зацікавлюють учнів фізикою. Домашні спостереження та лабораторні роботи з фізики повинні бути цікавими та пізнавальними для учнів. Вони повинні бути доступними для виконання в домашніх умовах. Учитель повинен надавати учням необхідну допомогу та консультації при виконанні домашніх спостережень та лабораторних робіт.
- **Віртуальні лабораторні роботи** й модельні дослідження з використанням комп'ютерних програмних педагогічних засобів (ППЗ) [21, 13]. Віртуальні лабораторні роботи й модельні дослідження з використанням комп'ютерних програмних педагогічних засобів мають низку переваг перед традиційними лабораторними роботами: доступність, безпечність, гнучкість, інтерактивність. Віртуальні лабораторні роботи та модельні дослідження можуть використовуватися на всіх етапах навчання фізики, від початкової школи до старшої. Вони можуть бути використані для вивчення широкого спектру фізичних явищ і законів: вивчення руху тіл; вивчення теплових явищ; вивчення електромагнітних явищ тощо.

Отже, демонстраційні досліди є основою шкільного фізичного експерименту. Вони використовуються на всіх етапах навчання фізики, від першого класу до випускного. Лабораторні роботи виконуються, як правило,

в середніх і старших класах. Експериментальні задачі широко використовуються в старших класах. Віртуальні лабораторні роботи та модельні дослідження є ефективним інструментом для навчання фізики. Вони допомагають учням краще зрозуміти фізичні явища і закони, розвивають їх пізнавальні здібності та зацікавлюють фізикою.

Всі види шкільного фізичного експерименту тісно взаємопов'язані між собою. Демонстраційні досліди дають учням загальне уявлення про фізичні явища і закономірності, а лабораторні роботи та експериментальні задачі дозволяють їм більш детально вивчити ці явища і закономірності.

Шкільний фізичний експеримент має важливе значення для формування у учнів наукового світогляду, розвитку їх пізнавальних здібностей і вміння самостійно розв'язувати фізичні задачі.

## РОЗДІЛ II

# РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЗАСТОСУВАННЯ STEM- ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ГАЗОВИХ ЗАКОНІВ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ

### 2.1. Methodика вивчення газових законів у шкільному курсі фізики

Аналіз проблеми дослідження логічно почати із аналізу навчальних програм. В Україні чинні освітні програми для вивчення фізики двох авторських колективів: під керівництвом Ляшенка О.І. [31] та Локтєва В.М. [32].

Відповідно до навчальних програм з фізики для 10 класу традиційна методика навчання фізики пропонує вивчення газових законів у темі "Ізопроееси".

Аналіз наявних підручників з фізики для 10 класу дає можливість вказати, що більшість авторів (В.Г. Бар'яхтар, І.М. Гельфгат, М.В. Головка) [25, 28, 29] вивчення газових законів пропонує розглядати в інтегрованій темі "Рівняння стану ідеального газу. Ізопроееси", інші автори (Т.М. Засєкіна і В.Д. Сиротюк) [24, 26, 27, 30] ці теми розділять на два параграфи "Рівняння стану ідеального газу" та "Ізопроееси".

Особливу увагу звернемо на лабораторні роботи.

Щодо тематики лабораторних робіт, то більшість авторів пропонує роботу по дослідженню ізотермічного процесу за допомогою скляного циліндра, скляної трубки, лінійки і термометра.

У підручнику В.Г. Бар'яхтара [28] робота розміщення в межах розділу "Молекулярна фізика і термодинаміка" як лабораторна робота №6 "Дослідження ізотермічного процесу".

У підручниках авторського колективу Т.М. Засєкіної [24, 26, 30] така робота розміщена вкінці підручників і позиціонується к робота лабораторного практикуму під назвою "Дослідження ізопроеесу". На нашу



думку, має обмаль інформації, вимагає самостійного пошуку додаткової інформації та високого рівня самоорганізації учня для досягнення освітньої мети.

Авторський колектив М.В. Головка [29] пропонує традиційне виконання лабораторної роботи №8 "Дослідження залежності між тиском, об'ємом і температурою газу (експериментальне підтвердження закону Гей-Люссака)" у лаконічному стилі.

У підручнику В.Д. Сиротюка [27] робота розміщена в межах лабораторного практикуму під назвою "Робота №6. Вивчення ізотермічного процесу: дослідне підтвердження закону Бойля-Маріотта". Перевагою такого формулювання назви, у порівнянні з попереднім автором, є повноцінне розкриття теми роботи. Автори повноцінно розкрили зміст роботи, обґрунтування теоретичних основ, порядок і методику виконання, представили наочність, запропонувати таблиці, повідомили про методику визначення похибок, подали творче завдання тощо. Автори підручника не тільки запропонували виконати традиційну роботу, а й запропонували альтернативний варіант "Вивчення ізобарного процесу: дослідна перевірка закону Гей-Люссака".

У авторського колективу під керівництвом І.М. Гельфгата [25] відсутні лабораторні роботи.

Узагальнюючи результати аналізу навчальної програми і підручників, можна запропонувати таку логічну структуру вивчення теми "Рівняння стану ідеального газу. Ізопроееси":

1. Вступ. Актуалізація опорних знань.
2. Рівняння стану ідеального газу.
3. Ізопроееси.
4. Ізотермічний процес.
5. Ізобарний процес.
6. Ізохорний процес.
7. Вправи і завдання на закріплення набутих знань.

8. Практикум із розв'язування задач по темі.
9. Лабораторна робота "Дослідження ізопроцесів".
10. Тематика проєктної діяльності.
11. Перевірка предметної компетентності.

### Рівняння стану ідеального газу.

Із основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу можна вивести рівняння стану ідеального газу.

Знаючи, що

$$p = nkT,$$

$$n = \frac{N}{V},$$

$$N = \frac{m}{M} N_A,$$

тоді

$$pV = \frac{m}{M} k N_A T = \frac{m}{M} RT,$$

Добуток сталої Авогадро  $N_A$  на сталу Больцмана  $k$  є також сталою величиною, яку називають універсальною (молярною) газовою сталою й позначають  $R$ .

Підрахуємо значення універсальної газової сталої:

$$R = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$$

Отже, ми отримали з основного рівняння МКТ газів рівняння, яке містить тільки макроскопічні (термодинамічні) характеристики стану газу і яке називають рівнянням стану ідеального газу. Це рівняння ще називають рівнянням Менделєєва — Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M} RT.$$

### Рівняння Клапейрона

За допомогою рівняння Менделєєва- Клапейрона можна встановити

зв'язок між макроскопічними параметрами газу у випадку його переходу з одного стану в інший. Нехай газ маси  $m$  і молярної маси  $M$  переходить зі стану  $(p_1, V_1, T_1)$  у стан  $(p_2, V_2, T_2)$ . Для кожного стану запишемо рівняння Менделєєва — Клапейрона:  $p_1 V_1 = \frac{m}{M} R T_1$  і  $p_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_2$ .

Розділивши обидві частини першого рівняння на  $T_1$ , а другого — на  $T_2$ , маємо:  $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{m}{M} R$  і  $\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{m}{M} R$ .

Праві частини цих рівнянь є рівними; прирівнявши ліві частини, одержимо рівняння Клапейрона:  $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ , тобто  $\frac{pV}{T} = \text{const}$ .

*Для даного газу деякої маси відношення добутку тиску на об'єм до температури газу є незмінним.*

Зауважимо, що його не можна застосовувати, якщо в ході процесу змінюється маса газу (кількість його молекул).

Застосовуючи рівняння стану газу, можна розглядати будь-які газові процеси. Проте особливо важливу роль відіграють так звані ізопроцеси з газом незмінної маси, під час яких один із макроскопічних параметрів газу не змінюється.

*Процес, у ході якого один із макроскопічних параметрів даного газу деякої маси залишається незмінним, називають **ізопроцесом***. Оскільки стан газу визначеної маси характеризується трьома макроскопічними параметрами, то можливих ізопроцесів також три: процес, що відбувається за незмінної температури; процес, що відбувається за незмінного тиску; процес, що відбувається за незмінного об'єму [28].

### **Ізотермічний процес**

Це процес зміни стану певної кількості газу за незмінної температури. Під час такого процесу змінюються об'єм і тиск газу.

**Ізотермічний процес** (від грец.  $\acute{\iota}\sigma\omicron\varsigma$  – рівний,  $\theta\epsilon\rho\mu\acute{o}\varsigma$  – гарячий) – процес змінювання стану даного газу деякої маси, що відбувається за

незмінної температури.

Нехай деякий газ переходить зі стану  $(p_1, V_1, T)$  у стан  $(p_2, V_2, T)$ , тобто температура газу залишається незмінною. Тоді відповідно до рівняння Клапейрона має місце рівність:  $\frac{p_1 V_1}{T} = \frac{p_2 V_2}{T}$ .

Тоді отримаємо:  $p_1 V_1 = p_2 V_2$ .

Це рівняння було отримано експериментально (до створення молекулярно-кінетичної теорії) англійським фізиком Робертом Бойлем (1662 р.) і незалежно французьким фізиком Едмом Маріоттом (1676 р.)

### **Закон Бойля — Маріотта:**

**Для даного газу деякої маси добуток тиску газу на його об'єм є незмінним, якщо температура газу не змінюється:**

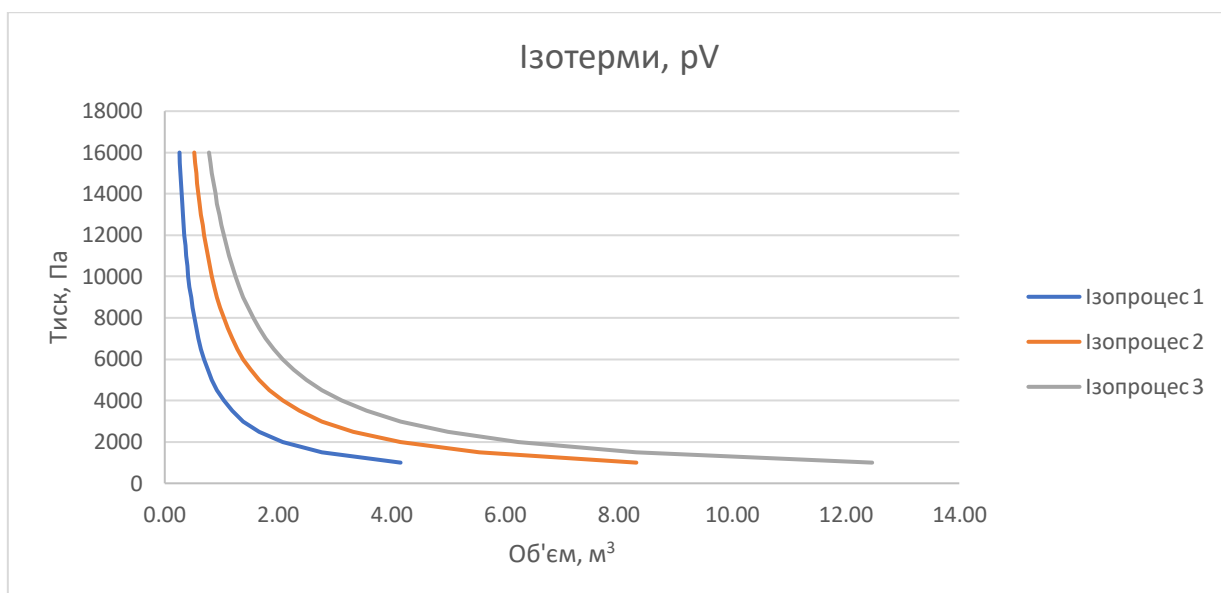
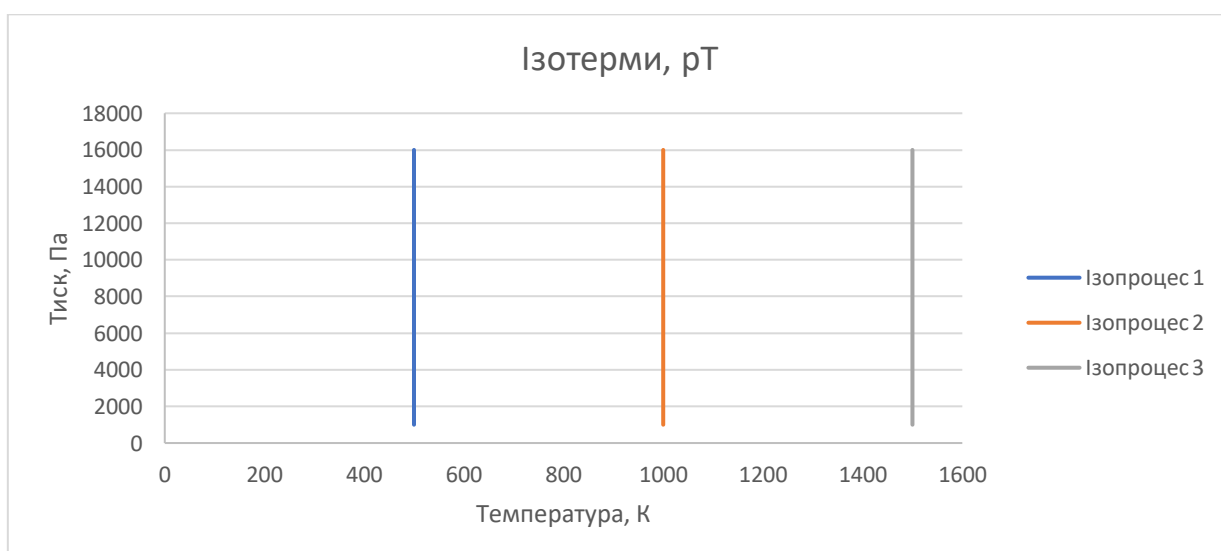
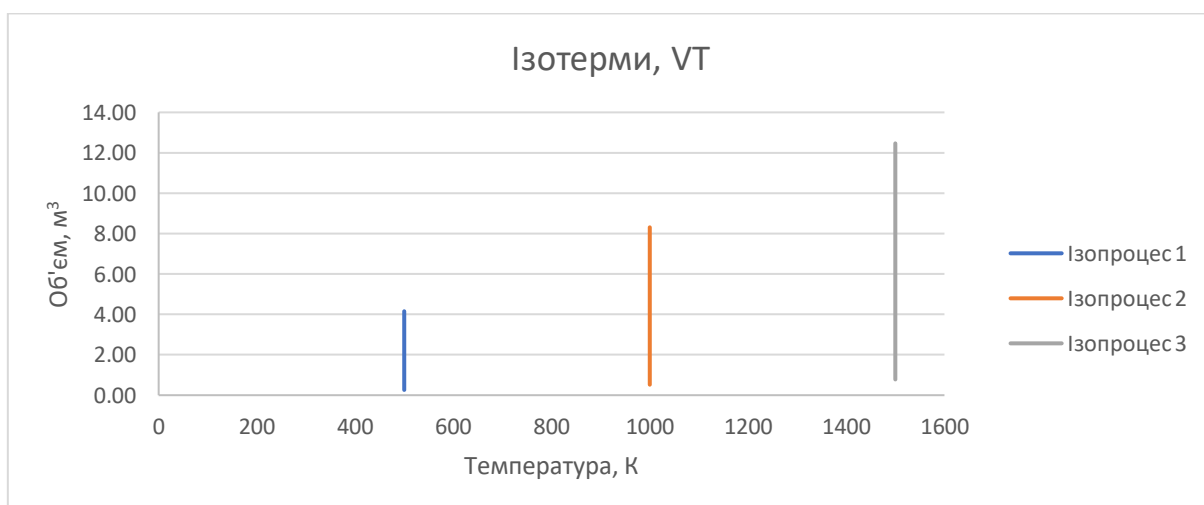
$$p_1 V_1 = p_2 V_2, \text{ або } pV = \text{const.}$$

З точки зору молекулярно-кінетичної теорії ця закономірність має просте пояснення. Адже якщо, наприклад, ізотермічно зменшити об'єм газу вдвічі, то від одного удару молекули поршень отримуватиме в середньому такий самий імпульс, але загальна кількість ударів протягом того самого часу подвоїться через подвоєння концентрації молекул. Отже, тиск газу обернено пропорційний його об'єму.

Дослідження ізопроцесів зручно проводити за допомогою графіків. Графічну залежність між макроскопічними параметрами незмінної маси газу за умови  $T = \text{const}$  називають **ізотермою**. У системі координат  $pV$  вона зображається у вигляді гіперболи. На координатних площинах  $pT$  і  $VT$  ізотерми зображуються прямими, перпендикулярними до осі температур.

На рис. 2.1-2.3 наведено графіки ізотермічного процесу (**ізотерми**).

Різним температурам відповідають різні ізотерми – чим вища температура, тим вище на координатній площині  $pV$  розташована гіпербола ( $T_2 > T_1$ ). Це корисно знати під час розв'язування графічних задач.

Рис. 2.1. Ізотерми в системі координат  $pV$ Рис. 2.2. Ізотерми в системі координат  $pT$ Рис. 2.3. Ізотерми в системі координат  $VT$

Ізотермічним можна вважати процес стиснення повітря компресором або розширення газу під поршнем насоса під час відкачування його з посудини. Процес має бути достатньо швидким, щоб не встиг відбутись теплообмін з навколишнім середовищем.

### Ізобарний процес

**Ізобарний процес** (від грец. βάρος – вага) – процес змінювання стану даного газу деякої маси, що відбувається за незмінного тиску.

Нехай деякий газ переходить зі стану  $(p, V_1, T_1)$  у стан  $(p, V_2, T_2)$ , тобто тиск газу залишається незмінним. Тоді має місце рівність:  $\frac{pV_1}{T_1} = \frac{pV_2}{T_2}$ .

$$\text{Звідси: } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$$

Цей закон установив експериментально у 1802 р. французький учений Гей-Люссак. Прикладом ізобарного процесу є нагрівання або охолодження газу в циліндрі під незакріпленим поршнем.

### Закон Гей-Люссака:

**Для даного газу деякої маси відношення об'єму газу до температури є незмінним, якщо тиск газу не змінюється:**

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \text{ або } \frac{V}{T} = \text{const.}$$

Графік залежності об'єму ідеального газу від температури за постійного тиску є прямою лінією, яку називають ізобарою. На рис. 2.4-2.6. зображено ізобари в різних системах координат.

Експериментально перевірити цей закон можна за допомогою пристрою, що є в багатьох кабінетах фізики, – скляної колби із зігнутою трубкою. У горизонтальній частині трубки є крапля рідини, яка відокремлює газ у колбі від атмосферного повітря. Якщо підігріти колбу, то крапля рідини зміститься вправо, тобто об'єм газу, який міститься в колбі, збільшиться, а тиск залишиться рівним атмосферному.

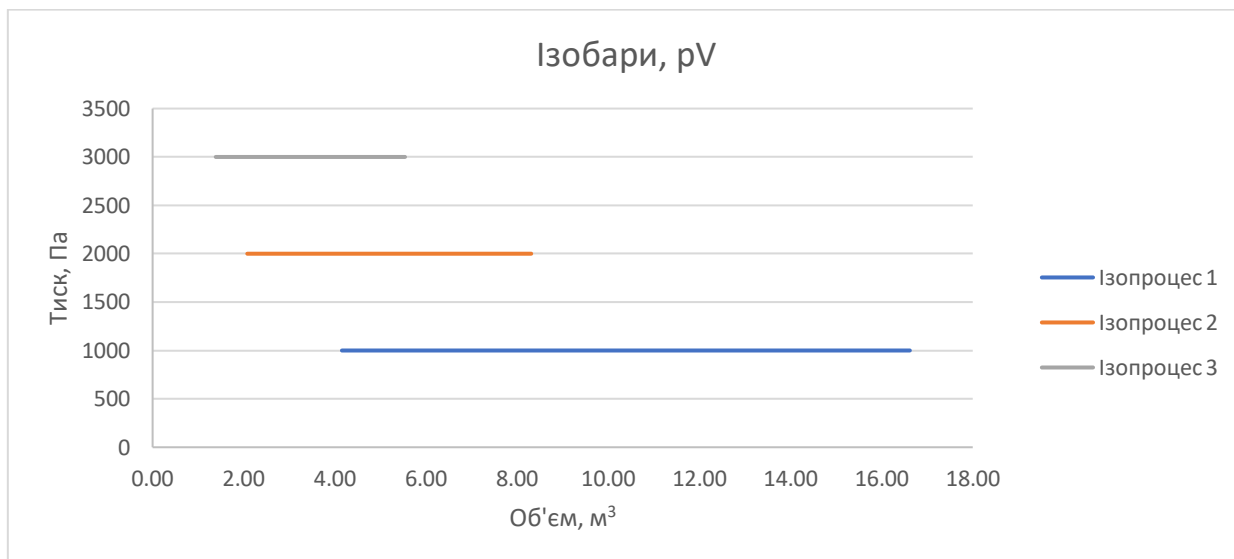
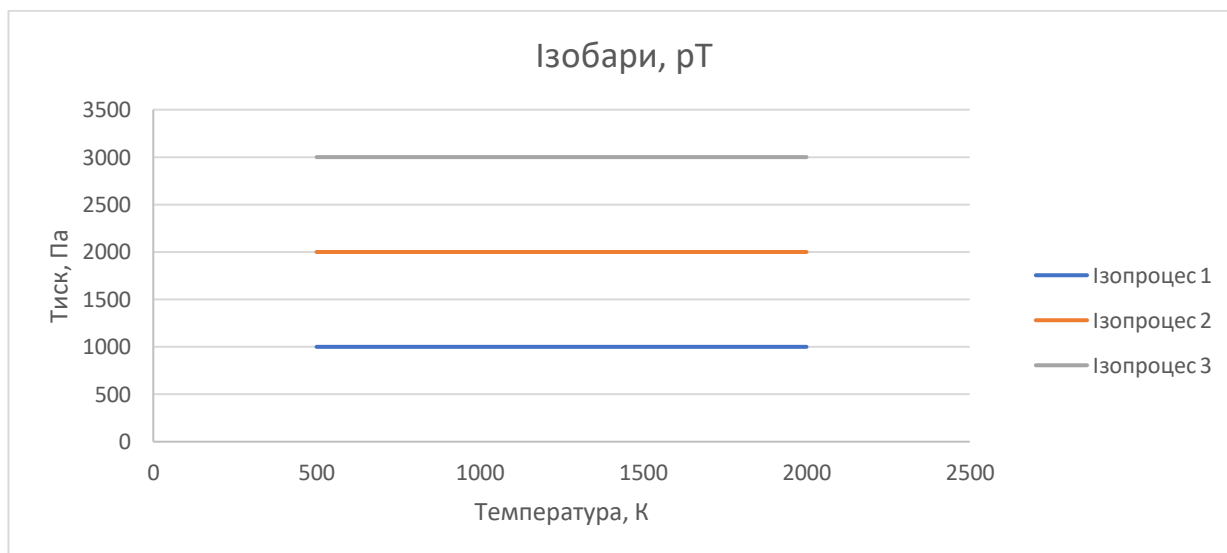
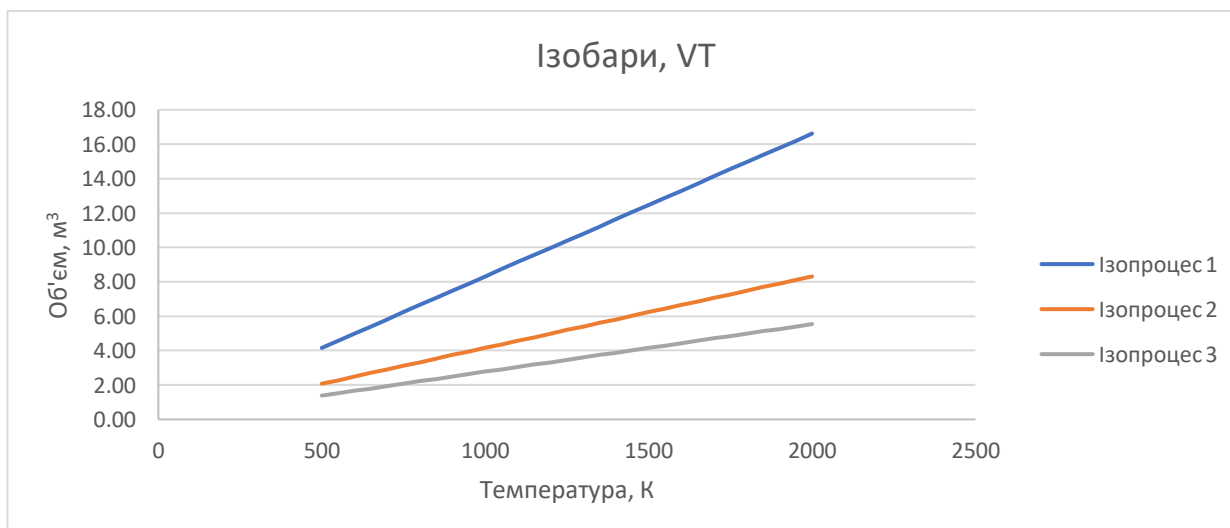
Рис. 2.4. Ізобари в системі координат  $pV$ Рис. 2.5. Ізобари в системі координат  $pT$ 

Рис. 2.6. Ізобари в системі координат VT

**Ізохорний процес**

**Ізохорний процес** (від грец.  $\chi\acute{o}\rho\eta$  – місткість) – процес зміни стану даного газу деякої маси, що відбувається за незмінного об'єму.

Нехай деякий газ переходить зі стану  $(p_1, V, T_1)$  у стан  $(p_2, V, T_2)$ , тобто об'єм газу не змінюється.

У цьому випадку має місце рівність  $\frac{p_1 V}{T_1} = \frac{p_2 V}{T_2}$ .

Після скорочення на  $V$  маємо:  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ .

У 1787 р. цей газовий закон експериментально встановив французький фізик Ж. Шарль.

**Закон Шарля:**

**Для даного газу деякої маси відношення тиску газу до його температури є незмінним, якщо об'єм газу не змінюється:**

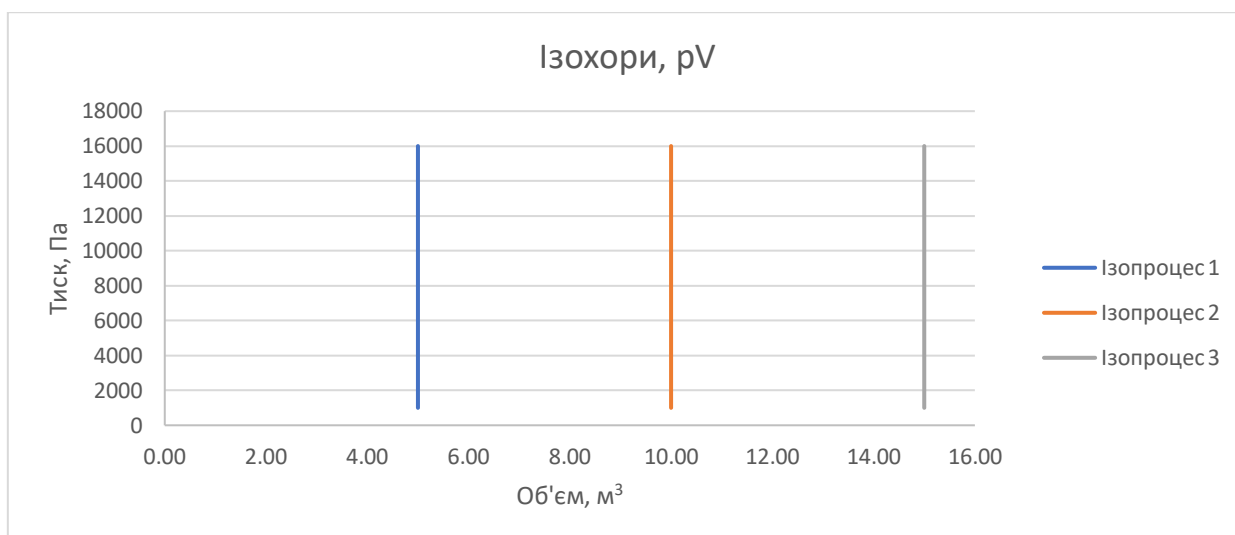
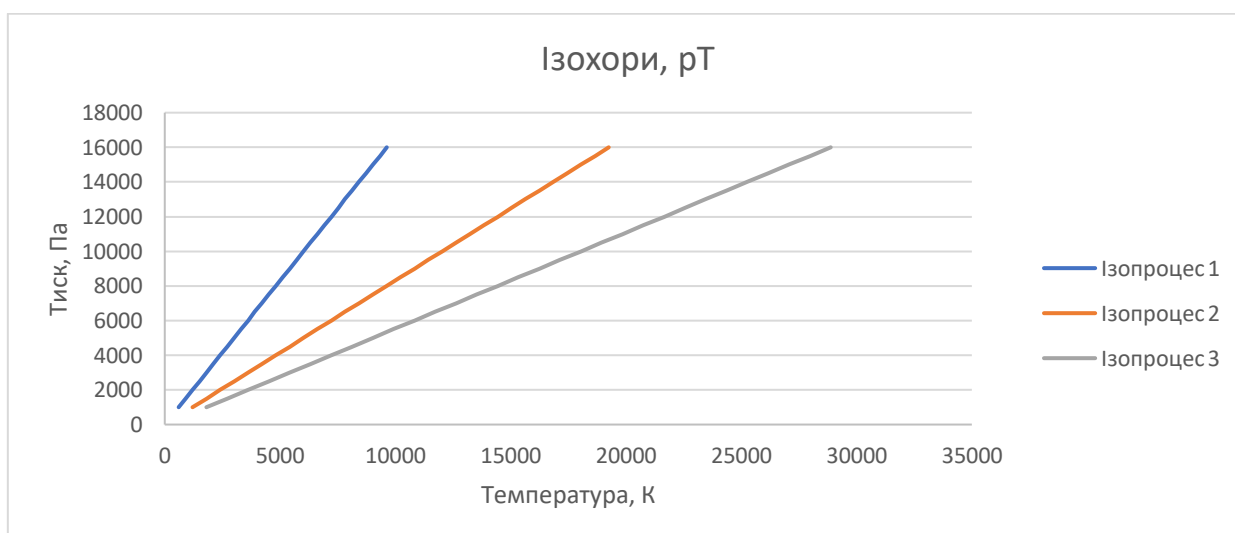
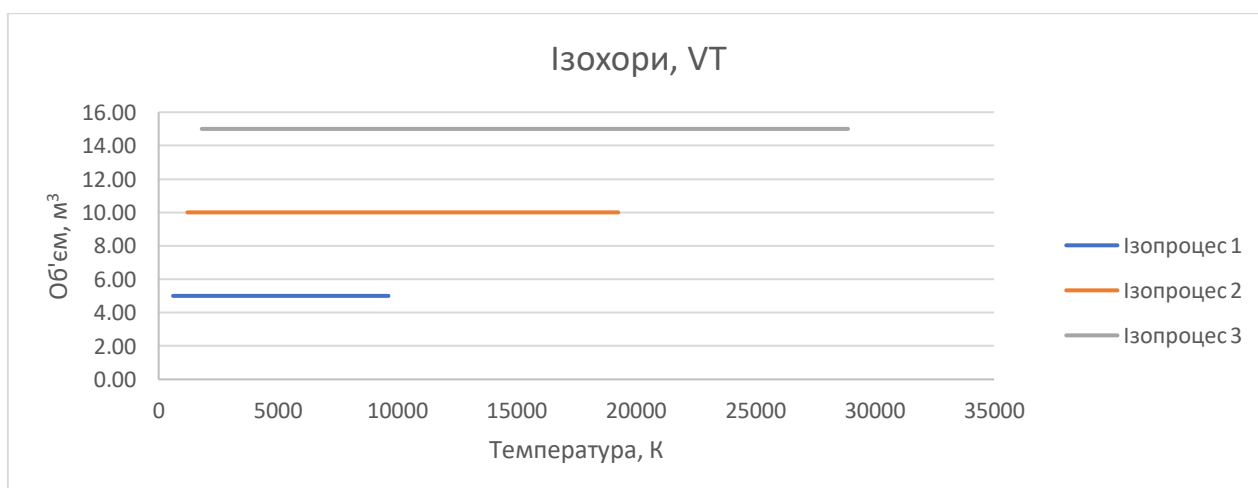
$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ або } \frac{p}{T} = \mathit{const.}$$

Графіком залежності тиску від температури за постійного об'єму є пряма лінія, яку називають **ізохорою**. На рис. 2.7-2.9 зображено ізохори в різних системах координат.

За рівнянням  $\frac{p}{T} = \mathit{const}$  усі ізохори починаються в точці 0. Отже, **тиск ідеального газу за абсолютного нуля дорівнює нулю.**

Отже, газові закони Бойля-Маріотта, Гей-Люссака і Шарля – це окремі випадки рівняння Менделєєва-Клапейрона. Газові закони та їх графічні зображення дають змогу вивчати довільні термодинамічні процеси з ідеальним газом.



Рис. 2.7. Ізохори в системі координат  $pV$ Рис. 2.8. Ізохори в системі координат  $pT$ Рис. 2.9. Ізохори в системі координат  $VT$

## **2.2. Математичне комп'ютерне моделювання фізичних процесів як важливий елемент STEM-технологій**

**Математичне комп'ютерне моделювання фізичних процесів** - це процес створення математичної моделі фізичного процесу та її реалізації на комп'ютері. Така модель може використовуватися для прогнозування результатів фізичного процесу, досліджуючи вплив різних факторів на його поведінку.

Математичне комп'ютерне моделювання фізичних процесів - це підхід, за якого використовуються математичні рівняння та комп'ютерні програми для відтворення, аналізу та передбачення різних фізичних явищ і процесів. Цей підхід дозволяє наочно досліджувати та розуміти складні фізичні системи, тестувати гіпотези, оптимізувати параметри та прогнозувати поведінку системи в різних умовах.

*Математичне комп'ютерне моделювання фізичних процесів доречно розглядати у таких аспектах:*

**1. Математичні моделі.** Використання математичних рівнянь для опису фізичних процесів дозволяє сформулювати зв'язки між різними змінними, які впливають на систему. Ці моделі можуть бути диференціальними рівняннями, інтегральними рівняннями, рівняннями поля, статистичними моделями тощо.

**2. Чисельні методи.** Для розв'язання складних математичних моделей використовують чисельні методи. Це може бути метод Ейлера, метод Рунге-Кутти, метод скінчених різниць, метод скінчених елементів тощо. Ці методи допомагають перетворити математичні рівняння на послідовності обчислень, які можна виконати на комп'ютері.

**3. Комп'ютерні програми.** Для виконання чисельних обчислень і моделювання фізичних процесів використовують комп'ютерні програми та спеціалізовані пакети, такі як MATLAB, Python з бібліотеками NumPy і SciPy, COMSOL Multiphysics, ANSYS та інші. Ці програми дозволяють

створювати, редагувати, виконувати та візуалізувати моделі.

**4. Візуалізація результатів.** Після виконання моделювання важливо візуалізувати результати. Графіки, діаграми, анімації та тривимірні візуалізації допомагають зрозуміти, як система реагує на зміни параметрів.

**5. Аналіз результатів.** Математичне комп'ютерне моделювання дозволяє аналізувати велику кількість даних та розуміти взаємозв'язки між різними змінними. Це допомагає виявити закономірності, тренди, критичні точки та інші характеристики системи.

**6. Прогнозування і оптимізація.** За допомогою математичного комп'ютерного моделювання можна передбачати, як система буде поводитися в різних умовах. Також можна використовувати моделі для оптимізації параметрів системи з метою досягнення певних цілей.

Загалом, математичне комп'ютерне моделювання фізичних процесів є потужним інструментом для розуміння, дослідження та передбачення різних аспектів фізичних явищ. Воно дозволяє наочно показати, як різні параметри впливають на поведінку системи, і використовується в багатьох областях, включаючи науку, інженерію, медицину та інші.

Математичне комп'ютерне моделювання фізичних процесів є потужним інструментом, який має широкий спектр застосувань. Воно може використовуватися в різних галузях науки, техніки та інженерії.

*Математичне комп'ютерне моделювання фізичних процесів має кілька переваг у порівнянні з традиційними методами досліджень:*

- Економія часу і коштів, адже моделювання може бути використано для дослідження фізичних процесів, які важко або небезпечно вивчати експериментально;
- моделювання розкриває широкий спектр можливостей – дозволяє досліджувати вплив різних факторів на поведінку фізичних систем, які не можна вивчити експериментально;
- моделювання може бути використано для швидкого і ефективного дослідження фізичних процесів.

Математичне комп'ютерне моделювання фізичних процесів є складним і багатогранним завданням. Для створення ефективної моделі необхідно добре розуміти фізичний процес, який моделюється, а також мати необхідні математичні та комп'ютерні навички.

Наведемо основні етапи математичного комп'ютерного моделювання фізичних процесів:

1. Формулювання математичної моделі. На цьому етапі необхідно описати фізичний процес за допомогою математичних рівнянь.
2. Впровадження математичної моделі в комп'ютерну програму. На цьому етапі необхідно реалізувати математичну модель у вигляді комп'ютерної програми.
3. Відчуття моделі. На цьому етапі необхідно протестувати модель і переконатися в тому, що вона дає точні результати.
4. Використання моделі. На цьому етапі модель може використовуватися для прогнозування результатів фізичного процесу, досліджуючи вплив різних факторів на його поведінку.

Математичне комп'ютерне моделювання фізичних процесів є потужним інструментом, який може бути використаний для вирішення різних завдань у різних галузях науки і техніки.

Програми для математичного комп'ютерного моделювання фізичних процесів використовуються для дослідження та прогнозування поведінки фізичних систем. Вони дозволяють дослідникам створювати математичні моделі цих систем, а потім вирішувати ці моделі на комп'ютері.

Існує широкий спектр програм для математичного комп'ютерного моделювання фізичних процесів. Деякі з них є загальними, що означає, що вони можуть використовуватися для моделювання широкого спектру систем. Інші програми призначені для конкретних типів систем, таких як механічні системи, електричні системи або системи рідинної динаміки.

Аналіз програмного забезпечення дає можливість навести приклади найпопулярніших програм для математичного комп'ютерного моделювання фізичних процесів:

**Excel** – це електронні таблиці, потужний інструмент, який може використовуватися для математичного комп'ютерного моделювання фізичних процесів. Він може використовуватися для моделювання широкого спектру систем, від простих механічних систем до складних систем рідинної динаміки.

**MATLAB/Simulink** - це потужний інструмент для чисельного обчислення та моделювання. Він включає в себе широкий спектр модулів для моделювання фізичних процесів, таких як механіка, електроніка, теплопередача та рідинна динаміка.

**COMSOL Multiphysics** - це програмне забезпечення для багатофізичного моделювання. Воно дозволяє дослідникам створювати моделі, які враховують взаємодію між різними фізичними процесами.

**ANSYS** - це програмне забезпечення для інженерного аналізу. Воно включає в себе широкий спектр модулів для моделювання фізичних процесів, таких як механіка, теплопередача, електроніка та аеродинаміка.

**Abaqus** - це програмне забезпечення для чисельного моделювання матеріалів. Воно використовується для дослідження поведінки матеріалів під навантаженням.

**FLUENT** - це програмне забезпечення для чисельного моделювання рідинної динаміки. Воно використовується для дослідження руху рідин і газів.

**OpenFOAM** – це безкоштовне програмне забезпечення з відкритим кодом для обчислювальної гідродинаміки та теплопередачі. Воно використовується для моделювання течій рідин і газів.

**GROMACS** - це програмне забезпечення для молекулярного динамічного моделювання, яке використовується для вивчення поведінки молекул в різних фізичних системах.

**Elmer** - це безкоштовна система для обчислювального моделювання різних фізичних процесів, включаючи механіку, електромагнетизм та теплопередачу.

**SimScale** - це хмарна платформа для інженерного моделювання, яка дозволяє вам моделювати різні фізичні явища без необхідності встановлення спеціального програмного забезпечення на вашому комп'ютері.

Вибір програми для математичного комп'ютерного моделювання фізичних процесів залежить від конкретних потреб дослідника.

Фактори, які слід враховувати при виборі програми, включають:

- Тип моделі, яка повинна бути створена. Деякі програми призначені для конкретних типів моделей, таких як механічні системи або системи рідинної динаміки.
- Рівень складності моделі. Деякі програми призначені для моделювання простих систем, а інші - для моделювання складних систем.
- Можливості візуалізації. Деякі програми включають в себе потужні можливості візуалізації, які дозволяють дослідникам візуалізувати результати своїх розрахунків.
- Вартість. Деякі програми є безкоштовними, а інші - платними.

Нижче наведено кілька прикладів використання програм для математичного комп'ютерного моделювання фізичних процесів:

Отже, програми для математичного комп'ютерного моделювання фізичних процесів є потужним інструментом, який може використовуватися для дослідження та прогнозування поведінки фізичних систем. Вони використовуються в широкому спектрі галузей, включаючи науку, інженерію та медицину.

### **2.3. Застосування електронних таблиць у процесі проведення навчального фізичного експерименту із газових законів**

Застосування STEM-технологій передбачає використання широкого спектру цифрових технологій, зокрема, електронних таблиць Excel.

Електронні таблиці MS Excel можна використовувати в якості інструментального засобу моделювання фізичних процесів та обробки даних лабораторного експерименту. Електронні таблиці MS Excel представляють собою еквівалент звичайних таблиць, в яких записані дані різних типів (текст, числа, дані, формули).

Основна перевага – можливість миттєвого перерахунку результатів по всіх формулах при зміні вхідних даних. Крім цього, вони дозволяють проводити однотипні розрахунки над великими наборами даних, будувати та редагувати графіки та діаграми, визначати значення функцій, заходити з графіків шукані величини та оцінювати їхні похибки.

Застосування електронних таблиць MS Excel дає можливість прискорити процес обробки результатів вимірювань і звільняє час для аналізу отриманих результатів з метою більш повного розуміння фізичних закономірностей і явищ, досліджених в лабораторних роботах.

Більшість навчальних і наукових завдань фізики вирішується методом математики, графічного або словесного моделювання об'єктів, процесів або явищ природної або технічної дійсності, що складається з таких етапів:

1. Постановка задачі.
2. Побудова моделі.
3. Розробка та виконання алгоритму.
4. Аналіз результатів і формулювання висновків.

Старшокласники закладів загальної середньої освіти середніх на лабораторних заняттях з фізики на власному навчальному досвіді потребують ефективності системи електронних таблиць як швидкого автоматичного обчислювального інструменту – виконавця алгоритму вирішення більшості фізичних завдань.

Доступна всім учням функціональна можливість системи електронних таблиць Excel в оперативній побудові графіків залежно від фізичної

величини значно економить навчальний час під час розв'язання ними завдань з фізики методом графічного моделювання об'єктів, процесів і явищ природної та технічної дійсності.

Отже, використання програми Excel у проведенні фізичного експерименту може бути дуже корисним, оскільки ця програма дозволяє зручно збирати, аналізувати та візуалізувати дані. Зупинимося детальніше на її перевагах.

1. **Збір даних.** Excel можна використовувати для введення та збору результатів експериментів. Створивши таблицю, де один стовпчик буде представляти параметри, які вимірюються, а інші стовпці - результати для кожного вимірювання. Це дозволяє зручно і легко організувати та зберігати дані.
2. **Обчислення результатів.** Використання можливості створення формул в Excel для обчислення середніх значень, стандартного відхилення, медіани та інших статистичних параметрів на основі отриманих даних.
3. **Побудова графіків.** Excel має потужний інструмент для побудови графіків. Широкий набір інструментів дає можливість будувати різні типи графіків – лінійні, стовпчикові, кругові тощо. Це може допомогти візуалізувати залежності між різними фізичними величинами.
4. **Аналіз результатів.** Використання можливостей Excel для аналізу результатів. Наприклад, можна використовувати різні функції для знаходження тренду, апроксимації даних, розрахунку похибок тощо.
5. **Звіти.** Використання Excel для створення звітів про результати експериментів. Excel надає можливість додавати текстові описи, таблиці з результатами, графіки та інші важливі деталі.
6. **Автоматизація.** Для прискорення обробки результатів вимірювань, що постійно повторюються, Excel дає можливість використовувати макроси для автоматизації певних завдань, що дозволить



зеконотити час.

Важливий логічний прийом пізнання дійсності – порівняння успішно засвоюється і використовується школярами при графічному представленні фізичних об'єктів, процесів і явищ природи та техніки за допомогою комп'ютерних зображень у середовищі системи Excel у процесі порівняння графіків фізичної величини, отриманих при графічному моделюванні фізичних процесів.

Миттєва зміна побудованого на екрані комп'ютера системою електронних таблиць Excel графіка функціональної залежності між фізичними величинами при зміні чисельних значень певного параметра розширює можливості навчального знання фізичної дійсності старшокласниками.

Наведені вище графічні функціональні можливості системи електронних таблиць Excel дозволяють підвищити рівень пізнавального інтересу до вирішення навчальних завдань з фізики навіть в учнів, які мають невисоку успішність з природничо-математичних дисциплін.

Творчо цілеспрямовані, інтелектуально активні, науково компетентні старшокласники, використовуючи методики зміни масштабу графіка функціональної залежності фізичних величин на екрані комп'ютера з системою електронних таблиць Excel, визначають значення своєї величини з меншою абсолютною похибкою, ніж у випадку, якщо графік був накреслений вручну на папері або на шкільній дошці.

Старшокласники, орієнтовані на вступ до природничо-математичних, технічних і технологічних факультетів закладів вищої освіти, факультативно або самостійно можуть засвоїти комп'ютерні алгоритми системи електронних таблиць Excel за побудованою на основі числових даних усіх чотирнадцять діаграм, виділених із найбільш вживаних у графічному моделюванні дійсності різновидності: «З областями», «Лінійні», «Гістограма», «Графік», «Кругова діаграма» і «Точкова XY» тощо.

Учні, засвоївши методи і прийоми графічного моделювання фрагментів

фізичної дійсності за допомогою системи електронних таблиць Excel, успішно можуть здати ЗНО з природничо-математичних дисциплін, навчаються на «добре» і «відмінно» у закладах вищої освіти.

Аналіз і узагальнення наведеного вище матеріалу дозволяє сформулювати висновок про те, що систематичне і використання графічних функціональних можливостей системи електронних таблиць Excel при навчальній моделі фрагментів фізичної дійсності здатне підвищити якість освіти учнівської молоді.

Розглянемо на прикладі застосування електронних таблиць Excel у процесі дослідження газових законів в шкільному курсі фізики у 10 класі. Пропонуємо розглянути довільні дані як зразок на прикладі ізотермічних процесів.

У електронних таблицях формуємо таблицю з даними про тиск, об'єм і температуру. Для зручності розуміння приймемо кількість речовини за 1 моль. Результат продемонстровано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

## Формування електронних таблиць Excel для ізотермічних процесів

$p, \text{Па}$	$V, \text{м}^3$	$T, \text{К}$	$\nu, \text{моль}$	$R$	$p, \text{Па}$	$V, \text{м}^3$	$T, \text{К}$	$\nu, \text{моль}$	$R$	$p, \text{Па}$	$V, \text{м}^3$	$T, \text{К}$	$\nu, \text{моль}$	$R$
1000	4,16	500	1	8,31	1000	8,31	1000	1	8,31	1000	12,47	1500	1	8,31
1500	2,77	500	1	8,31	1500	5,54	1000	1	8,31	1500	8,31	1500	1	8,31
2000	2,08	500	1	8,31	2000	4,16	1000	1	8,31	2000	6,23	1500	1	8,31
2500	1,66	500	1	8,31	2500	3,32	1000	1	8,31	2500	4,99	1500	1	8,31
3000	1,39	500	1	8,31	3000	2,77	1000	1	8,31	3000	4,16	1500	1	8,31
3500	1,19	500	1	8,31	3500	2,37	1000	1	8,31	3500	3,56	1500	1	8,31
4000	1,04	500	1	8,31	4000	2,08	1000	1	8,31	4000	3,12	1500	1	8,31
4500	0,92	500	1	8,31	4500	1,85	1000	1	8,31	4500	2,77	1500	1	8,31
5000	0,83	500	1	8,31	5000	1,66	1000	1	8,31	5000	2,49	1500	1	8,31
5500	0,76	500	1	8,31	5500	1,51	1000	1	8,31	5500	2,27	1500	1	8,31
6000	0,69	500	1	8,31	6000	1,39	1000	1	8,31	6000	2,08	1500	1	8,31
6500	0,64	500	1	8,31	6500	1,28	1000	1	8,31	6500	1,92	1500	1	8,31
7000	0,59	500	1	8,31	7000	1,19	1000	1	8,31	7000	1,78	1500	1	8,31
7500	0,55	500	1	8,31	7500	1,11	1000	1	8,31	7500	1,66	1500	1	8,31
8000	0,52	500	1	8,31	8000	1,04	1000	1	8,31	8000	1,56	1500	1	8,31
8500	0,49	500	1	8,31	8500	0,98	1000	1	8,31	8500	1,47	1500	1	8,31
9000	0,46	500	1	8,31	9000	0,92	1000	1	8,31	9000	1,39	1500	1	8,31
9500	0,44	500	1	8,31	9500	0,87	1000	1	8,31	9500	1,31	1500	1	8,31
10000	0,42	500	1	8,31	10000	0,83	1000	1	8,31	10000	1,25	1500	1	8,31
10500	0,40	500	1	8,31	10500	0,79	1000	1	8,31	10500	1,19	1500	1	8,31
11000	0,38	500	1	8,31	11000	0,76	1000	1	8,31	11000	1,13	1500	1	8,31
11500	0,36	500	1	8,31	11500	0,72	1000	1	8,31	11500	1,08	1500	1	8,31
12000	0,35	500	1	8,31	12000	0,69	1000	1	8,31	12000	1,04	1500	1	8,31
12500	0,33	500	1	8,31	12500	0,66	1000	1	8,31	12500	1,00	1500	1	8,31
13000	0,32	500	1	8,31	13000	0,64	1000	1	8,31	13000	0,96	1500	1	8,31
13500	0,31	500	1	8,31	13500	0,62	1000	1	8,31	13500	0,92	1500	1	8,31
14000	0,30	500	1	8,31	14000	0,59	1000	1	8,31	14000	0,89	1500	1	8,31
14500	0,29	500	1	8,31	14500	0,57	1000	1	8,31	14500	0,86	1500	1	8,31
15000	0,28	500	1	8,31	15000	0,55	1000	1	8,31	15000	0,83	1500	1	8,31
15500	0,27	500	1	8,31	15500	0,54	1000	1	8,31	15500	0,80	1500	1	8,31
16000	0,26	500	1	8,31	16000	0,52	1000	1	8,31	16000	0,78	1500	1	8,31

Для автоматизації процесу значення тиску газу генеруємо від 1000 до 16000 Па. Для першого процесу приймемо температуру 500 К, для другого – 1000 К, для третього – 1500 К. Значення об'єму можемо обчислити за формулою:  $V = \frac{\nu RT}{p}$ .

	A	B	C	D	E
1					
2					
3	<b><i>p, Па</i></b>	<b><i>V, м<sup>3</sup></i></b>	<b><i>T, К</i></b>	<b><i>ν, моль</i></b>	<b><i>R</i></b>
4	1000	4,16	500	1	8,31
5	1500	2,77	500	1	8,31
6	2000	2,08	500	1	8,31

Рис. 2.10. Фрагмент таблиці із формулою для обчислення об'єму

На основі таблиць можемо сформувати графіки трьох ізопроцесів у різних системах відліку:  $pV$ ,  $pT$ ,  $VT$  (див. рис. 2.1-2.3).

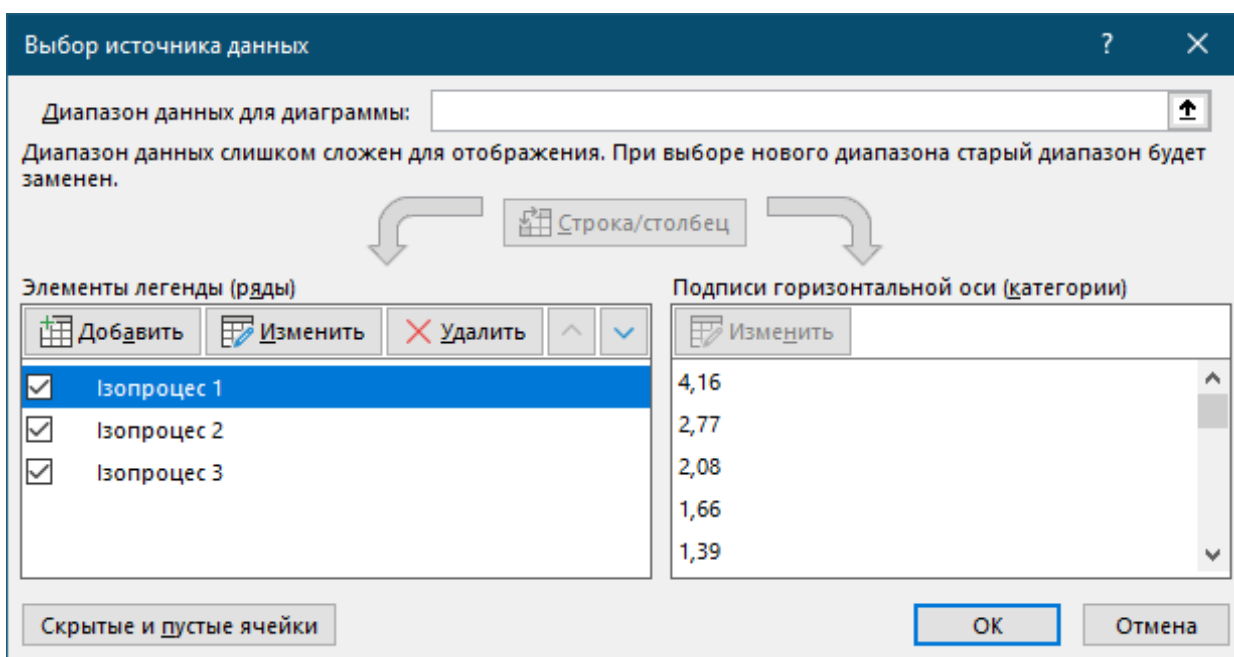


Рис. 2.11. Вибір джерела даних

Подібні графіки можна створити і для ізобарних та ізохорних процесів (див. рис. 2.4-2.9).

## 2.4. Використання MatLab як інструменту STEM-технологій для моделювання фізичних процесів

У процесі вивчення ізопроцесів у школі важливо вміти будувати тривимірні графіки, щоб краще зрозуміти залежність між параметрами системи: тиском, об'ємом і температурою.

Тривимірні графіки дозволяють візуалізувати залежність між трьома змінними, що є дуже корисним для розуміння складних фізичних процесів. У випадку ізопроцесів тривимірний графік відображає залежність між двома параметрами системи при постійному третьому параметрі.

Наприклад, ізохорний процес — це процес, при якому об'єм системи залишається постійним. Тривимірний графік ізохорного процесу відображає залежність між тиском і температурою газу. Як видно з графіка, тиск газу зростає зі збільшенням температури.

Інші ізопроцеси також можна візуалізувати за допомогою тривимірних графіків. Наприклад, ізобаричний процес — це процес, при якому тиск системи залишається постійним. Тривимірний графік ізобаричного процесу відображає залежність між об'ємом і температурою газу. Як видно з графіка, об'єм газу збільшується зі збільшенням температури.

Побудова тривимірних графіків при вивченні ізопроцесів у школі може мати важливий педагогічний та навчальний вплив. Наведемо кілька причин:

**Візуалізація просторових залежностей.** Тривимірні графіки дозволяють візуалізувати просторові залежності між трьома змінними. Це допомагає учням краще розуміти, які зміни відбуваються в системі, коли змінюються різні параметри.

**Збагачення навчального досвіду.** Побудова тривимірних графіків додає глибину до навчання фізики. Учні можуть більш відчувати реальність фізичних явищ, оскільки більше не тільки бачать числа, але й відображення просторової динаміки.

**Сприяння креативності.** Робота з тривимірними графіками може підвищити рівень креативності учнів. Вони можуть більше зацікавитися дослідженнями та експериментами, які допомагають розібратися у взаємозв'язках між різними змінними.

**Практичний досвід з інструментами.** Вивчення побудови тривимірних графіків в програмах, таких як MATLAB, Excel або інші, може надати учням практичний досвід з використанням наукових інструментів для візуалізації даних та моделювання фізичних процесів.

**Поглиблення розуміння.** Тривимірні графіки допомагають учням більше зосередитися на взаємозв'язках між трьома змінними. Це може підвищити їхнє розуміння та знання про певний фізичний процес.

**Підготовка до вищої освіти.** Розуміння використання тривимірних графіків може підготувати учнів до вивчення складніших фізичних концепцій на рівні вищої освіти.

Таким чином, використання тривимірних графіків при вивченні ізопроектів може допомогти учням краще розуміти просторові взаємозв'язки, розвивати креативність та практичні навички, а також глибше зануритися в світ фізичних явищ.

Використання MATLAB як елемента STEM-технологій для моделювання фізичних процесів може бути дуже корисним для навчання та розуміння різних аспектів науки, технології, інженерії та математики.

MATLAB — це потужний інструмент, який може бути використаний для моделювання фізичних процесів. Він є елементом STEM-технологій, оскільки використовується для вивчення природничих наук, техніки, інженерії та математики.

MATLAB дозволяє створювати математичні моделі фізичних процесів. Ці моделі можуть бути використані для прогнозування результатів фізичних процесів, досліджуючи вплив різних факторів на їх поведінку.

MATLAB також дозволяє візуалізувати результати моделювання. Це може допомогти краще зрозуміти поведінку фізичних систем.

Наведемо кілька способів, які можна використовувати MATLAB для моделювання фізичних процесів у STEM-освіті:

**Моделювання різних фізичних явищ.** Ви можете використовувати MATLAB для створення математичних моделей, які описують різні фізичні явища, такі як рух тіл, теплопередача, електромагнетизм та інші. За допомогою рівнянь та чисельних методів, ви можете моделювати ці процеси та аналізувати їх характеристики.

**Візуалізація даних та результатів.** MATLAB має потужні можливості для створення візуалізованих зображень, графіків та анімацій. Ви можете відображати результати моделювання у вигляді графіків, діаграм, розподілів, тривимірних візуалізацій та багато іншого.

**Аналіз даних та результатів.** MATLAB надає широкий спектр інструментів для аналізу даних, обробки сигналів, статистичного аналізу, спектрального аналізу та багатьох інших аспектів обробки даних.

**Чисельне моделювання.** Використовуючи чисельні методи, ви можете розв'язувати різні диференціальні рівняння та інші математичні завдання, що описують фізичні процеси. Це допоможе вам вивчити поведінку систем під час зміни параметрів.

**Створення імітацій та симуляцій.** Ви можете створювати імітації та симуляції реальних фізичних систем. Це дозволить учням експериментувати з різними сценаріями та спостерігати, як вони впливають на результати.

**Підготовка до досліджень.** Вивчення MATLAB дозволяє учням отримати практичні навички з використання програмного забезпечення, яке широко використовується в дослідницькій роботі та інженерних додатках.

**Синтез та оптимізація.** Ви можете використовувати MATLAB для синтезу та оптимізації систем, що дозволяє вдосконалити рішення та підходи до реалізації фізичних процесів.

Загалом, використання MATLAB як елемента STEM-технологій допомагає підвищити рівень розуміння фізичних концепцій, розвивати аналітичні та обчислювальні навички, а також підготувати учнів до більш

глибокого вивчення наукових інженерних дисциплін. MATLAB може бути використаний для моделювання фізичних процесів на різних рівнях освіти. Він може бути використаний в закладах загальної середньої освіти для викладання основ фізики, а також у закладах вищої освіти для проведення наукових досліджень.

Для прикладу розглянемо процес моделювання ізопроцесів за допомогою MatLab із візуалізацією не тільки у площинах  $pV$ ,  $pT$ ,  $VT$ , а й об'ємно у трьох координатах одночасно. Результати моделювання подано на рис. 2.12-2.14.

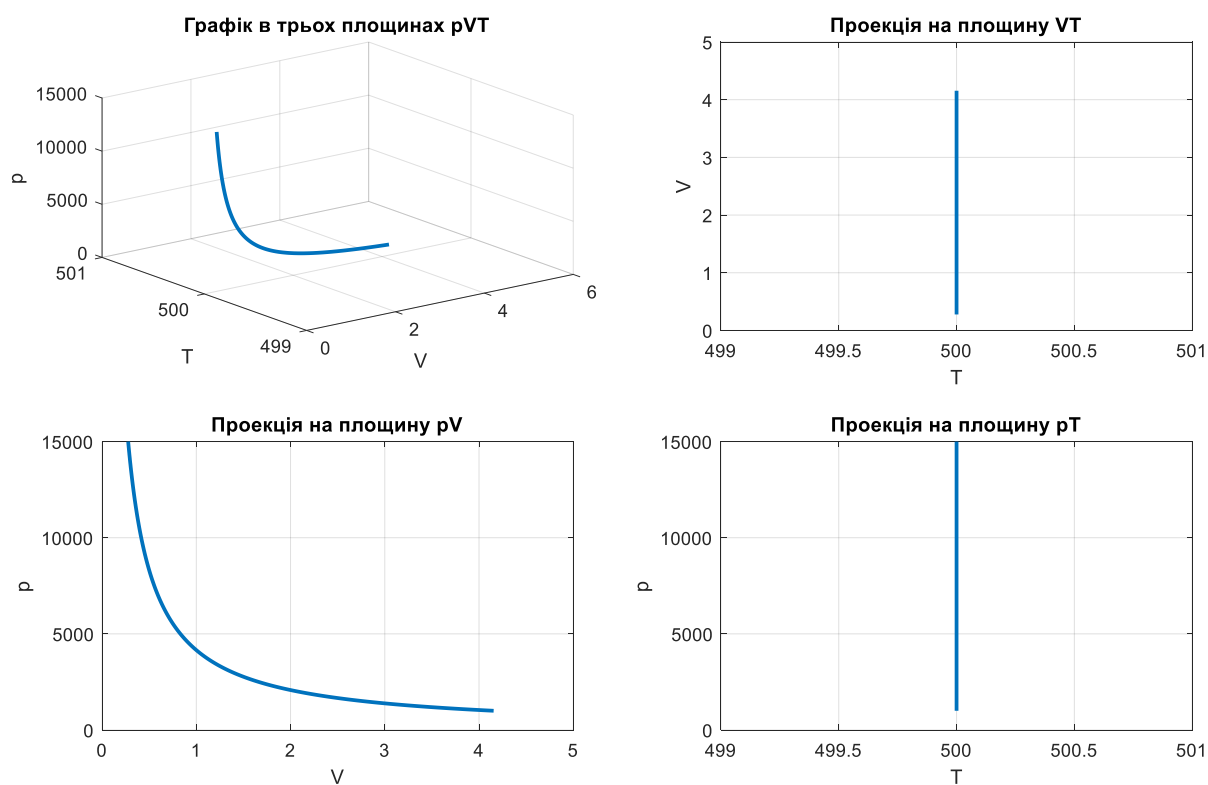


Рис. 2.12. Ізотермічний процес



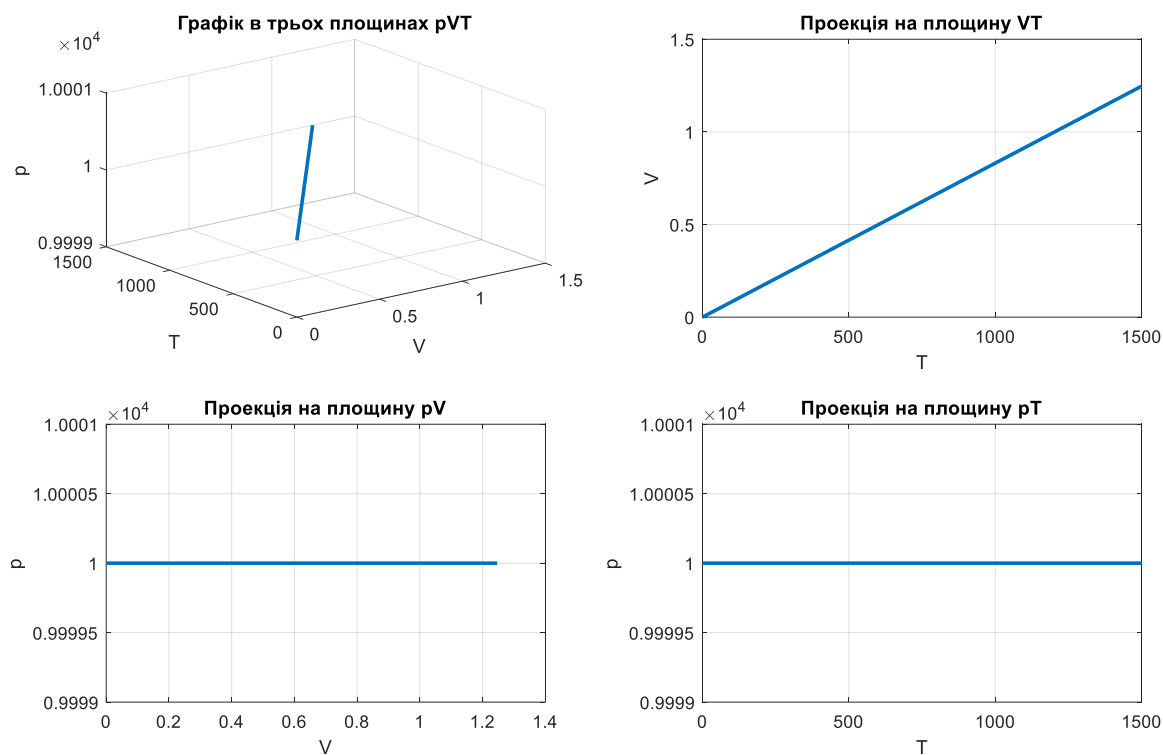


Рис. 2.13. Ізобарний процес

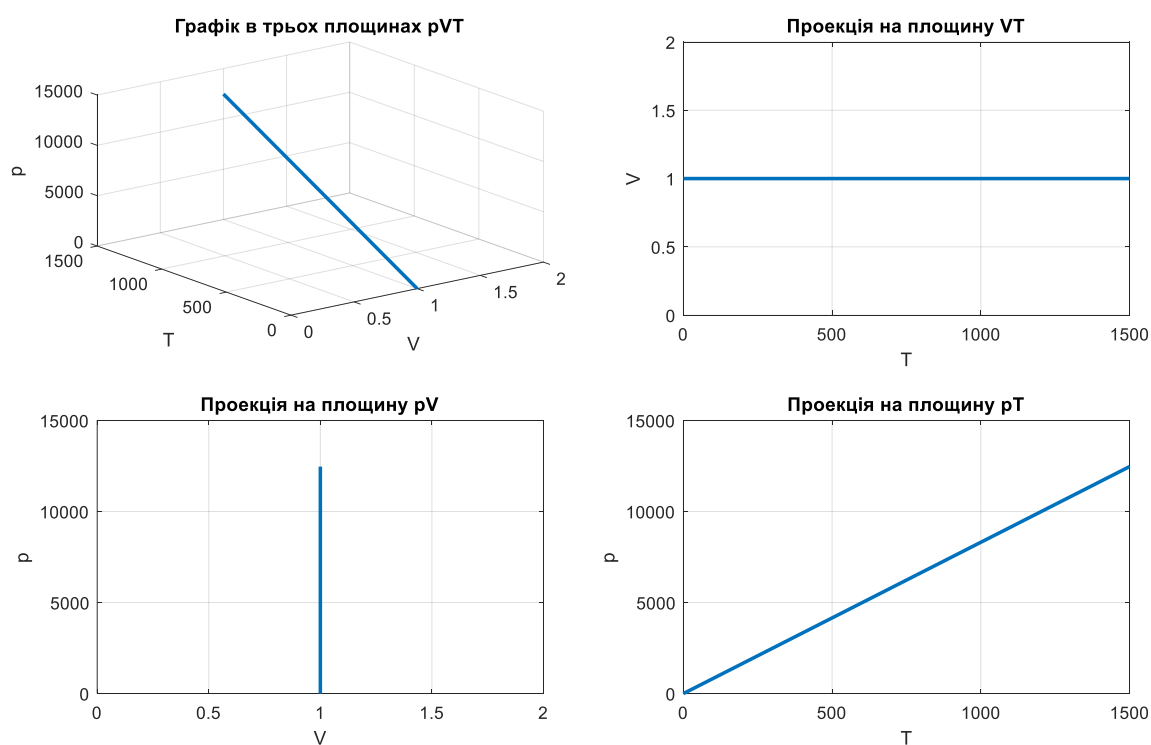


Рис. 2.14. Ізохорний процес

Програмний код MatLab наведено нижче:

```

%Створення даних для графіка
v = 1;
R = 8.31;

% Ізотерма
p = linspace(1000, 15000, 500); % параметр для
генерації точок
T = p*0 + 500;
V = v * R * T ./ (p);

%Ізобара
%T = linspace(0, 1500, 100); % параметр для генерації
точок
%p = T*0 + 10000;
%V = v * R * T ./ (p);

%Ізохора
%T = linspace(0, 1500, 100); % параметр для генерації
точок
%V = T*0 + 1;
%p = v * R * T ./ (V);

% Побудова графіка в трьох площинах pVT
figure;

% Тривимірний графік
subplot(2,2,1);
plot3(V, T, p, 'LineWidth', 2);
xlabel('V');
ylabel('T');
zlabel('p');
title('Графік в трьох площинах pVT');
grid on; % Вмикаємо сітку для кращої візуалізації

% Проекція на площину VT
subplot(2,2,2);
plot(T, V, 'LineWidth', 2);
xlabel('T');
ylabel('V');
title('Проекція на площину VT');
grid on;

% Проекція на площину pV

```

```

subplot(2,2,3);
plot(V, p, 'LineWidth', 2);
xlabel('V');
ylabel('p');
title('Проекція на площину pV');
grid on;

% Проекція на площину pT
subplot(2,2,4);
plot(T, p, 'LineWidth', 2);
xlabel('T');
ylabel('p');
title('Проекція на площину pT');
grid on;

% Збільшити розмір графіка для кращої видимості
set(gcf, 'Position', [100, 100, 1000, 600]);

```

## 2.5. Лабораторна робота з методики дослідження газових законів у шкільному курсі фізики з використанням мікроконтролера Arduino

Упровадження STEM-технологій у процес вивчення фізики, зокрема методику експериментального дослідження газових законів доцільно із використанням мікроконтролера Arduino. Такий підхід може значно підвищити зацікавленість та розуміння учнями теплових явищ та ізопроцесів. Розробимо загальний план такого проекту:

### 1. Організація лабораторних занять.

Визначення мети та завдання лабораторної роботи. Наприклад, вивчення закону Шарля.

Підготувати необхідне обладнання, включаючи датчики тиску та температури BMP180, рідкокристалічний дисплей LCD1602A, мікроконтролер Arduino, посудину для дослідження, комп'ютер для програмування, введення й обробки даних.

Розробити методику та інструкції для учнів щодо проведення експерименту.

## 2. Використання Arduino.

Пояснити учням основи програмування Arduino. Надати їм можливість створити програми для збирання даних від датчиків.

На основі мікроконтролера Arduino створити експериментальну установку для вимірювання тиску та температури газу в різних умовах. Варіант схеми подано на рис. 2.15, а загальний вигляд установки – на рис. 2.16.

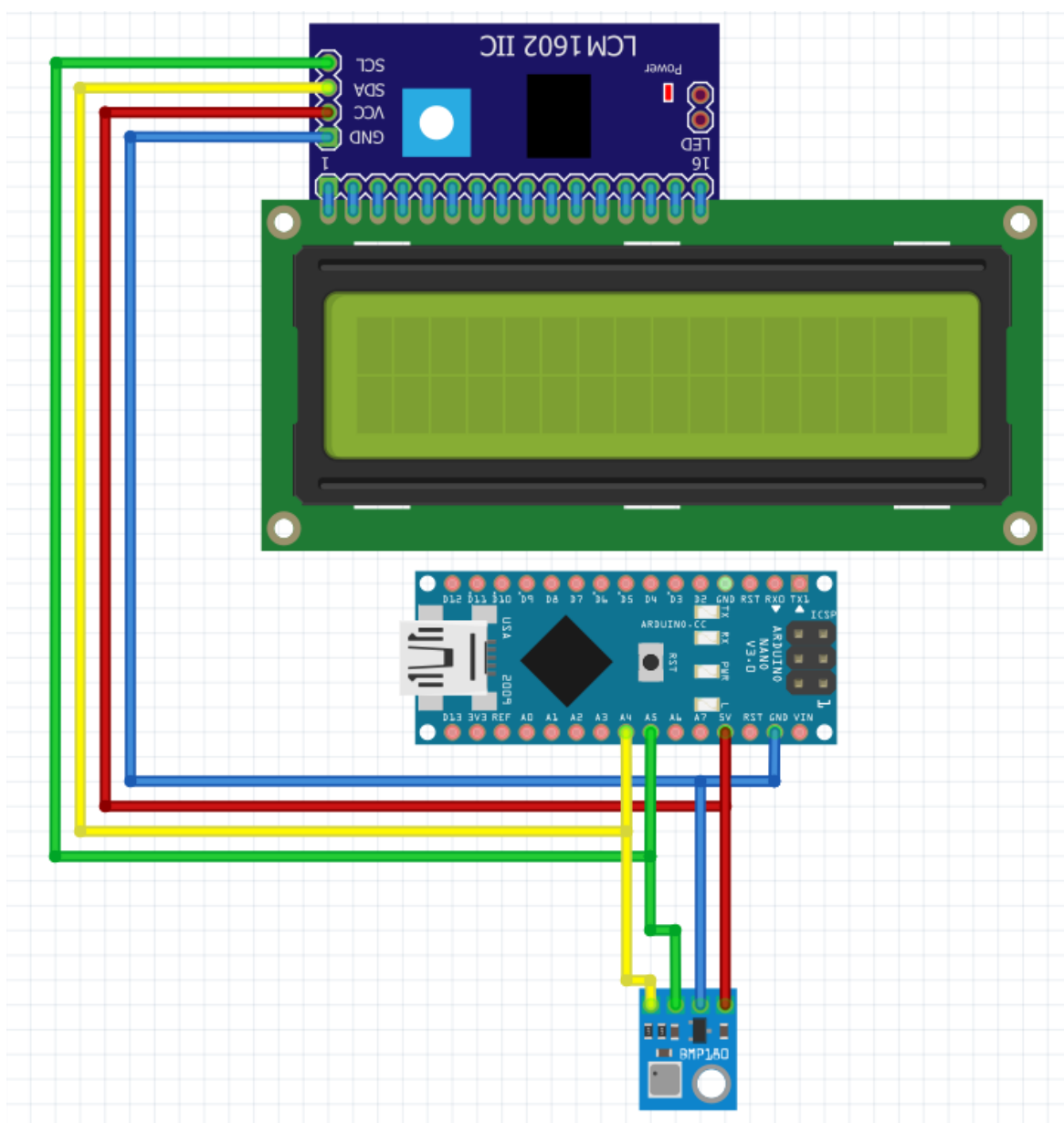


Рис. 2. 15. Принципова схема для дослідження ізохорного процесу

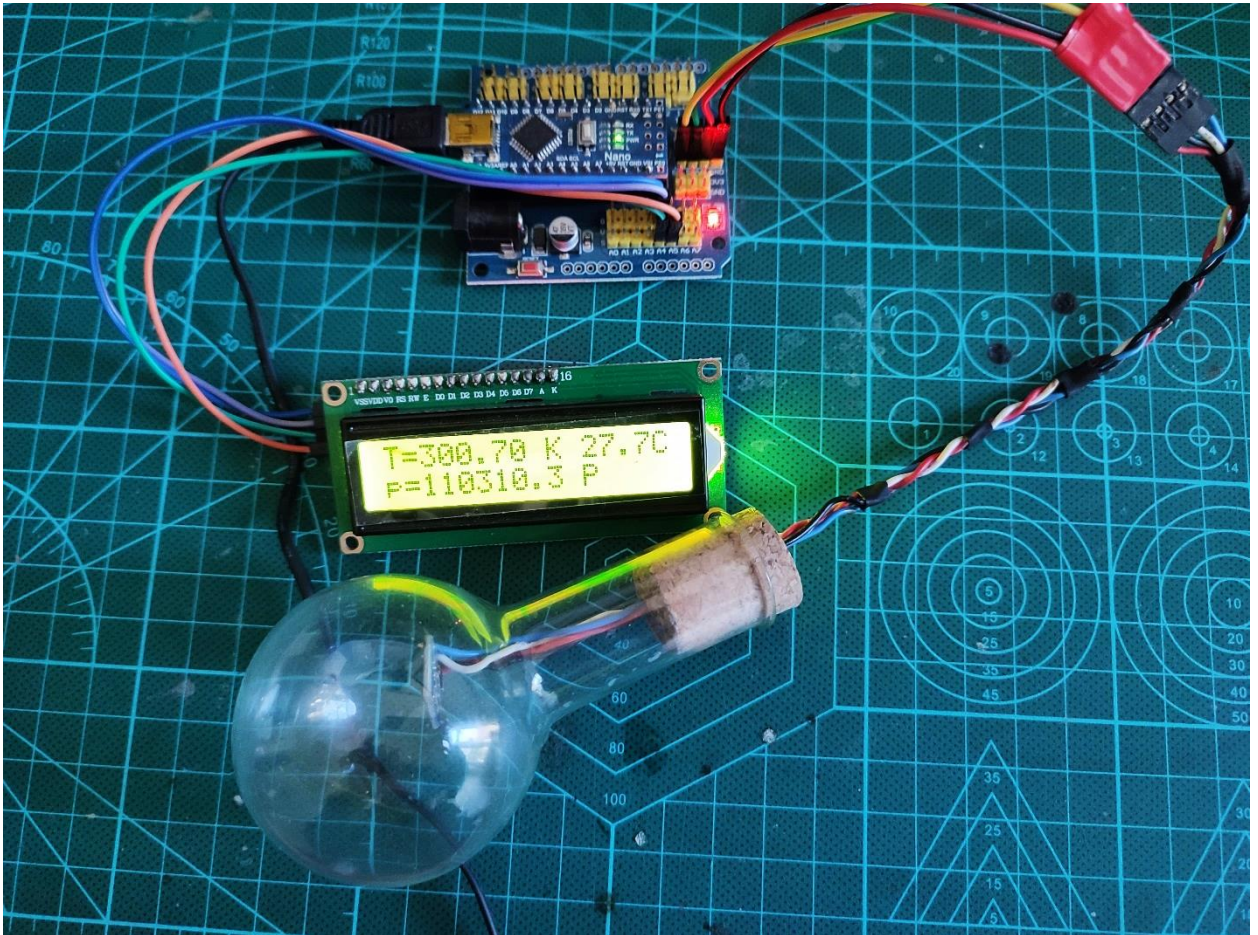


Рис. 2. 16. Загальний вигляд установки для дослідження ізохорного процесу

Програмний код для проведення експериментального дослідження ізохорного процесу подано нижче:

Scetch\_BMP180\_I2C\_2.ino

```
// підключаємо бібліотеки, SFE_BMP180, Wire,
LiquidCrystal_I2C
#include <SFE_BMP180.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // вибираємо адресу
LCD як 0x27 для 16 символів у 2 рядках

SFE_BMP180 pressure; // створюємо екземпляр класу
SFE_BMP180 і називаємо його «pressure»

#define ALTITUDE 160 // висота над рівнем моря м.
Глухова - 160 метрів
```

```

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();           // ініціалізація lcd
  lcd.backlight();

  // ініціалізація датчика (необхідно виписати
  калібрувальні дані, що зберігаються у пристрої
  if (pressure.begin())
    Serial.println("BMP180 init success");
  else
  {
    Serial.println("BMP180 init fail\n\n");
    while(1); // вічна пауза
  }
}

void loop()
{
  char status;
  double T,P,p0,a;

  Serial.print("provided altitude: ");
  Serial.print(ALTITUDE); Serial.println(" meters, ");

  status = pressure.startTemperature();
  if (status != 0)
  { delay(status);
    status = pressure.getTemperature(T);
    if (status != 0)
    {

      status = pressure.startPressure(3);
      if (status != 0)
      {
        delay(status);
        status = pressure.getPressure(P,T);
        if (status != 0)
        {
          Serial.print("Температура = ");
          Serial.print(T,2); Serial.println(" (C) ");
          Serial.print("Абс. тиск = ");
          Serial.print(P*100,2); Serial.print(" (Па), ");
          Serial.print(P*0.75006375541921);
          Serial.println(" мм.рт.ст.");
        }
      }
    }
  }
}

```

```

    lcd.init();
    lcd.setCursor(0,0); lcd.print("T=");
    lcd.setCursor(2,0); lcd.print(T+273);
    lcd.setCursor(9,0); lcd.print("K");
    lcd.setCursor(11,0); lcd.print(T);
    lcd.setCursor(15,0); lcd.print("C");

    lcd.setCursor(0,1); lcd.print("p=");
    lcd.setCursor(2,1); lcd.print(P*100);
    lcd.setCursor(10,1); lcd.print(" P ");

    //lcd.setCursor(10,1); lcd.print(P*0.75);
    //lcd.setCursor(13,1); lcd.print(" mm");

}
    else Serial.println("error retrieving pressure
measurement\n");
}
    else Serial.println("error starting pressure
measurement\n");
}
    else Serial.println("error retrieving temperature
measurement\n");
}
    else Serial.println("error starting temperature
measurement\n");
    delay(5000); // 5-секундна пауза
}

```

### **3. Проведення експерименту.**

Виконати лабораторну роботу з використанням підготовленого обладнання та програм.

Запропонувати учням провести серію експериментів для вимірювання тиску та температури газу в різних умовах (різні об'єми, температури тощо).

### **4. Збір та аналіз даних.**

У процесі проведення експерименту для збирання даних знімаємо покази з LCD-дисплея, дані записуємо у електронні таблиці Excel на комп'ютер. Результати експеримента подано у таблиці 2.2.

Провести аналіз та візуалізувати дані за допомогою графіків та діаграм.

Таблиця 2.2.

## Результати експеримента

$p, \text{Па}$	$V, \text{м}^3$	$T, \text{К}$	$\nu, 10^{-3}$ моль	$R$	$ v - v_{\text{сер}} $	
102345	0,000085	260,96	4,0115	8,31	0,13160	
102408	0,000085	263,94	3,9687	8,31	0,08875	
102565	0,000085	265,01	3,9587	8,31	0,07879	
102688	0,000085	266,99	3,9341	8,31	0,05414	
103106	0,000085	268,68	3,9252	8,31	0,04531	
103260	0,000085	270,21	3,9088	8,31	0,02891	
103569	0,000085	270,92	3,9103	8,31	0,03033	
103717	0,000085	272,2	3,8974	8,31	0,01751	
104085	0,000085	273,37	3,8945	8,31	0,01460	
104526	0,000085	275,15	3,8857	8,31	0,00580	
104826	0,000085	276,47	3,8783	8,31	0,00166	
105040	0,000085	277,07	3,8778	8,31	0,00216	
105193	0,000085	277,62	3,8757	8,31	0,00420	
105609	0,000085	279,14	3,8699	8,31	0,01006	
105806	0,000085	279,88	3,8668	8,31	0,01309	
106029	0,000085	280,67	3,8641	8,31	0,01585	
106424	0,000085	281,45	3,8677	8,31	0,01220	
106942	0,000085	282,78	3,8683	8,31	0,01166	
107424	0,000085	284,63	3,8605	8,31	0,01948	
107641	0,000085	285,65	3,8544	8,31	0,02549	
107821	0,000085	286,5	3,8494	8,31	0,03050	
108522	0,000085	287,89	3,8558	8,31	0,02418	
109601	0,000085	291,78	3,8422	8,31	0,03776	
110070	0,000085	292,34	3,8512	8,31	0,02871	
110718	0,000085	293,28	3,8615	8,31	0,01846	
111054	0,000085	294,32	3,8595	8,31	0,02042	
111459	0,000085	295,3	3,8607	8,31	0,01920	
112012	0,000085	296,43	3,8651	8,31	0,01484	
112673	0,000085	298,12	3,8659	8,31	0,01407	
113724	0,000085	300,85	3,8665	8,31	0,01342	
114002	0,000085	301,28	3,8704	8,31	0,00950	
114583	0,000085	304,22	3,8526	8,31	0,02737	
115129	0,000085	306,92	3,8369	8,31	0,04306	
115871	0,000085	308,72	3,8391	8,31	0,04085	
115971	0,000085	308,72	3,8424	8,31	0,03754	
Частота			35	Сума похибок		0,991
Середнє значення, $\nu_{\text{сер}}$			3,880	Абс. похибка $\Delta\nu$		0,028
				Відносна похибка $\epsilon$ , %		0,730



Графіки ізохорного процесу у системах координат  $pV$ ,  $pT$ ,  $VT$  подано у рис. 2.17.

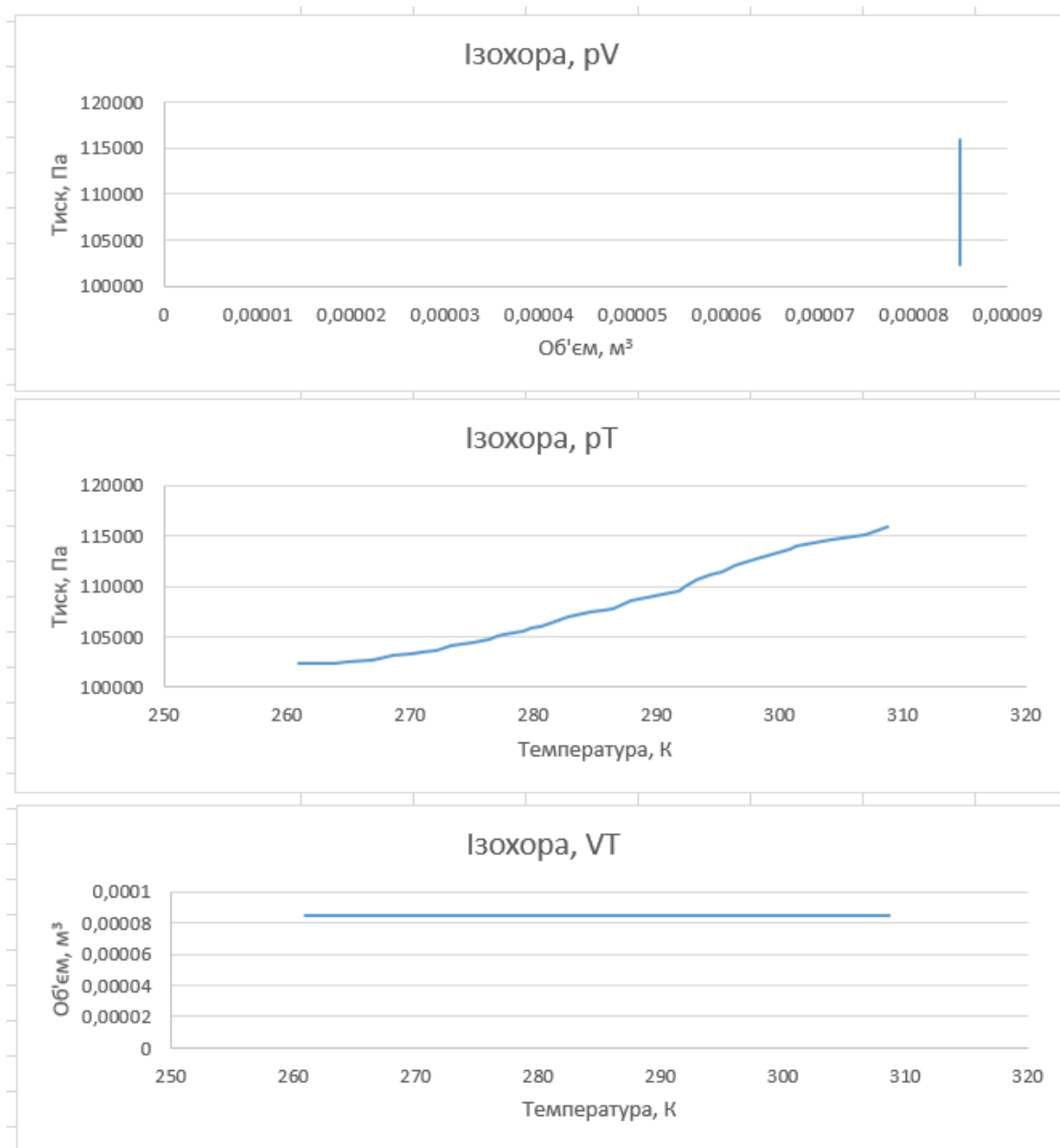


Рис. 2.17. Графіки ізохорного процесу у системах координат  $pV$ ,  $pT$ ,  $VT$

### **5. Висновки та обговорення.**

Після проведення експериментів, розглянути результати, обчислити похибки, сформулювати висновки та порівняти їх із газовими законами.

Обговорити з учнями можливі джерела помилок та способи їх усунення.

## **6. Проектні завдання.**

Можна запропонувати учням створити проекти або дослідницькі завдання, які базуються на дослідженнях газових законів з використанням Arduino, що може включати підключення додаткових датчиків, дослідження газових законів у різних умовах, розрахунок параметрів газу тощо.

## **7. Публічна презентація.**

Запропонувати учням підготувати короткі презентації своїх проектів та досліджень і поділитися ними з класом або іншими вчителями.

## **8. Оцінка.**

Оцінити учнів за їхніми звітами, презентаціями та активністю під час лабораторних занять.

Важливо надати учням можливість активної участі, самостійного дослідження та застосування технологічних знань у вивченні фізики. STEM-підхід сприяє розвитку креативності, аналітичних навичок та інтересу до науки учнів.

## **2.6. Методичні рекомендації для вчителів фізики із застосуванням STEM технологій**

STEM-освіта - це освітній підхід, який поєднує в собі науки, технології, інженерію та математику. Вона спрямована на розвиток у учнів критичного мислення, творчості та навичок вирішення проблем.

Використання STEM-технологій у навчанні фізики може зробити його більш цікавим, захоплюючим та ефективним. STEM-технології можуть використовуватися для створення інтерактивних додатків, симуляторів та інших інструментів, які допомагають учням краще зрозуміти фізичні явища.

Для ефективного упровадження STEM-технологій починайте з малого. Не намагайтеся відразу впровадити всі STEM-технології в своє навчання. Почніть з одного або двох інструментів і поступово додавайте інші.

Знайдіть ресурси, які допоможуть Вам використовувати STEM-технології у навчанні фізики. Ви можете знайти веб-сайти, додатки, навчальні матеріали та інші ресурси.

Включіть учнів у процес, щоб вони брали участь у виборі та використанні STEM-технологій. Це допоможе їм краще зрозуміти та засвоїти матеріал.

Для прикладу приведемо кілька важливих методичних рекомендацій для вчителів фізики, які прагнуть впровадити STEM-підхід у своєму навчанні:

1. Розробка структурованих STEM-уроків. Створюйте уроки, які включають елементи науки, технології, інженерії та математики. Забезпечте баланс між теоретичною і практичною складовою.

2. Активне навчання. Застосовуйте методи активного навчання, такі як групові проекти, дослідження, дискусії, вирішення проблемних завдань. Стимулюйте учнів самостійно досліджувати та розв'язувати завдання.

3. Практичні лабораторні роботи. Використовуйте сучасні лабораторні обладнання та датчики для збирання та аналізу даних. Проводьте реальні дослідження, де учні можуть застосовувати STEM-технології для вимірювань та аналізу.

4. Інтерактивні додатки та віртуальні лабораторії. Використовуйте інтерактивні додатки та віртуальні лабораторії для відтворення фізичних явищ та експериментів у віртуальному середовищі.

5. Розвиток критичного мислення. Спонукайте учнів аналізувати та обговорювати результати, порівнювати різні підходи та робити висновки на основі даних.

6. Проектна робота. Запроваджуйте проектну роботу, де учні мають розробляти і виконувати власні дослідження та проекти.

7. Зв'язок з реальним життям. Покажіть учням, як фізика застосовується у реальному житті. Вивчайте практичні застосування фізичних концепцій.

8. Підтримка технологічного обладнання. Забезпечте доступ до необхідного обладнання, такого як комп'ютери, мікроконтролери, сенсори, 3D-принтери та інші технологічні засоби.

9. Оцінка засобами технології. Розгляньте можливість використання цифрових інструментів для оцінки знань учнів, наприклад, онлайн-тестів або систем управління навчанням.

10. Постійне навчання. Самі вдосконалюйте свої знання з використання STEM-технологій. Беріть участь у вебінарах, семінарах та навчальних курсах.

11. Співпраця та обмін досвідом. Обмінюйтеся досвідом та ідеями з іншими вчителями фізики, які також впроваджують STEM-підхід.

12. Підтримка і мотивація учнів. Створюйте сприятливу атмосферу для вивчення та розвитку, підтримуйте учнів у їхніх наукових інтересах.

Застосування STEM-технологій у навчанні фізики може робити процес більш цікавим, відкриваючи перед учнями можливості для дослідження та творчості в галузі науки.

## ВИСНОВКИ

Результати наукового дослідження на тему «Застосування технології STEM-освіти у процесі вивчення газових законів у шкільному курсі фізики 10 класу» надають нам можливості зробити такі висновки.

Аналіз наукових, методичних джерел доводить, що використання STEM-технологій у навчанні фізики сприяє підвищенню інтересу учнів до предмета, що позитивно впливає на їхню мотивацію та успішність. STEM-технології дозволяють учням краще зрозуміти фізичні явища та закони. STEM-технології сприяють розвитку критичного мислення, творчості та навичок вирішення проблем.

Учні отримують можливість розвивати ключові навички STEM (наука, технологія, інженерія, математика). Вони навчаються програмуванню мікроконтролера, обробці даних, аналізу результатів та роблять висновки. Учні можуть розробляти власні дослідження та проекти на основі вивчених газових законів, що сприяє розвитку їхньої творчості та дослідницьких навичок.

Застосування STEM-технологій дозволяє учням отримати практичний досвід роботи з сучасними технологіями та обладнанням, що може бути корисним у подальшій освіті та кар'єрі. Використання STEM-освіти може підвищити рівень підготовки учнів у фізиці, оскільки вони отримують більше практичного досвіду та глибше розуміють тему газових законів.

В якості ефективних інструментів STEM-освіти пропонуємо використовувати електронні таблиці Excel, математичний пакет MatLab, електронний конструктор на базі Arduino-сумісних платформ, зокрема Arduino Nano.

Дослідження доводить, що використання електронних таблиць та математичних пакетів (наприклад, MATLAB) як інструментів STEM-технологій допомагає підвищити рівень розуміння фізичних концепцій, розвивати аналітичні та обчислювальні навички, а також підготувати учнів

до більш глибокого вивчення наукових інженерних дисциплін. Excel та MATLAB можуть бути використані для моделювання фізичних процесів на різних рівнях освіти. Їх можна застосовувати в закладах загальної середньої освіти для викладання основ фізики, а також у закладах вищої освіти для проведення наукових досліджень.

У процесі розв'язання завдань, що поставлені у магістерській роботі, нами було розроблено і проведено навчальний фізичний експеримент із дослідження ізохорного процесу і підтвердження закону Шарля з використанням мікроконтролера Arduino Nano. Запропонований експеримент дає високу точність, відносна похибка становить 0,7%, що в умовах закладу загальної середньої освіти досить низька.

Використання STEM-технологій, таких як сучасні лабораторні обладнання, датчики тиску та температури, дозволяє учням наочно спостерігати та експериментувати з газовими законами. Це полегшує їм зрозуміти складні фізичні концепції. Завдяки можливості самостійно проводити експерименти та дослідження, учні стають більш зацікавленими у вивченні фізики. Вони більше залучені до навчання та більше цікавляться вирішенням наукових завдань.

Використання Arduino-сумісних платформ на уроках фізики (зокрема у навчальному фізичному експерименті):

- надає можливість учням самостійно проводити експерименти та дослідження у фізиці, створювати власні проекти та пристрої, що сприяє розвитку їхньої творчості та інженерних навичок;
- сприяє розвитку навичок програмування, що є важливим для STEM-освіти. Учні вчаться писати код для керування сенсорами, моторами та іншими компонентами;
- надає доступ до популярної платформи для розробки інтернету речей (IoT). Вивчаючи її, учні розуміють, як працюють сучасні технології, зокрема в галузі фізики та електроніки;
- сприяє зростанню зацікавленості, адже можливість створювати реальні

фізичні пристрої та дослідження може зробити навчання фізики цікавим та захопливим для учнів.

- сприяє мотивації навчання учнів, бо вони бачать реальне застосування своїх розробок: Arduino може бути використано для створення різних приладів та систем, які можуть бути корисними в реальному житті;
- розвиває колективістські якості, комунікативні якості, уміння співпраці та командної роботи.

Дослідження показали, що динамічний підхід до вивчення газових законів з використанням STEM-технологій може бути ефективнішим, ніж традиційні методи, і сприяти кращому розумінню матеріалу.

В цілому, застосування STEM-технологій у вивченні газових законів в шкільному курсі фізики 10 класу позитивно впливає на навчання та розвиток учнів, стимулює їхні інтереси у науці та робить процес вивчення фізики більш захопливим і практичним.

Отже, фізичні експерименти дозволяють учням досліджувати і розуміти фізичні принципи через активні дослідження і практичні дії. STEM-технології, включаючи обладнання, програмне забезпечення, датчики, мікроконтролери та інше обладнання, допомагають учням збирати, аналізувати та візуалізувати дані, автоматизувати процеси, моделювати та імітувати фізичні явища. Це розширює можливості для досліджень, заохочує критичне і творче мислення, допомагає учням зрозуміти зв'язки між фізикою і реальним світом, а також розвиває навички STEM, такі як аналіз даних, програмування, інженерна грамотність і робота в команді. Таким чином, STEM-технології допомагають зробити фізичні експерименти більш ефективними, цікавими та актуальними для учнів і підтримують їхній розвиток у сучасному технологічному суспільстві.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бугаев А.И. Методика преподавания физики. Теоретические основы. М.: Просвещение, 1981. 288с.
2. Буров В. О. Практикум з фізики в середній школі. Дидактичний матеріал // Посібник для вчителя. – К.: Рад. шк., 1990. – 176 с.
3. Василяшко І., Булавська Л. STEM-школа: від ідеї до реалізації // Збірник матеріалів зимової дистанційної сесії «STEM-школа – 2020» / укладачі: І. П. Василяшко, Н. І. Гущина, О. В. Коршунова, О. О. Патрикєєва. К. : Видавничий дім «Освіта», 2020. С. 4-10.
4. Гірний О. Тепер у нас «ВСЕ БУДЕ STEM»? 1 частина / О. Гірний // [Електронний ресурс]. URL: <http://www.osvita.ua.com/2017/03/050945-p-005-2-2/>
5. Давиденко А., Коршак Є. Експериментальні дослідження учнів у процесі вивчення фізики // Фізика та астрономія в школі. 2001, № 5. С.8-9.
6. Демкова, В., & Мисліцька, Н. (2022). Вивчення ізопроцесів з використанням віртуальних симуляторів. Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук», (1), 49–59. <https://doi.org/10.31652/2786-5754-2021-1-49-59>
7. Жалдак М.І. Фізичний експеримент у навчально-виховному процесі. Київ: Навчальна книга. 2004. 240 с.
8. Зикова К.М., Шишкін Г.О. Фізичні моделі та їх формування в системі профільного навчання. Наукові записки. РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. Кропивницький, 2017. Вип. 12. Ч. 1. С. 67-73.
9. Зикова К.М., Шишкін Г.О. Формування предметної компетентності при вивченні газових законів з використанням ІКТ. Збірник наукових праць Кам'янець- Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. Кам'янець-Подільський: К-ПНУ ім. Івана



- Огієнка, 2020. Вип. 26. С. 60-63. DOI: <https://doi.org/10.326626/2307-4507.2020-26.60-63>
10. Іванницька Н. Диференційовані лабораторні роботи з фізики на першому ступені навчання // Фізика та астрономія в школі. 2004, С. 38-42.
  11. Калапуша Л. Р., Муляр В.П. Основи методики і техніки навчального фізичного експерименту. Луцьк. 2009. 428 с.
  12. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>.
  13. Коршак Є.В., Миргородський Б.Ю. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту: Практикум. К.; Вища школа, 1981. 280 с.
  14. Методика викладання фізики: Навчальні експерименти/ Уклад. Н.В.Пастернак, О.І.Конопельник, О.В.Радковська. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 106 с.
  15. Миргородський Б. Ю., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики. Молекулярна фізика. К.1982.140 с.
  16. Морзе Н. Презентація STEAM-освіта [Електронний ресурс]. URL: <https://www.slideshare.net/ippo-kubg/stem-65590054>.
  17. Піменов Д.О., Сосницька Н.Л. Дослідження стану термодинамічної системи на основі імітаційного комп'ютерного моделювання. Наукові записки. Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. 2014. Вип. 5. Ч. 2. С. 160-165.
  18. Програма зовнішнього незалежного оцінювання з фізики [Електронний ресурс]. URL: [http://testportal.gov.ua/wp-content/uploads/2016/12/Programa\\_2020\\_fizyka.pdf](http://testportal.gov.ua/wp-content/uploads/2016/12/Programa_2020_fizyka.pdf)
  19. Римкевич А.П. Збірник задач з фізики для 9-11 класів сер. школи. Харків: ББН. 2002. 208 с.
  20. Рябко А.В., Толмачов В.С. Автоматизація установок для лабораторного практикума з молекулярної фізики з використанням апаратно-програмної платформи Arduino. Відкрите освітнє е-середовище

- сучасного університету. 2019. Вип. 6. С. 70-80. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019.6.7080>
21. Савченко В.Ф., Бойко М.П., Дідович М.М., Закалюжний В.М., Руденко М.П. Навчальний фізичний експеримент (методичний практикум) : навч. посібник для учнів / заг. ред. В.Ф. Савченка. Чернігів: ЧНПУ ім. Т.Г. Шевченка, 2010. 540 с.
  22. Струж Н., Мацюк В., Остап'юк С. Фізика. Зовнішнє незалежне оцінювання. Комплексне видання. Тернопіль: Підручники і посібники. 2016. 432 с.
  23. Струтинська О.В. Теоретико-методичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти: монографія. Київ. Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова. 2020. 505 с.
  24. Фізика (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти / Т. М. Засекіна, Д. О. Засекін. К. : УОВЦ «Оріон», 2018. 304 с.
  25. Фізика (профільний рівень, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтева В. М.): підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти / І. М. Гельфгат. Харків: Вид-во «Ранок», 2018. 272 с.
  26. Фізика (рівень стандарту): підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти / Т. М. Засекіна, Д. О. Засекін. К. : УОВЦ «Оріон», 2018. 208 с.
  27. Фізика (рівень стандарту, за навч. програмою авт. колективу під керівництвом Ляшенка О.І.) : підруч. для 10-го кл. закл. заг. серед. освіти / В.Д. Сиротюк. Київ : Генеза, 2018. 256 с.
  28. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтева В. М.) : підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти / [В. Г. Бар'яхтар, С. О. Довгий, Ф. Я. Божинова, О. О. Кірюхіна] ; за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. Харків : Вид-во

- «Ранок», 2018. 272 с.
29. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Ляшенка О.І.) підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти/ Головка М.В., Мельник Ю.С, Непорожня Л.В., Сіпій В.В. Київ: Педагогічна думка, 2018. 256 с.
  30. Фізика і астрономія (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти / Т. М. Засекіна, Д. О. Засекін. К. : УОВЦ «Оріон», 2018. 304 с.
  31. ФІЗИКА і АСТРОНОМІЯ/ Навчальні програми для 10-11 класів закладів загальної середньої освіти (рівень стандарту, профільний рівень) // О.І.Ляшенко. 2017. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-i-astronomiya-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lyashenka-o-i.doc>
  32. ФІЗИКА. Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів (рівень "стандарт", рівень "профільний") // В.М.Локтев. 2017. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lokteva-vm.pdf>
  33. Шут М.І., Банак Р.Д. Особливості навчання фізики в закладах середньої освіти II ступеня. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 3. Фізика і математика у вищій і середній школі. Випуск 21: збірник наукових праць. Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2019. 84 с.
  34. A Simple Timer Based On Arduino Uno / P. Balasubramanian. URL: <https://www.electronicshobby.com/electronics-projects/simple-timer-kit-arduino-uno>.
  35. ARDUINO NANO. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>.
  36. Caplan M. Scientists for tomorrow — A self-sustained initiative to promote STEM in out-of-school time frameworks in under-served community-based

- organizations: Evaluation and lessons learned / M. Caplan // ASEE Annual Conference and Exposition (24—28 June 2017). Columbus, Ohio, 2017.
37. Chanthala Ch. Instructional designing the STEM education model for fostering creative thinking abilities in physics laboratory environment classes / Ch. Chanthala,331 T. Santiboon, K. Ponkham // Journal 5th International conference for science educators and teachers (ISET 2017). 2018.
  38. David P. Miller, Illah R. Nourbakhsh, Roland Siegwart. Robots for Education. Springer Handbook of Robotics. [Электронный ресурс]. URL: [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-540-%2030301-5\\_56](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-540-%2030301-5_56).
  39. Roman P. Kukharchuk, Tetiana A. Vakaliuk, Oksana V. Zaika, Andrii V. Riabko, Mykhailo G. Medvediev. Implementation of STEM learning technology in the process of calibrating an NTC thermistor and developing an electronic thermometer based on it. Joint Proceedings of the 10th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education, and Workshop on Cloud-based Smart Technologies for Open Education (CoSinEi and CSTOE 2022) co-located with ACNS Conference on Cloud and Immersive Technologies in Education (CITEd 2022), Kyiv, Ukraine, December 22, 2022. Edited by Stamatios Papadakis. CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org, ISSN 1613-0073). Vol. 3358, 2023. Pp. 39-52. <https://ceur-ws.org/Vol-3358/paper25.pdf>
  40. Sabirova F. M. The creation of junior schoolchildren's interest in the experimental study of physical phenomena using the elements of the technology of problem-based / F. M. Sabirova, A. V. Deryagin // International Journal of Engineering & Technology. 2018. Vol. 7 (2.13). P. 150—154.
  41. Segura W. A. The use of STEAM in higher education for high school teachers / W. A. Segura // Journal 21 World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Proceedings (WMSCI 2017). Orlando,

- Florida, USA, 2017. Vol. 1. P. 308-312.
42. STEM-освіта. [Електронний ресурс]. URL:<https://imzo.gov.ua/stem-osvita/>
  43. The sound of STEAM : Acoustics as the bridge between the arts and STEM / C. B. Goates, J. K. Whiting, M. L. Berardi, K. L. Gee, T. B. Neilsen // Journal 172nd Meeting of the Acoustical Society of America. 2017.
  44. Finkelstein N.D., Adams W.K., Keller C.J., Kohl P.B, Perkins K.K., Podolefsky N.S. & LeMaster R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res*, 1. 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103>
  45. Keller C.J, Finkelstein N.D., Perkins K.K. & Pollock S.J. (2006). Assessing the effectiveness of a computer simulation in conjunction with tutorials in introductory physics in undergraduate physics recitations. *AIP Conf. Proc.* 818. 109-12. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.2177035>
  46. Shyshkin G.A., Bandurov S.O. Digital electronics in an educational experiment in physics. *European science review*. Vienna, 2014. № 9-10. Pp. 84-87.