

**Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка**

**Фізико-математичний факультет
Кафедра фізики та методики її навчання**

Кваліфікаційна робота

**РЕАЛІЗАЦІЯ STEM НАВЧАННЯ НА УРОКАХ ФІЗИКИ ТА В
ГУРТКОВІЙ РОБОТІ**

Спеціальність 014 Середня освіта (за предметними спеціальностями)

Освітня програма «Середня освіта (Фізика та астрономія, математика)»

Здобувача другого (магістерського)
рівня вищої освіти
Стандрет Галини Несторівни

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:
кандидат педагогічних наук,
доцент
Федчишин Ольга Михайлівна

РЕЦЕНЗЕНТ:
кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри фізики
ТНТУ ім І. Пулюя
Сіткарь Оксана Андріївна

АНОТАЦІЯ

Стандрет Г. Н. Реалізація STEM навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі. Магістерська робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» зі спеціальності 014 Середня освіта. ТНПУ ім. В. Гнатюка. Тернопіль, 2025. 82 с.

У першому розділі «Теоретичні основи та освітні можливості STEM-навчання» висвітлено роль STEM-навчання в освітньому процесі середньої школи та їх характеристику, а також сутність та структуру STEM-компетентностей.

У другому розділі «Практичні аспекти впровадження технології STEM-навчання на уроках фізики в 7 класі та гуртковій роботі» представлені розробки програми STEM-навчання на уроках фізики та програму гурткової роботи з робототехніки для учнів 7 класів ЗЗСО. Ці програми дозволяють інтегрувати теоретичні знання з практичними навичками, сприяючи розвитку ключових компетенцій учнів. Групова робота розвиває навички співпраці, а проєктна діяльність сприяє творчому підходу до вирішення проблем.

Результатом виконання магістерської роботи є розроблені програми, завдання для інтеграції STEM-компонентів у зміст навчання фізики та діяльність гуртка з робототехніки. Зокрема, розроблено методичні рекомендації для формування системи використання STEM-навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі з робототехніки в ЗЗСО.

Ключові слова: освітній процес, STEM-компетентності, STEM-задачі, робототехніка.

ABSTRACT

Standret H. Implementation of STEM education in Physics lessons and in extracurricular activities. Master's thesis for obtaining the educational degree “Master” in specialty 014 Secondary Education. TNPU named after V. Hnatiuk. Ternopil, 2025. 82 p.

The first chapter "Theoretical foundations and educational opportunities of STEM education" highlights the role of STEM education in the educational process of secondary school and their characteristics, as well as the essence and structure of STEM competencies.

The second chapter "Practical aspects of implementing STEM education technology in physics lessons in the 7th form and group work" presents the development of the STEM education program in physics lessons and the program of group work on robotics for students in the 7th form of the secondary school. These programs allow you to integrate theoretical knowledge with practical skills, contributing to the development of key competencies of students. Group work develops cooperation skills, and project activities contribute to a creative approach to problem solving.

The result of the master's thesis is the development of programs and tasks for integrating STEM components into the content of physics teaching and the activities of the robotics group. In particular, methodological recommendations have been developed for the formation of a system for using STEM learning in physics lessons and in robotics group work in school.

Key words: educational process, STEM competencies, STEM tasks, robotics.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ОСВІТНІ МОЖЛИВОСТІ STEM- НАВЧАННЯ.....	9
1.1. СУТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ STEM-ОСВІТИ.....	9
1.2. ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ STEM У МІЖПРЕДМЕТНІЙ ІНТЕГРАЦІЇ.....	16
1.3. МОЖЛИВОСТІ Й НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-НАВЧАННЯ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ Й У ГУРТКОВІЙ РОБОТІ.....	22
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	30
РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ STEM-НАВЧАННЯ НА УРОКАХ ФІЗИКИ В 7 КЛАСІ ТА ГУРТКОВІЙ РОБОТІ.....	31
2.1. УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ STEM-НАВЧАННЯ НА УРОКАХ ФІЗИКИ В 7 КЛАСІ.....	31
2.2. ФОРМИ РОБОТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ STEM- НАВЧАННЯ НА УРОКАХ ФІЗИКИ В 7 КЛАСІ	35
2.3. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ STEM- НАВЧАННЯ У ГУРТКОВІЙ РОБОТІ	45
2.4. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ STEM- НАВЧАННЯ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ.....	51
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	64

ВСТУП

STEM-освіта є глобальним трендом, що інтегрує природничі науки, технології, інженерію та математику для розвитку критичного мислення, вирішення практичних задач і підготовки до професій майбутнього. Фізика, як фундаментальна наука, відіграє ключову роль у STEM, забезпечуючи розуміння основ природи, що є основою для інновацій.

Сьогодні в Україні активно впроваджуються нові освітні стандарти, зокрема Нова українська школа (НУШ), які передбачають компетентнісний підхід. STEM-навчання ідеально відповідає цим вимогам, оскільки сприяє розвитку ключових компетентностей, таких як математична, природнича, цифрова та соціальна. Гурткова робота дозволяє поглибити знання, отримані на уроках, через проєкти, конкурси, олімпіади та співпрацю з науковими спільнотами. Це сприяє індивідуалізації навчання та розвитку творчого потенціалу учнів.

Традиційне викладання фізики часто сприймається учнями як складне та абстрактне. STEM-підхід, з його акцентом на практичні експерименти, моделювання та використання сучасних технологій, робить предмет більш цікавим і доступним, мотивуючи учнів до глибшого вивчення.

STEM-навчання на уроках фізики дозволяє відійти від традиційного теоретичного викладання, зосереджуючись на практичній, проєктній діяльності та міждисциплінарних зв'язках. Це сприяє формуванню в учнів навичок аналізу, моделювання та вирішення реальних проблем, що є затребуваним у сучасному світі.

Гурткова робота в рамках STEM сприяє розвитку комунікаційних навичок, роботи в команді, креативності та лідерських якостей. Учні, працюючи над проєктами, вчаться співпрацювати, презентувати ідеї та адаптуватися до нових умов, що є важливим для їхньої майбутньої кар'єри.

Таким чином, дослідження реалізації STEM-навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі є актуальним, оскільки воно відповідає сучасним

освітнім і суспільним потребам, сприяє розвитку ключових компетентностей учнів і готує їх до викликів XXI століття.

Проблема використання STEM-навчання в освітньому процесі ЗЗСО неодноразово привертала увагу дослідників. Так, підходи та особливості сучасної STEM-освіти досліджували Н. Балик і Г. Шмигер [3]; понятійно-категоріальний апарат STEM-освіти – Н. Гончарова [7]; шляхи формування складових елементів STEM-компетентності учнів під час вивчення фізики засобами цифрових технологій – Н. Донець [8]; STEM-освіту як ефективний напрям реалізації ключових положень концепції Нової української школи у своїх працях аналізує А. Дрокіна [9]; специфіку впровадження STEM-освіти в освітній процес Нової української школи – Л. Колток, Н. Іваник [14]. О. Стрижак та співавтори формулюють основні дефініції STEM-освіти [25]; М. Тишковець розглядає наповненість STEM-завданнями підручників для Нової української школи [26].

Проте, недостатньо досліджено умови та форми використання STEM-навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі з робототехніки в ЗЗСО, що і зумовлює актуальність дослідження.

Мета дослідження полягає у визначенні оптимальних підходів та організаційних форм застосування STEM-технологій у процесі навчання фізики й проведення гуртків із робототехніки в закладах загальної середньої освіти.

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

1. Проаналізувати психолого-педагогічну, науково-методичну літературу, електронні ресурси з проблеми впровадження STEM-навчання у закладах загальної середньої освіти.
2. Уточнити сутність і структуру поняття «STEM-навчання» в контексті шкільного курсу фізики та позакласної діяльності з робототехніки.
3. З'ясувати педагогічні умови та організаційні форми, що забезпечують ефективну реалізацію STEM-підходу на уроках фізики та в гуртковій роботі.

4. Розробити програми, завдання для інтеграції STEM-компонентів у зміст навчання фізики та діяльність гуртка з робототехніки.

5. Проаналізувати ефективність впровадження запропонованої методики в освітньому процесі ЗЗСО.

Об'єкт дослідження – освітній процес з фізики у закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження – педагогічні умови, форми та методи реалізації STEM-навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі з робототехніки.

Методи дослідження. Для реалізації поставленої мети та виконання завдань дослідження використовувались методи:

– *теоретичні*: аналіз нормативних документів, порівняння та узагальнення науково-педагогічної літератури з питань STEM-освіти, методики навчання фізики та робототехніки; систематизація підходів до впровадження STEM-технологій в урочну та позакласну діяльність; моделювання педагогічних умов та форм реалізації STEM-навчання;

– *емпіричні*: спостереження за навчальним процесом на уроках фізики та в гуртках з робототехніки; анкетування, опитування учнів та вчителів щодо ставлення та готовності до STEM-навчання;

Теоретичне значення полягає в уточненні сутності та структури поняття «STEM-навчання» у контексті шкільного курсу фізики та позакласної діяльності з робототехніки; у розкритті та науковому обґрунтуванні педагогічних умов, форм і методів ефективної реалізації STEM-підходу в освітньому процесі ЗЗСО.

Практичне значення одержаних результатів у створенні навчально-методичних матеріалів для використання вчителями фізики, керівниками гуртків, здобувачами вищої освіти для впровадження STEM-навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі з робототехніки.

Апробація результатів дослідження. Основні положення та результати дослідження обговорювалися на міжнародних конференціях: «Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції,

перспективи»: тези XV міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (Тернопіль, 10 квітня 2025); «Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук у контексті вимог Нової української школи»: матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції. (Тернопіль, 22-23 травня 2025), форумі "Підготовка вчителів фізики й астрономії до реалізації професійних функцій в умовах непрогнозованих впливів" VI Крайового форуму освітян «Освіта в умовах воєнного стану: адаптація до викликів та перспективи розвитку».

Структура магістерської роботи: робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ОСВІТНІ МОЖЛИВОСТІ STEM-НАВЧАННЯ

1.1. СУТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ STEM-ОСВІТИ

У сучасному світі, де технологічний прогрес і глобалізація визначають основні напрями розвитку суспільства, освіта відіграє ключову роль у підготовці молодого покоління до викликів XXI століття. Одним із найбільш актуальних і перспективних підходів до організації освітнього процесу є STEM-освіта, яка останнім часом привертає значну увагу як у педагогічній теорії, так і в практиці.

Термін STEM є акронімом англійських слів Science (наука), Technology (технології), Engineering (інженерія) та Mathematics (математика). Однак сутність STEM-освіти виходить далеко за межі простого поєднання цих дисциплін, формуючи цілісний підхід до навчання, що сприяє розвитку критичного мислення, інноваційних навичок і міждисциплінарного підходу до вирішення проблем [12].

Концепція STEM-освіти зародилася в Сполучених Штатах Америки наприкінці XX століття як відповідь на зростаючу потребу в фахівцях, здатних працювати в умовах швидкого технологічного розвитку та економічної конкуренції. У 1990-х роках американські освітяни й політики почали акцентувати увагу на необхідності посилення підготовки молоді в галузях науки, технологій, інженерії та математики, оскільки ці дисципліни вважалися основою для інновацій і економічного зростання. У 2001 році Національний науковий фонд США (NSF) офіційно ввів термін STEM, щоб позначити інтегрований підхід до навчання, який поєднує ці чотири дисципліни в єдину систему [30].

З часом концепція STEM-освіти набула глобального значення. У багатьох країнах, включаючи країни Європи, Азії та Австралію, почали впроваджувати програми, спрямовані на інтеграцію STEM-підходів у шкільну та вищу освіту.

Це було зумовлено не лише економічними потребами, а й розумінням того, що сучасні виклики, такі як зміна клімату, цифровізація чи біотехнологічні інновації, потребують міждисциплінарного підходу до їх вирішення. Таким чином, STEM-освіта стала не просто сукупністю дисциплін, а новою освітньою парадигмою, що передбачає інтеграцію знань і практичних навичок для підготовки учнів до реального світу [29].

Сутність STEM-освіти полягає в її інтегративному та практико-орієнтованому характері. На відміну від традиційного підходу до навчання, де дисципліни вивчаються ізольовано, STEM-освіта акцентує на взаємозв'язку між наукою, технологіями, інженерією та математикою.

Основними принципами STEM-освіти є:

Міждисциплінарність. STEM-освіта передбачає, що учні не просто вивчають окремі предмети, а застосовують знання з різних дисциплін для вирішення реальних проблем. Наприклад, створення моделі мосту в шкільному проєкті може вимагати знань із математики (для розрахунків міцності), фізики (для розуміння сил і напружень), інженерії (для розробки конструкції) та технологій (для використання програмного забезпечення для моделювання).

Практико-орієнтованість. STEM-освіта робить акцент на активному навчанні через проєкти, експерименти та вирішення практичних завдань. Це дозволяє учням не лише засвоювати теоретичні знання, а й розвивати навички критичного мислення, командної роботи та творчого підходу до вирішення проблем [27].

Орієнтація на інновації. STEM-освіта спрямована на формування у студентів здатності до інноваційного мислення, що є критично важливим у сучасному світі. Учні вчаться не лише застосовувати наявні знання, а й створювати нові рішення, продукти чи технології.

Інклюзивність. STEM-освіта прагне залучити до вивчення наук якомога ширше коло учнів, незалежно від їхньої статі, соціального статусу чи культурного походження. Це особливо важливо в контексті подолання

гендерних стереотипів, які історично обмежували доступ жінок до технічних і наукових професій [19].

Основною метою STEM-освіти є підготовка молоді до життя і роботи в технологічно розвиненому світі. Це досягається через формування комплексу знань, умінь і компетенцій, які дозволяють учням адаптуватися до швидкозмінних умов сучасного суспільства.

Конкретні завдання STEM-освіти включають:

- Розвиток STEM-грамотності, тобто здатності застосовувати знання з науки, технологій, інженерії та математики в реальних життєвих ситуаціях.
- Формування навичок XXI століття, таких як критичне мислення, співпраця, комунікація та креативність.
- Підготовка кваліфікованих кадрів для STEM-професій, які є ключовими для економічного розвитку.
- Сприяння розвитку наукової допитливості та інтересу до дослідницької діяльності.
- Забезпечення інклюзивного доступу до якісної освіти в STEM-галузях [14].

Одним із ключових принципів STEM-освіти є інтеграція знань із різних дисциплін. На відміну від традиційного підходу, де наука, технології, інженерія та математика викладаються як окремі предмети, STEM передбачає їхнє поєднання в межах єдиної навчальної програми.

Наприклад, під час вивчення екологічних проблем учні можуть використовувати математичні моделі для аналізу даних про зміну клімату, застосовувати інженерні принципи для створення прототипів відновлювальних джерел енергії та досліджувати хімічні процеси, що впливають на довкілля. Такий міждисциплінарний підхід дозволяє учням бачити зв'язки між різними галузями знань і застосовувати їх у реальних ситуаціях [11].

Інтеграція сприяє формуванню цілісного розуміння складних систем, що є важливим у сучасному світі, де більшість професійних завдань вимагають

комплексного підходу. Наприклад, розробка нових технологій, таких як автономні транспортні засоби, потребує знань із програмування, механіки, математики та навіть етики. STEM-освіта готує учнів до таких викликів, навчаючи їх бачити проблему з різних перспектив [9].

Важливим принципом STEM-освіти є акцент на практичному застосуванні знань. Навчання через дію (learning by doing) є основою цього підходу.

Учні не просто вивчають теорію, а беруть участь у проєктах, які моделюють реальні ситуації. Наприклад, створення моделі мосту чи програмування робота дозволяє учням застосовувати теоретичні знання на практиці, розвиваючи навички вирішення проблем.

Такий підхід сприяє формуванню в учнів розуміння того, як теоретичні концепції можуть бути застосовані до реального світу. Наприклад, вивчаючи закони Ньютона, учні можуть сконструювати механізм, який демонструє дію цих законів, що робить навчання більш наочним і захоплюючим. Практико-орієнтоване навчання також допомагає учням розвинути впевненість у своїх здібностях, адже вони бачать конкретні результати своєї роботи [6].

STEM-освіта ставить за мету не лише передачу знань, а й розвиток навичок критичного мислення та вирішення проблем. Учні вчаться аналізувати складні ситуації, формулювати гіпотези, проводити експерименти та робити висновки на основі отриманих даних. Цей процес часто включає метод проб і помилок, що дозволяє учням учитися на власному досвіді.

Наприклад, під час роботи над інженерним проєктом учні можуть зіткнутися з тим, що їхній прототип не працює належним чином. Замість того, щоб розглядати це як невдачу, STEM-освіта заохочує учнів аналізувати причини проблеми, пропонувати альтернативні рішення та тестувати їх. Такий підхід формує стійкість до невдач і вчить учнів сприймати помилки як частину процесу навчання.

Ще одним важливим принципом STEM-освіти є акцент на співпраці. Сучасні виклики, такі як розробка нових технологій чи вирішення глобальних проблем, рідко можуть бути подолані однією людиною [16].

STEM-освіта заохочує учнів працювати в командах, де кожен учасник вносить свій унікальний вклад. Наприклад, у проєкті зі створення робота один учень може відповідати за програмування, інший – за дизайн, а ще один – за тестування.

Така командна робота не лише сприяє розвитку комунікативних навичок, але й готує учнів до реальних умов праці, де співпраця між фахівцями з різних галузей є нормою. Крім того, робота в команді дозволяє учням вчитися один у одного, обмінюватися ідеями та розвивати емпатію.

STEM-освіта також акцентує увагу на розвитку творчого мислення. Незважаючи на те, що наука та математика часто асоціюються з чіткими правилами та логікою, STEM заохочує учнів до інновацій і пошуку нестандартних рішень. Наприклад, під час роботи над проєктом із відновлювальної енергії учні можуть експериментувати з різними конструкціями сонячних панелей або пропонувати нові способи використання енергії вітру.

Творчість у STEM-освіті проявляється не лише в розробці нових ідей, але й у вмінні адаптувати існуючі знання до нових контекстів. Наприклад, учні можуть використати принципи аеродинаміки, вивчені в курсі фізики, для створення нової моделі дрона. Такий підхід сприяє розвитку уяви та гнучкості мислення, що є важливими навичками в сучасному світі [26].

STEM-освіта має на меті підготувати учнів до швидкозмінного технологічного середовища. У сучасному світі технології розвиваються надзвичайно швидко, і професії, які будуть затребувані через 10–20 років, можуть ще навіть не існувати. STEM-освіта вчить учнів бути гнучкими, швидко адаптуватися до нових інструментів і технологій, а також постійно навчатися.

Наприклад, учні можуть вивчати основи програмування на одній мові, але водночас отримувати навички, які дозволять їм легко перейти на іншу мову програмування в майбутньому. Такий підхід формує в учнів готовність до безперервного навчання, що є критично важливим у сучасному світі.

STEM-освіта також прагне бути інклюзивною, забезпечуючи доступ до навчання для всіх груп населення, незалежно від статі, соціального статусу чи етнічного походження. Історично склалося, що STEM-дисципліни часто асоціювалися з обмеженим колом людей, але сучасні програми намагаються залучити до цих галузей якомога більше учнів [15]. Наприклад, спеціальні ініціативи спрямовані на заохочення дівчат до вивчення інженерії чи програмування, щоб подолати гендерні стереотипи.

Інклюзивність також передбачає створення навчальних програм, які враховують різні стилі навчання та індивідуальні потреби учнів. Наприклад, використання візуальних матеріалів, інтерактивних симуляцій або практичних експериментів може допомогти зробити STEM-освіту доступною для учнів із різними здібностями.

Практична реалізація принципів STEM-освіти потребує змін як у навчальних програмах, так і в підходах до викладання. Учителі відіграють ключову роль у цьому процесі, оскільки вони мають адаптувати свої методи до вимог STEM. Це може включати використання проєктно-орієнтованого навчання, інтеграцію технологій у класі (наприклад, 3D-принтерів чи програм для моделювання) та створення можливостей для учнів працювати над реальними проблемами.

Крім того, важливим є залучення зовнішніх партнерів, таких як наукові центри, технологічні компанії чи університети, які можуть надавати ресурси, менторську підтримку та реальні кейси для учнів. Наприклад, співпраця з місцевою технологічною компанією може дати учням можливість працювати над реальними проєктами, такими як створення програми чи аналіз даних [5].

STEM-освіта має стратегічне значення для розвитку як окремих індивідів, так і суспільства загалом. У контексті глобалізації та цифрової

трансформації економіки попит на фахівців у STEM-галузях зростає експоненціально.

Згідно з даними Всесвітнього економічного форуму, до 2030 року більшість професій вимагатимуть знань і навичок, пов'язаних із технологіями та інноваціями [29]. STEM-освіта готує учнів до цих викликів, забезпечуючи їх необхідними компетенціями.

Крім того, STEM-освіта сприяє формуванню громадян, здатних приймати обґрунтовані рішення в умовах інформаційного суспільства. Наприклад, розуміння наукових принципів дозволяє людям критично оцінювати інформацію про зміну клімату чи медичні інновації, а знання технологій допомагає адаптуватися до цифрових платформ і штучного інтелекту.

Незважаючи на численні переваги, впровадження STEM-освіти стикається з низкою викликів. По-перше, це нестача кваліфікованих педагогів, які володіють міждисциплінарними знаннями та можуть ефективно інтегрувати STEM-підходи в навчальний процес. По-друге, існує проблема нерівного доступу до STEM-освіти, особливо в країнах із низьким рівнем економічного розвитку. По-третє, необхідність оновлення навчальних програм і матеріально-технічної бази шкіл вимагає значних фінансових інвестицій.

Проте перспективи розвитку STEM-освіти є надзвичайно обнадійливими. Розвиток цифрових технологій, таких як віртуальна реальність, штучний інтелект і онлайн-платформи, відкриває нові можливості для створення інтерактивних і доступних навчальних середовищ. Крім того, міжнародна співпраця та обмін досвідом між країнами сприяють поширенню кращих практик у сфері STEM-освіти [1].

Отже, STEM-освіта є не просто сукупністю дисциплін, а цілісною освітньою парадигмою, що відповідає потребам сучасного світу. Її сутність полягає в інтеграції науки, технологій, інженерії та математики з метою формування у учнів навичок, необхідних для вирішення складних проблем і

створення інновацій. Завдяки міждисциплінарному підходу, практико-орієнтованості та акценту на розвитку критичного мислення,

STEM-освіта готує молодь до активної участі в економічному, соціальному та технологічному розвитку суспільства. Її основні принципи – інтеграція дисциплін, практико-орієнтоване навчання, розвиток критичного мислення, співпраця, творчість, адаптація до технологічного прогресу та інклюзивність – створюють основу для формування компетентних, гнучких і творчих особистостей. Реалізація цих принципів вимагає зусиль як від освітян, так і від суспільства в цілому, але результати – підготовка покоління, здатного вирішувати складні глобальні проблеми, – варті цих зусиль. STEM-освіта не лише навчає учнів технічним навичкам, але й формує в них мислення, яке дозволяє бачити можливості там, де інші бачать лише виклики.

1.2. ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ STEM У МІЖПРЕДМЕТНІЙ ІНТЕГРАЦІЇ

Міжпредметна інтеграція є одним із ключових напрямів сучасної педагогічної теорії та практики, що спрямований на вдосконалення освітнього процесу шляхом об'єднання знань, умінь і компетентностей із різних навчальних дисциплін. Цей підхід ґрунтується на ідеї цілісності знань і передбачає створення умов для формування в учнів комплексного розуміння світу, розвитку критичного мислення та здатності застосовувати знання в реальних життєвих ситуаціях [4].

Міжпредметна інтеграція як педагогічна концепція має глибоке коріння в ідеях прогресивної педагогіки, зокрема в працях Дж. Дьюї, який наголошував на необхідності зв'язку освіти з реальним життям і цілісним сприйняттям світу. У сучасному контексті міжпредметна інтеграція розглядається як спосіб подолання фрагментарності традиційної предметно-орієнтованої освіти, яка часто розділяє знання на ізольовані дисципліни, що не завжди сприяє формуванню у школярів системного мислення [8].

Теоретично міжпредметна інтеграція базується на принципах системного підходу, який розглядає знання як взаємопов'язану систему, де кожен елемент (дисципліна) взаємодіє з іншими, створюючи цілісну картину. Цей підхід відповідає сучасним вимогам до освіти, які акцентують на розвитку ключових компетентностей, таких як критичне мислення, комунікація, співпраця та вирішення проблем. Міжпредметна інтеграція також спирається на ідеї конструктивізму, за якими учень є активним учасником навчального процесу, що конструює власне знання через взаємодію з інформацією та її синтез.

Міжпредметна інтеграція ґрунтується на кількох ключових принципах.

По-перше, це принцип цілісності, який передбачає об'єднання змісту різних навчальних дисциплін навколо спільної теми, проблеми чи ідеї. Наприклад, вивчення теми «екологія» може поєднувати знання з біології, географії, хімії та навіть літератури, якщо розглядати тексти, що стосуються природи [44].

По-друге, принцип міждисциплінарності, який підкреслює необхідність використання методів і підходів різних наук для вирішення комплексних завдань. По-третє, принцип контекстуальності, який передбачає зв'язок навчального матеріалу з реальними життєвими ситуаціями, що робить знання більш значущими для учнів.

У шкільній практиці міжпредметна інтеграція може реалізовуватися через різні форми. Однією з найпоширеніших є тематична інтеграція, коли вчителі різних предметів координують свої плани, щоб одночасно розглядати одну тему з різних перспектив [27].

Іншою формою є проєктна діяльність, яка передбачає виконання учнями комплексних проєктів, що потребують знань із кількох дисциплін. Наприклад, створення моделі «розумного міста» може включати елементи математики (розрахунки), технологій (дизайн), суспільствознавства (аналіз потреб громади) та мистецтва (візуалізація). Такий підхід сприяє розвитку навичок співпраці та творчого мислення.

Ще однією формою є інтегровані уроки, коли вчитель або команда вчителів проводить заняття, що поєднує елементи кількох предметів. Міжпредметна інтеграція має низку переваг, які роблять її важливим інструментом сучасної освіти. По-перше, вона сприяє формуванню цілісного світогляду в учнів, допомагаючи їм бачити зв'язки між різними аспектами знань. Це дозволяє краще зрозуміти складні явища, які не можна пояснити в межах однієї дисципліни [23].

По-друге, інтегрований підхід робить навчання більш цікавим і мотивуючим, оскільки учні бачать практичну цінність знань. По-третє, він розвиває ключові компетентності, такі як аналітичне мислення, вирішення проблем і співпраця, які є необхідними в сучасному світі [23].

Крім того, міжпредметна інтеграція сприяє економії часу в освітньому процесі, оскільки дозволяє одночасно охоплювати матеріал кількох дисциплін. Вона також дає змогу вчителям працювати в команді, обмінюючись ідеями та досвідом, що підвищує якість викладання [50].

Незважаючи на численні переваги, міжпредметна інтеграція стикається з певними викликами. Одним із головних є необхідність тісної співпраці між учителями різних предметів, що вимагає додаткового часу на планування та координацію.

Не всі педагоги готові до такого формату роботи через брак досвіду чи ресурсів. Крім того, інтеграція може ускладнювати оцінювання знань, оскільки традиційні методи оцінки часто орієнтовані на окремі дисципліни [43].

Ще одним викликом є потреба в адаптації навчальних програм, які в багатьох країнах залишаються предметно-орієнтованими. Це може створювати бар'єри для впровадження інтегрованого підходу. Також важливо враховувати підготовленість учнів, адже міжпредметна інтеграція вимагає від них певного рівня самостійності та критичного мислення [3].

У контексті сучасних викликів, таких як швидка зміна технологій, глобалізація та потреба в адаптивності, міжпредметна інтеграція набуває

особливого значення. Вона готує учнів до життя в складному, взаємопов'язаному світі, де здатність синтезувати знання з різних галузей є критично важливою. Цей підхід також відповідає вимогам компетентнісної освіти, яка акцентує на розвитку навичок, а не лише на засвоєнні фактів [39].

Міжпредметна інтеграція сприяє формуванню в учнів гнучкості мислення, що дозволяє їм адаптуватися до нових умов і вирішувати нестандартні завдання. Вона також допомагає подолати відчуження від навчання, яке часто виникає через фрагментарність традиційної освіти [7].

Сучасна освіта перебуває на етапі трансформації, зумовленої швидкими змінами в технологічному, економічному та соціальному середовищах. У цьому контексті підхід STEM, який інтегрує природничі науки, технології, інженерію та математику, набуває особливого значення. Проте, справжній потенціал STEM розкривається не лише в межах окремих дисциплін, а й через міжпредметну інтеграцію, яка дозволяє створювати цілісне навчальне середовище, орієнтоване на розвиток критичного мислення, творчості та практичних навичок [28].

Міжпредметна інтеграція в контексті STEM передбачає органічне поєднання знань і методів із різних дисциплін для вирішення комплексних проблем. На відміну від традиційного підходу, де предмети викладаються ізольовано, міжпредметна інтеграція спрямована на створення зв'язків між науками, що сприяє глибшому розумінню матеріалу та його практичному застосуванню [18]. Наприклад, у процесі вивчення екологічних проблем учні можуть використовувати знання з біології для аналізу впливу забруднення на екосистеми, математичні методи для обробки даних, інженерні принципи для створення моделей відновлювальних джерел енергії та технології для розробки цифрових інструментів моніторингу [35].

Такий підхід відображає реалії сучасного світу, де більшість професійних завдань вимагають поєднання знань із різних галузей.

Наприклад, розробка нових медичних технологій потребує співпраці біологів, інженерів, програмістів і математиків. Таким чином, міжпредметна

інтеграція в STEM готує учнів до реальних викликів, сприяючи формуванню гнучкості мислення та здатності працювати в міждисциплінарних командах.

Однією з ключових переваг міжпредметної інтеграції в STEM є її здатність робити навчання більш контекстуальним і релевантним. Учні не просто засвоюють абстрактні знання, а бачать, як вони застосовуються в реальному житті [11]. Наприклад, проєкт із створення моделі моста може поєднувати принципи фізики (розрахунок сил і напружень), математики (геометричні обчислення), технології (використання програмного забезпечення для моделювання) та інженерії (розробка конструкції). Такий підхід не лише поглиблює розуміння окремих дисциплін, але й розвиває в учнів навички критичного мислення, вирішення проблем і співпраці [47].

Ще однією важливою перевагою є розвиток мотивації до навчання. Традиційні методи викладання часто сприймаються учнями як відірвані від реальності, що знижує їхній інтерес до предметів. Натомість міжпредметні проєкти в STEM дозволяють учням бачити практичну цінність знань, що підвищує їхню залученість [42]. Наприклад, створення роботизованої моделі для вирішення екологічної проблеми може зацікавити учнів, які раніше не виявляли інтересу до математики чи програмування.

Крім того, міжпредметна інтеграція сприяє розвитку так званих «навичок XXI століття», таких як комунікація, співпраця, креативність і критичне мислення. Ці навички є критично важливими в сучасному світі, де роботодавці цінують фахівців, здатних адаптуватися до змін і працювати в динамічних умовах [22].

Для ілюстрації потенціалу STEM у міжпредметній інтеграції розглянемо кілька практичних прикладів. Одним із них є проєкт із дослідження зміни клімату. Учні можуть використовувати знання з хімії для аналізу складу атмосфери, географії для вивчення впливу кліматичних змін на різні регіони, математики для моделювання прогнозів і технологій для створення датчиків моніторингу. Такий проєкт не лише об'єднує різні дисципліни, але й дозволяє

учням працювати над актуальною глобальною проблемою, що підвищує їхню соціальну відповідальність [40].

Інший приклад – створення мобільного додатка для навчання. Учні можуть застосовувати знання з інформатики для програмування, математики для створення алгоритмів, дизайну для розробки інтерфейсу та навіть літератури чи історії для наповнення додатка змістом. Такий підхід дозволяє інтегрувати навіть гуманітарні дисципліни в STEM, розширюючи межі традиційного підходу.

Незважаючи на значний потенціал, впровадження міжпредметної інтеграції в STEM стикається з низкою викликів. Одним із них є недостатня підготовка вчителів.

Більшість педагогів звикли працювати в межах однієї дисципліни, і перехід до міжпредметного підходу вимагає додаткового навчання та зміни методології викладання. Для подолання цього виклику необхідно впроваджувати програми професійного розвитку, які включають тренінги з міждисциплінарного викладання та обміну досвідом між учителями [12].

Іншим викликом є обмеженість ресурсів. Реалізація STEM-проектів часто вимагає доступу до сучасного обладнання, програмного забезпечення та матеріалів, що може бути проблематичним для шкіл із обмеженим фінансуванням. У таких випадках ефективним рішенням є використання відкритих освітніх ресурсів, співпраця з місцевими підприємствами чи університетами, а також залучення грантових програм.

Крім того, міжпредметна інтеграція потребує гнучкості навчальних програм. У багатьох країнах освітні стандарти залишаються жорстко структурованими, що ускладнює впровадження міждисциплінарних підходів. Для вирішення цієї проблеми необхідно переглянути навчальні плани, зробивши їх більш адаптивними до інтегративних методів.

Міжпредметна інтеграція в STEM відкриває широкі перспективи для розвитку освіти. По-перше, вона сприяє формуванню цілісного світогляду в учнів, допомагаючи їм бачити зв'язки між різними галузями знань. По-друге,

вона готує молодь до професійного майбутнього, де міждисциплінарні навички стають дедалі більш затребуваними. По-третє, вона сприяє інноваціям в освіті, роблячи її більш динамічною та орієнтованою на потреби сучасного суспільства [9].

У майбутньому розвиток STEM у міжпредметній інтеграції може бути посилений завдяки впровадженню нових технологій, таких як штучний інтелект, віртуальна реальність і big data. Наприклад, використання штучного інтелекту може допомогти в створенні персоналізованих навчальних траєкторій, які поєднують елементи різних дисциплін залежно від потреб учня. Віртуальна реальність може використовуватися для моделювання складних міждисциплінарних проєктів, таких як будівництво космічних станцій чи дослідження океанських глибин.

Таким чином, міжпредметна інтеграція постає важливим інструментом модернізації шкільної освіти, що дозволяє зробити навчання більш цілісним, практичним і мотивуючим. Незважаючи на виклики, пов'язані з організацією та впровадженням, інтегрований підхід має значний потенціал для підвищення якості освіти та підготовки учнів до життя в динамічному світі. Для успішної реалізації міжпредметної інтеграції необхідна підтримка на рівні навчальних програм, професійна підготовка вчителів і створення сприятливих умов для співпраці між педагогами.

Міжпредметна інтеграція в рамках STEM не лише сприяє глибшому розумінню навчального матеріалу, але й готує учнів до викликів сучасного світу, розвиваючи в них критичне мислення, творчість і навички співпраці.

1.3. МОЖЛИВОСТІ Й НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-НАВЧАННЯ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ Й У ГУРТКОВІЙ РОБОТІ

STEM-навчання є сучасним освітнім підходом, який інтегрує природничі науки, технології, інженерію та математику в єдиний навчальний процес, спрямований на формування в учнів критичного мислення, навичок вирішення проблем та підготовки до викликів технологічного суспільства. У

контексті шкільного курсу фізики STEM-навчання відкриває широкі можливості для трансформації традиційного викладання, роблячи його більш практико-орієнтованим, міждисциплінарним і мотивуючим.

Фізика як навчальна дисципліна є ідеальним полем для впровадження STEM-підходу, оскільки вона сама по собі поєднує теоретичні знання з практичними експериментами, математичними моделями та технологічними застосуваннями. Традиційний підхід до викладання фізики часто зосереджується на запам'ятовуванні формул і законів, що може знижувати інтерес учнів до предмета.

STEM-навчання, навпаки, робить акцент на міждисциплінарності, практичній діяльності та застосуванні знань у реальних контекстах. Це дозволяє учням не лише зрозуміти фізичні явища, а й побачити їхню роль у технологіях, інженерії та повсякденному житті.

Основна ідея STEM-навчання полягає в інтеграції чотирьох компонентів. У контексті фізики наука (Science) представлена фундаментальними законами та принципами, технології (Technology) включають використання сучасних інструментів і програмного забезпечення, інженерія (Engineering) охоплює проектування та створення фізичних моделей чи пристроїв, а математика (Mathematics) забезпечує кількісний аналіз і моделювання. Такий підхід сприяє розвитку в учнів цілісного розуміння предмета, а також навичок, необхідних для сучасного ринку праці, таких як співпраця, комунікація та інноваційне мислення [8].

STEM-навчання відкриває низку можливостей для вдосконалення викладання фізики. По-перше, воно дозволяє зробити навчання більш практико-орієнтованим. Наприклад, замість теоретичного вивчення законів Ньютона учні можуть створювати моделі мостів чи транспортних засобів, аналізуючи, як сили впливають на їхню стійкість. Такі проекти не лише ілюструють фізичні принципи, а й залучають елементи інженерії, що робить навчання більш захопливим.

По-друге, STEM-підхід сприяє інтеграції технологій у навчальний процес. Сучасні інструменти, такі як датчики руху, тепловізори, програмовані мікроконтролери (наприклад, Arduino) або програмне забезпечення для моделювання (PhET, Algodoo), дозволяють учням проводити експерименти, які раніше були неможливими через брак обладнання чи складність реалізації [30]. Наприклад, за допомогою датчиків можна вимірювати прискорення об'єктів у реальному часі, що робить вивчення кінематики більш наочним і зрозумілим.

По-третє, STEM-навчання сприяє розвитку критичного мислення та навичок вирішення проблем. Учні працюють над відкритими завданнями, які не мають єдиного правильного рішення.

Наприклад, при вивченні електричних кіл вони можуть розробляти власні схеми для живлення пристроїв, оптимізуючи їх за критеріями енергоефективності чи вартості матеріалів. Це розвиває творчий підхід і вміння працювати в команді.

По-четверте, STEM-навчання дозволяє адаптувати курс фізики до потреб сучасного світу. Учні можуть досліджувати такі актуальні теми, як відновлювальні джерела енергії, оптимізація енергоспоживання чи створення роботизованих систем [14]. Наприклад, проєкт зі створення моделі сонячної електростанції поєднує знання з оптики, електродинаміки, інженерії та економічного аналізу, що робить навчання релевантним до реальних викликів.

Одним із ключових напрямків застосування STEM у фізиці є організація проєктної діяльності. Учні можуть працювати над створенням фізичних моделей, наприклад, гідравлічних систем, електромагнітних пристроїв чи аеродинамічних конструкцій [15].

Такі проєкти інтегрують знання з фізики, математики та інженерії, а також розвивають навички планування, тестування та презентації результатів. Наприклад, при вивченні механіки учні можуть спроектувати і протестувати модель катапульти, оптимізуючи її дальність стрільби за допомогою математичних розрахунків.

Інтеграція інформаційних технологій у вивчення фізики є важливим напрямком STEM-навчання. Програмне забезпечення для симуляції фізичних процесів, наприклад, PhET чи COMSOL, дозволяє учням досліджувати складні явища, такі як електромагнітні поля чи квантові ефекти, без необхідності складного обладнання. Крім того, програмування (наприклад, на Python) може бути використане для створення моделей фізичних систем, що сприяє розвитку обчислювального мислення [25].

STEM-навчання заохочує учнів до самостійного дослідження фізичних явищ. Наприклад, при вивченні оптики учні можуть досліджувати, як різні матеріали впливають на заломлення світла, використовуючи лазерні вказівки та прості датчики. Такі експерименти розвивають наукове мислення та вміння формулювати гіпотези.

STEM-навчання сприяє інтеграції фізики з іншими дисциплінами. Наприклад, при вивченні теплових явищ учні можуть аналізувати енергоефективність будівель, поєднуючи знання з фізики, хімії (властивості матеріалів) та економіки (аналіз витрат). Такі проєкти готують учнів до вирішення комплексних проблем реального світу.

STEM-навчання у фізиці може включати елементи підприємництва, коли учні розробляють прототипи продуктів, наприклад, енергоефективних пристроїв чи сенсорів. Це не лише поглиблює розуміння фізичних принципів, а й формує навички створення інновацій, які можуть мати комерційне застосування.

Незважаючи на численні переваги, впровадження STEM-навчання у шкільний курс фізики пов'язане з певними викликами. По-перше, це потребує високого рівня підготовки вчителів, які повинні володіти не лише знаннями з фізики, а й навичками роботи з технологіями та інженерними методами. По-друге, необхідне забезпечення шкіл сучасним обладнанням, таким як 3D-принтери, мікроконтролери чи програмне забезпечення, що може бути фінансово затратним. По-третє, традиційна система оцінювання, орієнтована

на тестування, не завжди відповідає проєктно-орієнтованому підходу STEM, що вимагає розробки нових методик оцінювання.

Гурткова робота з фізики є ідеальним майданчиком для впровадження STEM-підходу, оскільки вона дозволяє гнучко адаптувати навчальний процес до інтересів учнів, використовувати сучасні технології та створювати умови для глибокого занурення в предмет. Основні можливості STEM-навчання у цьому контексті можна поділити на кілька ключових напрямів.

1. Розвиток дослідницьких навичок через експерименти. Фізика як наука ґрунтується на експериментальному методі, і STEM-навчання дозволяє максимально розкрити цей потенціал.

У гуртковій роботі учні можуть проводити складніші експерименти, ніж на уроках, використовуючи сучасне обладнання, наприклад, датчики Arduino для вимірювання фізичних величин (швидкості, прискорення, температури) або 3D-принтери для створення моделей фізичних систем. Наприклад, учні можуть сконструювати модель мосту, щоб дослідити закони механіки, або розробити електричну схему для вивчення електродинаміки. Такі проєкти не лише поглиблюють розуміння фізичних законів, а й розвивають навички програмування, роботи з інструментами та аналізу даних [18].

2. Інтеграція технологій у навчальний процес. STEM-навчання передбачає активне використання інформаційних технологій, що є особливо актуальним у гуртковій роботі. Учні можуть застосовувати програмне забезпечення для моделювання фізичних процесів, наприклад, PhET Simulations або Algodoo, які дозволяють візуалізувати явища, такі як рух тіл, електромагнітні хвилі чи оптика.

Крім того, програмування на Python або Scratch може бути інтегроване в гурткову діяльність для створення симуляцій фізичних експериментів. Наприклад, учні можуть написати код для моделювання траєкторії руху снаряда, що поєднує знання механіки та основи програмування [22].

3. Проєктна діяльність як основа міждисциплінарного підходу. Гурткова робота з фізики ідеально підходить для реалізації проєктів, що поєднують

кілька дисциплін. Наприклад, учні можуть розробити модель сонячної електростанції, що вимагає знань із оптики (для аналізу поглинання сонячного світла), електродинаміки (для роботи з електричними схемами), інженерії (для створення конструкції) та математики (для розрахунків ефективності). Такі проєкти не лише поглиблюють знання з фізики, а й розвивають вміння працювати в команді, планувати та презентувати результати [11].

4. Розвиток інженерного мислення. STEM-навчання у гуртковій роботі сприяє формуванню інженерного підходу до розв'язання задач. Учні можуть створювати власні пристрої, наприклад, електромагнітні гармати, роботів на базі Arduino.

Такі завдання вимагають не лише знань фізичних законів, а й уміння застосовувати їх для конструювання реальних об'єктів. Це сприяє розвитку креативності, вміння працювати з обмеженими ресурсами та знаходити оптимальні рішення.

5. Підготовка до професійної діяльності. STEM-підхід у гуртковій роботі з фізики готує учнів до майбутньої професійної діяльності в науково-технічних галузях.

Участь у конкурсах, таких як МАН (Мала академія наук) або міжнародні STEM-олімпіади, дозволяє учням не лише поглиблювати знання, а й розвивати навички наукової комунікації, презентації ідей та роботи в конкурентному середовищі. Крім того, гурткова діяльність може включати співпрацю з місцевими вишами чи науковими центрами, що дає учням змогу познайомитися з реальними науковими дослідженнями [24].

Для ефективного впровадження STEM-навчання у гуртковій роботі з фізики необхідно чітко визначити напрямки його застосування. Нижче наведено основні напрями, які можна реалізувати в шкільних умовах.

1. Робототехніка та автоматизація. Робототехніка є одним із найпопулярніших напрямів STEM-навчання, оскільки вона поєднує фізику, програмування та інженерію. У гуртку з фізики учні можуть створювати роботів, які виконують завдання, пов'язані з фізичними явищами [23].

Наприклад, робот, що рухається за допомогою сенсорів світла, може бути використаний для вивчення оптичних явищ, а робот із датчиками відстані – для дослідження кінематики. Такі проєкти дозволяють учням не лише застосовувати фізичні знання, а й опановувати основи програмування та електроніки.

2. Альтернативна енергетика. Дослідження альтернативних джерел енергії є актуальним напрямом, що дозволяє учням вивчати закони термодинаміки, електродинаміки та оптики. У гуртковій роботі можна організувати проєкти з розробки моделей сонячних панелей, вітрогенераторів або гідроелектростанцій. Такі завдання не лише поглиблюють знання з фізики, а й підвищують екологічну свідомість учнів.

3. Астрономія та астрофізика. Гурткова робота з фізики може включати вивчення астрономічних явищ за допомогою STEM-підходу. Учні можуть створювати моделі планетарних систем, використовувати телескопи для спостереження за зірками або розробляти програми для аналізу астрономічних даних [13]. Наприклад, аналіз спектрів зірок за допомогою програмного забезпечення дозволяє поєднати знання з оптики, математики та інформаційних технологій.

4. Моделювання фізичних явищ. Учні можуть створювати віртуальні моделі фізичних процесів, наприклад, руху планет, теплопередачі або електромагнітних хвиль. Це дозволяє не лише візуалізувати складні явища, а й розвивати навички роботи з програмним забезпеченням та аналізу даних.

5. Інноваційні технології в експериментах. Використання сучасних технологій, таких як 3D-друк, датчики, дрони або віртуальна реальність, відкриває нові можливості для гурткової роботи. Наприклад, учні можуть створювати 3D-моделі фізичних приладів, таких як лінзи чи електродвигуни, або використовувати дрони для вивчення аеродинаміки. Такі проєкти роблять навчання більш захопливим і актуальним [19].

Для успішного впровадження STEM-навчання у гуртковій роботі з фізики рекомендується: розробити чіткий план гурткової діяльності, що

включає проєкти різної складності; використовувати доступні ресурси, такі як безкоштовне програмне забезпечення (наприклад, PhET, Scratch) та недорогі набори для робототехніки; залучати учнів до вибору тем проєктів, що підвищує їхню мотивацію; співпрацювати із ЗВО, науковими центрами чи ІТ-компаніями для обміну досвідом та ресурсами; організовувати презентації результатів проєктів, що сприяє розвитку комунікативних навичок.

Отже, STEM-навчання відкриває нові горизонти для викладання фізики в школі, роблячи його більш інтерактивним, практичним і релевантним до сучасних викликів. Основними напрямками застосування STEM у фізиці є проєктно-орієнтоване навчання, використання цифрових технологій, дослідницька діяльність, міждисциплінарні проєкти та розвиток інноваційних компетенцій.

STEM-навчання відкриває широкі можливості для трансформації гурткової роботи з фізики, роблячи її більш інтерактивною, практичною та актуальною. Інтеграція науки, технологій, інженерії та математики дозволяє учням не лише поглиблювати знання з фізики, а й розвивати навички, необхідні для сучасного світу. Напрямки застосування STEM-підходу, такі як робототехніка, альтернативна енергетика, моделювання та астрономія, сприяють формуванню цілісного світогляду та підготовці учнів до викликів майбутнього.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

STEM-освіта є не просто сукупністю дисциплін, а цілісною освітньою парадигмою, що відповідає потребам сучасного світу. Її сутність полягає в інтеграції науки, технологій, інженерії та математики з метою формування у учнів навичок, необхідних для вирішення складних проблем і створення інновацій. Завдяки міждисциплінарному підходу, практико-орієнтованості та акценту на розвитку критичного мислення, STEM-освіта готує молодь до активної участі в економічному, соціальному та технологічному розвитку суспільства.

STEM-освіта відкриває нові горизонти для викладання фізики в школі. Основними напрямками застосування STEM у фізиці є проєктно-орієнтоване навчання, використання цифрових технологій, дослідницька діяльність, міждисциплінарні проєкти та розвиток інноваційних компетенцій.

STEM-освіта відкриває широкі можливості для трансформації гурткової роботи з фізики, роблячи її більш інтерактивною, практичною та актуальною. Напрямки застосування STEM-підходу, такі як робототехніка, альтернативна енергетика, моделювання, сприяють формуванню цілісного світогляду та підготовці учнів до викликів майбутнього.

РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ STEM-НАВЧАННЯ НА УРОКАХ ФІЗИКИ В 7 КЛАСІ ТА ГУРТКОВІЙ РОБОТІ

2.1. УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ STEM-НАВЧАННЯ НА УРОКАХ ФІЗИКИ В 7 КЛАСІ

Сучасна освіта перебуває на етапі трансформації, зумовленої швидким розвитком технологій, зміною потреб суспільства та необхідністю підготовки молоді до викликів XXI століття. У цьому контексті STEM-навчання стало одним із провідних підходів до організації освітнього процесу, зокрема у викладанні природничих дисциплін, таких як фізика.

STEM-освіта акцентує на інтеграції наукових знань, технологічних інструментів, інженерних підходів та математичних методів для розв'язання реальних проблем, що сприяє формуванню в учнів критичного мислення, креативності та практичних навичок. У 7 класі, коли учні лише починають вивчати фізику, STEM-навчання може стати потужним інструментом для підвищення їхньої мотивації, поглиблення розуміння фізичних явищ і розвитку компетентностей, необхідних для сучасного світу [49].

На відміну від традиційного навчання, де дисципліни часто викладаються ізольовано, STEM передбачає їх інтеграцію через проєктну діяльність, експериментальну роботу та розв'язання практичних завдань.

Теоретичною основою STEM-навчання є конструктивістська педагогіка, яка наголошує на активній ролі учня у процесі пізнання. Знання формуються через активну взаємодію з навколишнім середовищем і соціальну співпрацю. У 7 класі учні перебувають на етапі переходу від конкретно-образного до абстрактно-логічного мислення, що робить STEM-підхід особливо ефективним, оскільки він дозволяє поєднувати практичні дії (конструювання, експерименти) з теоретичним осмисленням фізичних явищ [39].

Успішність використання STEM-навчання залежить від низки умов, які охоплюють організаційні, методичні, матеріально-технічні та психолого-педагогічні аспекти.

Впровадження STEM-навчання вимагає гнучкого планування уроків, яке враховує час на проєктну діяльність, групову роботу та рефлексію. Вчителю необхідно оптимально розподіляти час між теоретичним поясненням, практичною роботою та обговоренням результатів.

Наприклад, для вивчення теми «Сила тертя» можна організувати проєкт, у рамках якого учні створюють моделі санок із різними поверхнями ковзання та вимірюють силу тертя за допомогою динамометра. Такий підхід вимагає чіткої структури уроку, де теоретична частина займає не більше 15–20 хвилин, а решта часу відводиться на практичну діяльність.

STEM-навчання передбачає використання сучасного обладнання, такого як датчики, мікроконтролери (наприклад, Arduino), 3D-принтери, набори для конструювання (LEGO Mindstorms) або прості матеріали для створення моделей (дерево, пластик, мотори).

Наприклад, для вивчення електричних кіл учні можуть створювати прості схеми за допомогою наборів із проводами, лампочками та джерелами живлення, а потім аналізувати їх за допомогою симуляцій на комп'ютері. Наявність такого обладнання є ключовою умовою, оскільки без нього реалізація STEM-проєктів стає обмеженою.

Учитель фізики має володіти не лише предметними знаннями, а й навичками інтеграції технологій та інженерних підходів у навчальний процес. Це передбачає знання основ програмування, роботи з цифровими інструментами та методики проєктного навчання.

Наприклад, для організації STEM-уроку з теми «Тиск» учитель може запропонувати учням спроектувати модель гідравлічного преса, використовуючи шприци та трубки, а потім пояснити принцип дії на основі закону Паскаля. Для цього вчитель має бути готовим не лише пояснити

фізичну суть явища, а й керувати процесом конструювання та оцінювати інженерні рішення учнів.

У 7 класі учні мають різний рівень мотивації та підготовки, тому STEM-навчання має бути адаптованим до їхніх індивідуальних особливостей. Важливо створювати інклюзивне середовище, де кожен учень може зробити внесок у групову роботу, будь то теоретичний аналіз, конструювання чи презентація результатів.

Наприклад, під час роботи над проєктом із конструювання мостів для вивчення сил у механіці учні можуть розподілити ролі: одні займаються розрахунками, інші – створенням моделі, а ще інші – тестуванням її міцності. Такий підхід враховує різні типи інтелекту і сприяє розвитку співпраці.

STEM-навчання передбачає міждисциплінарний підхід, тому уроки фізики в 7 класі можуть включати елементи математики (наприклад, розрахунок траєкторії руху), технологій (створення моделей за допомогою комп'ютерного дизайну) та інженерії (розробка конструкцій).

Для оцінки ефективності STEM-навчання на уроках фізики в 7 класі необхідно визначити чіткі критерії, які відображають як навчальні досягнення учнів, так і розвиток їхніх компетентностей.

Засвоєння фізичних понять. Основним критерієм є глибоке розуміння учнями фізичних законів і явищ.

Розвиток практичних навичок. STEM-навчання спрямоване на формування в учнів умінь працювати з приладами, проводити експерименти та аналізувати дані. Наприклад, під час виконання лабораторної роботи з вимірювання густини речовини учні мають не лише правильно використовувати терези та мірний циліндр, а й уміти обробляти отримані дані, використовуючи математичні методи (обчислення середнього значення, похибки). Успішність цього критерію оцінюється через якість виконаних експериментів і точність отриманих результатів.

Розвиток критичного мислення та креативності. STEM-навчання стимулює учнів до пошуку нестандартних рішень і аналізу проблем.

Наприклад, під час проєкту з конструювання електричного двигуна учні мають самостійно визначити оптимальну конструкцію обмотки чи розташування магнітів. Успішність цього критерію оцінюється через оригінальність запропонованих рішень і здатність учнів обґрунтувати свій вибір.

Розвиток навичок співпраці. Групова робота є невід'ємною частиною STEM-навчання, тому важливим критерієм є здатність учнів ефективно працювати в команді. Наприклад, під час створення моделі сонячної системи для вивчення законів Кеплера учні мають розподілити завдання (розрахунки орбіт, створення моделей планет, презентація результатів) і досягти спільної мети. Успішність цього критерію оцінюється через спостереження за груповою динамікою та відгуки учнів про співпрацю.

Мотивація та інтерес до навчання. STEM-навчання має підвищувати зацікавленість учнів у вивченні фізики. Наприклад, створення власного оптичного приладу (лінзи чи перископа) може мотивувати учнів до поглибленого вивчення оптики. Успішність цього критерію оцінюється через анкетування, спостереження за активністю учнів на уроках і їхню участь у позакласних STEM-заходах.

Незважаючи на численні переваги, впровадження STEM-навчання на уроках фізики в 7 класі стикається з певними викликами. По-перше, обмежене матеріально-технічне забезпечення в багатьох школах може ускладнювати реалізацію складних проєктів. По-друге, недостатня підготовка вчителів до використання міждисциплінарного підходу може знижувати ефективність уроків. По-третє, різний рівень підготовки учнів у 7 класі може ускладнювати організацію групової роботи. Для подолання цих викликів необхідно забезпечити школи необхідним обладнанням, організувати професійний розвиток учителів і розробити диференційовані завдання, які враховують індивідуальні особливості учнів.

STEM-навчання на уроках фізики в 7 класі є ефективним інструментом для формування в учнів глибокого розуміння фізичних явищ, практичних

навичок і ключових компетентностей XXI століття. Успішність цього підходу залежить від організаційних умов (гнучке планування уроків), матеріально-технічного забезпечення (наявність лабораторного обладнання та цифрових інструментів), методичної підготовки вчителя, психолого-педагогічного супроводу та інтеграції з іншими дисциплінами. Критерії успішності включають засвоєння фізичних понять, розвиток практичних навичок, критичного мислення, співпраці та мотивації до навчання.

2.2. ФОРМИ РОБОТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ STEM-НАВЧАННЯ НА УРОКАХ ФІЗИКИ В 7 КЛАСІ

Із метою впровадження технології STEM-навчання було розроблено форми роботи на уроках фізики для учнів 7 класів закладів загальної середньої освіти.

Запропонована програма «STEM-навчання на уроках фізики» на основі STEM-навчання є авторською розробкою. Вона інтегрує теоретичні знання з практичними навичками, сприяючи розвитку ключових компетенцій учнів. Реалізація програми не вимагає значних ресурсів, але забезпечує високий рівень залучення учнів і глибоке розуміння фізичних явищ.

Програма сприяє формуванню в учнів цілісного розуміння фізичних явищ через їх практичне застосування. Учні розвивають навички критичного мислення, командної роботи, аналізу даних і проєктування. Використання цифрових технологій та інженерних завдань підвищує мотивацію до навчання та інтерес до фізики. Результати оцінюються через якість виконаних проєктів, звіти та презентації.

Об'єкт програми – процес навчання фізики в 7 класі, спрямований на формування в учнів базових знань про фізичні явища та навичок їх практичного застосування.

Предмет програми – використання технології STEM-навчання для інтеграції знань із фізики, математики, інженерії та технологій у процесі

вивчення тем, передбачених навчальною програмою для 7 класу (наприклад, механічні явища, основи кінематики, тиск і сила).

Мета програми: створення умов для розвитку в учнів 7 класу науково-дослідницьких, інженерних і технологічних компетенцій через інтеграцію STEM-підходу в уроки фізики, що сприяє глибшому розумінню фізичних явищ і формуванню навичок вирішення практичних завдань.

Завдання програми:

Забезпечити засвоєння учнями ключових фізичних понять через виконання практичних завдань із елементами інженерного проєктування.

Розвинути навички роботи в команді, критичного мислення та аналізу даних.

Сформувати вміння застосовувати математичні розрахунки для розв'язання фізичних задач у реальних умовах.

Ознайомити учнів із використанням сучасних технологій у процесі експериментальної діяльності.

Сприяти формуванню інтересу до вивчення фізики через інтерактивні та творчі завдання.

Структура програми. Програма розрахована на 5 уроків, кожен із яких триває 45 хвилин. Заняття проводяться один раз на тиждень протягом п'яти тижнів, що дозволяє учням поступово засвоювати матеріал і виконувати проєктні завдання. Програма охоплює теми з розділу «Механічні явища» (зокрема, рух, сила, тиск), які є базовими для 7 класу.

Програма використовує комбіновані **форми роботи:** групову, індивідуальну та фронтальну. Групова форма застосовується для виконання проєктних завдань, що сприяє розвитку співпраці та комунікації. Індивідуальна робота передбачає виконання розрахунків і підготовку звітів. Фронтальна форма використовується для пояснення теоретичного матеріалу та підбиття підсумків.

Методи роботи включають:

Проблемно-пошуковий метод: учні самостійно формують гіпотези та перевіряють їх через експерименти.

Проектний метод: створення інженерних моделей (наприклад, мостів, важелів) для демонстрації фізичних принципів.

Експериментальний метод: використання лабораторного обладнання та датчиків для вимірювання фізичних величин.

Цифрові технології: застосування програмного забезпечення (наприклад, симуляторів руху) для моделювання фізичних процесів.

Дискусійний метод: обговорення результатів експериментів і проектів у групах.

Необхідне обладнання:

Лабораторне обладнання: динамометри, вимірювальні лінійки, секундоміри, набори для вивчення тиску (манометри, шприци).

Інженерні матеріали: картон, дерев'яні бруски, мотузки, клей, пластикові трубки для створення моделей.

Технологічні засоби: комп'ютери або планшети з програмним забезпеченням (наприклад, PhET Simulations), датчики руху (опціонально).

Канцелярські матеріали: папір, маркери, дошки для презентацій.

Календарне планування за програмою STEM-навчання на уроках фізики в 7 класі представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Календарне планування за програмою STEM-навчання на уроках фізики в 7 класі

№	Тема уроку	Кількість годин
1	Вступ до STEM. Ознайомлення з поняттям механічного руху	1
2	Сила і її вплив на рух	1
3	Фізичні закони та інженерне проектування	1
4	Тиск і його застосування	1
5	Презентація проектів і підсумки	1
Разом		5

Розглянемо детальніше структуру одного з уроків запропонованої програми.

Урок 1. Вступ до STEM. Ознайомлення з поняттям механічного руху

Мета уроку: ознайомити учнів із поняттями механічного руху, швидкості, траєкторії та STEM-підходом; навчити вимірювати швидкість руху об'єкта за допомогою простих інструментів; розвинути навички роботи в групах, аналізу даних, побудови графіків та використання цифрових технологій; сформувати інтерес до вивчення природничих наук через інтеграцію STEM-підходу, сприяти розвитку відповідальності та співпраці.

Тривалість: 45 хвилин

Тип уроку: комбінований

Методи навчання: проблемно-пошуковий, експериментальний, цифрові технології.

Обладнання: комп'ютер/проектор для демонстрації симуляцій PhET (наприклад, «Moving Man» або «Forces and Motion»), іграшкові машинки (одна на групу), секундоміри, лінійки, крейда/стрічка для позначення траєкторії, аркуші для запису даних, міліметровий папір для графіків, роздаткові матеріали (таблиці для запису результатів, інструкції для групової роботи).

Хід уроку

1. Організаційний момент (3 хвилини)

Привітання та перевірка присутності: учитель вітає учнів, перевіряє готовність до уроку (наявність зошитів, інструментів).

Актуалізація теми: учитель ставить запитання: «Як ви думаєте, що спільного між рухом автомобіля, польотом літака та ходьбою людини? Чи можна виміряти, як швидко вони рухаються?»

Коротка бесіда: учні висловлюють припущення, що таке рух і як його можна описати.

Оголошення теми та мети: учитель пояснює, що сьогодні учні ознайомляться з механічним рухом і STEM-підходом, який поєднує науку, технології, інженерію та математику.

2. Мотивація та актуалізація знань (5 хвилин)

Міні-дискусія: учитель запитує:

«Як ви думаєте, чому важливо знати, як швидко рухається об'єкт?»

«Де в реальному житті ми стикаємося з поняттям швидкості?»
(Приклади: швидкість автомобіля, бігуна, літака).

Введення в STEM: учитель коротко пояснює, що STEM – це підхід, який об'єднує науку (фізику), технології (вимірювальні прилади, комп'ютерні симуляції), інженерію (аналіз руху) та математику (обчислення швидкості, побудова графіків).

Приклад: «Сьогодні ми будемо дослідниками, які за допомогою науки та технологій вимірюють рух іграшкової машинки, як справжні інженери!»

3. Пояснення нового матеріалу (10 хвилин)

Фронтальне пояснення основних понять:

Механічний рух: зміна положення тіла в просторі відносно інших тіл із плином часу.

Траєкторія: лінія, яку описує тіло під час руху (пряма, крива).

Швидкість: характеристика руху, що показує, який шлях тіло проходить за одиницю часу (формула: $v=s/t$).

Учитель демонструє приклади руху (ходьба, рух машини) та пояснює різницю між прямолінійним і криволінійним рухом.

Використання цифрових технологій: учитель демонструє симуляцію PhET «Moving Man» (<https://phet.colorado.edu/en/simulations/moving-man>). Учні спостерігають, як змінюється положення об'єкта залежно від часу, і як це відображається на графіках шляху та швидкості. Учитель пояснює, як графіки допомагають аналізувати рух (наприклад, похила лінія на графіку шляху означає рівномірний рух).

4. Практична робота в групах (20 хвилин)

Організація груп: учні діляться на групи по 4–5 осіб. Кожна група отримує іграшкову машинку, секундомір, лінійку, аркуш для запису даних і міліметровий папір.

Інструктаж: учитель роздає інструкцію: Позначте на підлозі (або столі) траєкторію руху машинки (наприклад, пряму лінію довжиною 1 м).

Запустіть машинку та виміряйте час, за який вона проходить відстань (3–5 замірів).

Обчисліть середню швидкість ($v=s/t$).

Запишіть дані в таблицю:

Відстань (м)	Час (с)	Швидкість (м/с)
1		
1		

Побудуйте графік залежності шляху від часу на міліметровому папері.

Учитель наголошує на техніці безпеки (обережно працювати з машинкою, не заважати іншим групам).

Виконання експерименту:

Учні проводять вимірювання, записують результати в таблицю.

Одна людина в групі запускає машинку, інша вимірює час, третя – відстань, четверта записує дані.

Після вимірювань група обчислює швидкість і будує графік.

Обговорення результатів: кожна група презентує свої результати (1–2 хв. на групу).

Учитель запитує:

«Чому швидкість у різних груп може відрізнятися?»

«Що показує графік? Чи є рух рівномірним?»

5. Закріплення матеріалу (5 хвилин)

Проблемно-пошукові запитання:

Яка траєкторія була у вашої машинки? Чи завжди вона прямолінійна?

Як би змінилася швидкість, якби ми збільшили відстань удвічі?

Як STEM-підхід допоміг нам у цьому експерименті?

Міні-тест (усний):

Що таке механічний рух?

Як обчислити швидкість?

Що показує графік залежності шляху від часу?

6. Підсумки уроку та рефлексія (2 хвилини)

Підсумки: учитель узагальнює, що учні дізналися про механічний рух, швидкість і STEM-підхід.

Рефлексія: учитель запитує: «Що вам найбільше сподобалося на уроці? Чи було складно вимірювати швидкість?» Учні відповідають, діляться враженнями.

Оцінювання: учитель оцінює активність груп, правильність вимірювань і якість графіків.

7. Домашнє завдання

Записати в зошит визначення механічного руху, швидкості та траєкторії.

Виконати вправу: «Автомобіль проїхав 100 м за 20 с. Обчисліть його швидкість.»

(За бажанням) Переглянути симуляцію PhET «Moving Man» удома та описати, як змінюється графік при зміні швидкості.

Урок 2. Сила і її вплив на рух

Мета уроку: дослідити вплив сили на рух тіл, встановити зв'язок між силою, масою та прискоренням через експериментальну діяльність; розвинути навички критичного мислення, роботи в команді, аналізу даних та конструювання моделей; сприяти формуванню інтересу до фізики, відповідальності за результати групової роботи та поваги до думок однокласників.

Тривалість: 45 хвилин

Тип уроку: урок-дослідження з використанням STEM-підходу

Методи: проєктний (створення моделі), експериментальний (вимірювання сили та прискорення), дослідницький, групова робота.

Обладнання: динамометри (0–5 Н), візки (або саморобні моделі з конструктора/пластикових деталей), пружини або гумки, лінійки, секундоміри, вантажі (50 г, 100 г), аркуші для звіту, комп'ютер/планшет для обробки даних (за наявності), набори для конструювання (LEGO, дерев'яні деталі або пластикові основи), клей, скотч, нитки.

Хід уроку

1. Організаційний момент (3 хвилини)

Привітання та перевірка готовності. Вчитель вітає учнів, перевіряє наявність обладнання та матеріалів.

Актуалізація теми: коротке запитання для активізації: «Чому візок у супермаркеті рухається швидше, якщо ми його сильніше штовхаємо?»

Учитель підводить до теми: «Сьогодні ми дослідимо, як сила впливає на рух тіл, використовуючи STEM-підхід – поєднання науки, технологій, інженерії та математики».

Оголошення мети: «Ми створимо модель візка, проведемо експеримент і з'ясуємо, як сила впливає на його рух».

2. Мотивація та введення в тему (5 хвилин)

Міні-дискусія (2 хвилини)

Учитель демонструє коротке відео або фізичний приклад (наприклад, штовхає візок із різною силою). Запитання:

«Що змінюється, коли ми застосовуємо більшу силу?»

«Як маса візка може вплинути на його рух?»

Пояснення STEM-підходу (3 хвилини)

Учитель пояснює, що учні виступатимуть у ролі інженерів (конструюють візок), фізиків (вимірюють силу та прискорення) і математиків (аналізують дані). Зв'язок із реальним життям: «Ці знання використовують для створення автомобілів, літаків і навіть космічних ракет».

3. Основна частина: STEM-діяльність (30 хвилин)

Організація групової роботи (3 хвилини)

Учні об'єднуються в групи по 3–4 особи. Кожна група отримує набір матеріалів та обладнання.

Розподіл ролей у групі: *інженер* – відповідає за створення моделі візка; *експериментатор* – проводить вимірювання; *аналітик* – записує дані та готує звіт; *координатор* – стежить за часом і організацією роботи.

Конструювання моделі візка (8 хвилин)

Завдання: створити простий візок, який може рухатися під дією пружини або гумки.

Інструкція: використовуйте набори (LEGO, дерев'яні чи пластикові деталі) для створення основи візка з колесами.

Закріпіть пружину/гумку так, щоб вона створювала силу, що штовхає візок.

Додайте місце для вантажу (для зміни маси).

Учитель консулює групи, допомагає уникнути помилок у конструюванні.

Результат: Кожна група має робочу модель візка.

Експеримент (12 хвилин)

Завдання: виміряти силу, з якою пружина штовхає візок, і визначити, як вона впливає на прискорення.

Хід виконання:

Маса візка (г)	Сила (Н)	Відстань (м)	Час (с)	Прискорення (м/с ²)
Без вантажу				
50 г				
100 г				

Виміряти силу пружини динамометром (наприклад, розтягнути пружину на певну відстань і зафіксувати значення).

Запустити візок на рівній поверхні, виміряти час руху (t) і відстань (s) за допомогою секундоміра та лінійки.

Провести експеримент у трьох умовах: 1). Візок без вантажу. 2). Візок із вантажем 50 г. 3). Візок із вантажем 100 г.

Обчислити прискорення за формулою: $a=2s/t^2$.

Запис даних. Учні фіксують результати в таблиці:

Аналіз результатів (7 хвилин).

Кожна група аналізує дані:

Як змінюється прискорення при зміні сили?

Як маса впливає на прискорення за однакової сили?

Учитель пояснює зв'язок із другим законом Ньютона ($F=ma$), допомагаючи учням сформулювати висновки.

Групи заповнюють звіт (шаблон надається):

Опис моделі візка.

Результати вимірювань.

Висновки про зв'язок сили, маси та прискорення.

4. Закріплення та рефлексія (5 хвилин)

Обговорення (3 хвилини)

Представник кожної групи коротко презентує висновки.

Учитель ставить запитання: «Чому при більшій силі візок рухається швидше?»

«Як маса впливає на рух за однакової сили?»

Рефлексія (2 хвилини)

Учні відповідають на запитання (усно або письмово):

Що нового ви дізналися про силу та рух?

Які труднощі виникли під час роботи?

Як можна покращити вашу модель візка?

5. Підсумок і домашнє завдання (2 хвилини)

Підсумок: учитель узагальнює: «Сьогодні ми дослідили, що сила спричиняє прискорення, а прискорення залежить від сили та маси тіла. Це основа другого закону Ньютона».

Домашнє завдання:

Теоретичне: прочитати параграф підручника про другий закон Ньютона, відповісти на запитання.

Практичне (за бажанням): намалювати або описати ідею вдосконаленої моделі візка для наступного експерименту.

Плани-конспекти уроків фізики за програмою STEM-навчання наведені в Додатку А.

2.3. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ STEM-НАВЧАННЯ У ГУРТКОВІЙ РОБОТІ

Із метою впровадження технології STEM-навчання у гуртковій роботі було розроблено програму гурткової роботи з робототехніки для учнів 7 класів закладів загальної середньої освіти.

Розроблена програма є авторською розробкою, яка базується на принципах STEM-освіти, що передбачають інтеграцію науки, технологій, інженерії та математики через практичну діяльність. Кожне заняття поєднує теоретичні знання (наприклад, основи механіки чи програмування) з практичними навичками, що сприяє глибшому розумінню матеріалу. Використання конструкторів, таких як LEGO Education, Mindstorms або Arduino, дозволяє учням 7 класу працювати з реальними технічними системами, що робить навчання цікавим і мотивуючим. Групова робота розвиває навички співпраці, а проєктна діяльність сприяє творчому підходу до вирішення проблем.

Об'єкт програми – процес навчання учнів 7 класу в позашкільній освіті, спрямований на розвиток їхніх компетентностей у галузі робототехніки через STEM-підхід.

Предмет програми – організація та зміст гурткової роботи з робототехніки, що базується на інтеграції науки, технологій, інженерії та математики для формування практичних і теоретичних навичок учнів.

Мета програми полягає у формуванні у учнів 7 класу базових навичок конструювання, програмування та аналізу робототехнічних систем через інтегративний STEM-підхід, що сприяє розвитку критичного мислення, командної роботи та творчого підходу до вирішення технічних задач.

Завдання програми:

Ознайомити учнів з основами конструювання робототехнічних моделей;

Навчити базовим принципам програмування мікроконтролерів для керування роботами;

Розвинути навички командної роботи через виконання спільних проєктів;

Сформувані вміння застосовувати математичні розрахунки для аналізу та оптимізації роботи роботів;

Сприяти розвитку критичного мислення через аналіз проблем і пошук їхніх рішень.

Програма передбачає використання активних форм і методів навчання, які відповідають принципам STEM-освіти. Основними формами роботи є практичні заняття, проєктна діяльність і групові дискусії. Практичні заняття дозволяють учням безпосередньо конструювати та програмувати роботів, застосовуючи отримані знання. Проєктна діяльність спрямована на створення власних робототехнічних моделей, що інтегрують знання з різних дисциплін. Групові дискусії сприяють обміну ідеями, аналізу помилок і пошуку оптимальних рішень.

Методи роботи включають:

- проблемно-пошуковий метод: учні отримують завдання, які потребують аналізу проблеми та самостійного пошуку рішень (наприклад, як оптимізувати рух робота).

- дослідницький метод: учні проводять експерименти, змінюючи параметри програм чи конструкцій, щоб оцінити їхній вплив на результат.

- метод проєктів: створення робототехнічної моделі як підсумкового результату програми.

- інтерактивні методи: використання симуляторів програмування та демонстрація роботи роботів для зворотного зв'язку.

- метод моделювання: створення спрощених моделей для розуміння складних технічних систем.

Необхідне обладнання: конструктори LEGO Education, Mindstorms EV3 або Arduino (1 набір на 2–3 учнів); комп'ютери з програмним забезпеченням для програмування (наприклад LEGO Education, Mindstorms EV3 Software або Arduino IDE); датчики (ультразвукові, інфрачервоні, гіроскопи) для розширення функціоналу роботів; додаткові матеріали: папір, маркери, дошка для планування проєктів; доступ до інтернету для пошуку додаткової інформації та використання симуляторів.

Програма складається з п'яти занять, кожне з яких має чітко визначену тему, цілі та методи роботи, що відповідають STEM-підходу.

Календарне планування гурткової роботи за програмою STEM-навчання в 7 класі представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Календарне планування гурткової роботи за програмою STEM-навчання в 7 класі

№	Тема уроку	Кількість годин
1	Вступ до робототехніки та основи конструювання	1
2	Основи програмування роботів	1
3	Використання датчиків і умовних операторів	1
4	Математика в робототехніці	1
5	Підсумковий проєкт	1
Разом		5

Заняття 1. Вступ до робототехніки та основи конструювання

Мета заняття: ознайомити учнів з основами робототехніки, принципами роботи конструкторів та основами механіки; сформувати навички складання базової моделі робота (двоколісне шасі); сприяти розвитку критичного мислення, командної роботи та інтересу до STEM-дисциплін.

Тривалість: 90 хвилин

Методи навчання (STEM-підхід): лекція з демонстрацією: пояснення теоретичних основ із демонстрацією роботи компонентів; практична робота в

парах: складання робота для практичного застосування знань; групова дискусія: аналіз принципів роботи механізмів для розвитку критичного мислення; дослідницький підхід: учні самостійно досліджують, як компоненти впливають на рух робота.

Матеріали та обладнання: конструктори робототехніки (LEGO Education, Mindstorms, Arduino або аналогічні набори); комп'ютери/планшети для перегляду інструкцій (за потреби); роздаткові матеріали: схеми компонентів, інструкція зі складання двоколісного шасі; дошка/проектор для демонстрації слайдів; інструменти: викрутки, набори деталей.

Перебіг заняття

1. Організаційний момент (5 хвилин)

Мета: налаштувати учнів на роботу, створити позитивну атмосферу.

Привітання, перевірка присутності.

Коротке введення: пояснення мети заняття та його зв'язку з STEM (наука, технології, інженерія, математика).

Питання для активізації:

Чи бачили ви роботів у фільмах чи реальному житті?

Як, на вашу думку, роботи рухаються та виконують завдання?

2. Теоретична частина: Основи робототехніки (20 хвилин)

Мета: ознайомити учнів з основними компонентами робототехнічних систем та принципами механіки.

Лекція з демонстрацією (15 хвилин)

Вступ до робототехніки (5 хвилин):

Визначення робототехніки: наука про створення та програмування роботів.

Приклади використання роботів (промисловість, медицина, побут).

Демонстрація готового робота (наприклад, двоколісного шасі) для ілюстрації.

Компоненти конструктора (7 хвилин):

Контролер: мозок робота (наприклад, плата Arduino або LEGO EV3).

Мотори: забезпечують рух (демонстрація обертання моторів).

Датчики: очі та вуха робота (наприклад, ультразвуковий датчик, датчик дотику).

Механічні елементи: шестерні, осі, колеса.

Використання слайдів або фізичних компонентів для демонстрації.

Основи механіки (3 хвилини):

Передача руху: як шестерні та осі передають обертання від мотора до коліс.

Важелі: принцип дії та приклади використання в роботах.

Проста демонстрація: обертання шестерень або важільний механізм.

Інтерактивна частина (5 хвилин):

Питання до учнів:

Який компонент відповідає за рух робота?

Як датчики допомагають роботу взаємодіяти з навколишнім середовищем?

Коротка вікторина (усна): назвати компоненти та їх функції.

3. Практична частина: Складання двоколісного робота (50 хвилин)

Мета: розвинути практичні навички конструювання та командної роботи.

Інструктаж (5 хвилин):

Пояснення завдання: зібрати двоколісне шасі з моторами та контролером.

Демонстрація інструкції (роздатковий матеріал або слайди).

Правила безпеки: обережне поводження з деталями, правильне підключення проводів.

Організація роботи в парах: розподіл ролей (один учень відповідає за складання, інший – за перевірку інструкції).

Практична робота в парах (35 хвилин):

Учні отримують набір конструктора та інструкцію.

Завдання:

Зібрати базову конструкцію шасі (основа, два колеса, мотори).

Підключити мотори до контролера (без програмування на цьому етапі).

Перевірити, чи обертаються колеса при активації моторів (за допомогою тестування через контролер).

Викладач спостерігає, допомагає та відповідає на запитання.

Тестування моделей (10 хвилин):

Учні тестують свої моделі на рівній поверхні.

Завдання: перевірити, чи рухається робот вперед/назад, чи стабільна конструкція.

Обговорення проблем: якщо робот не рухається, учні аналізують причини (неправильне з'єднання, слабе кріплення).

4. Групова дискусія: аналіз роботи механізмів (10 хвилин)

Мета: закріпити знання через аналіз і рефлексію.

Питання для дискусії:

Як мотори передають рух до коліс?

Які проблеми виникли під час складання?

Як можна покращити конструкцію робота?

Учні діляться досвідом роботи в парах, пропонують ідеї для вдосконалення.

Викладач узагальнює: пояснює, як принципи механіки впливають на рух робота.

5. Підведення підсумків та рефлексія (5 хвилин)

Мета: оцінити досягнення учнів, мотивувати до подальшого навчання.

Питання до учнів:

Що нового ви дізналися про робототехніку?

Що було найскладнішим у складанні робота?

Які ідеї для наступних проєктів?

Зворотний зв'язок від викладача: похвала за активність, командну роботу, креативність.

Анонс наступного заняття.

6. Домашнє завдання (за бажанням):

Дослідити один тип датчика (наприклад, ультразвуковий або датчик світла) та підготувати коротке повідомлення (2–3 речення) про його функції.

Намалювати ескіз власного робота з поясненням, які компоненти будуть використані.

Повністю плани-конспекти гурткових занять за програмою STEM-навчання наведені в Додатку Б.

Повний план реалізації STEM-проекту «Виготовлення термометра» наведено у додатку В. У ході втілення цього проекту учні отримують завдання створити власноруч термометр для класу, щоб знімати показники та заносити до щоденника спостережень. Вчитель пропонує дізнатися про створення цього приладу в історичному аспекті. Крім того, заздалегідь спланувати екскурсію до метеорологічної станції для ознайомлення з метеорологічними приладами і зокрема термометрами (для зняття показників температури води, ґрунту, повітря). Після цього учасники проекту здійснюють розрахунки вартості витратних матеріалів для майбутнього термометра.

Запропонована програма гурткової роботи з робототехніки для учнів 7 класу з використанням STEM-підходу є ефективним інструментом для формування ключових компетентностей у галузі науки, технологій, інженерії та математики. Вона сприяє розвитку критичного мислення, командної роботи та практичних навичок через інтеграцію теоретичних знань і практичної діяльності. Реалізація програми потребує мінімального обладнання, доступного для більшості освітніх закладів, і може бути адаптована до різних рівнів підготовки учнів.

2.4. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ STEM-НАВЧАННЯ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Емпіричне вивчення результативності застосування STEM-освіти на уроках фізики та в позакласній роботі проводилося в ТЗОШ 26 імені Дмитра Заплітного. У дослідженні взяли участь 30 учнів віком 12–13 років (17 дівчат

і 13 хлопців), які навчаються в 7-х класах цього закладу. Дослідження здійснювалося онлайн через сервіс Google Forms.

Для оцінки початкових знань із фізики учням сьомого класу було запропоновано пройти вхідне тестування. Максимальна кількість балів за тест складала 12.

Вхідний контроль

Теоретичні питання (3 бали)

1. Що таке фізична величина? Наведіть два приклади фізичних величин. (1 бал)

2. Що таке швидкість? Яка її формула та одиниця вимірювання в СІ? (1 бал)

3. Як вимірюють масу тіла? Назвіть прилад для вимірювання маси. (1 бал)

Задачі (6 балів)

1. Автомобіль проїхав 120 км за 2 години. Обчисліть середню швидкість автомобіля. (2 бали)

2. Тіло масою 5 кг лежить на столі. Яка сила тяжіння діє на нього? (Прискорення вільного падіння $g = 10 \text{ м/с}^2$). (2 бали)

3. Велосипедист рухався зі швидкістю 10 м/с протягом 30 секунд. Який шлях він подолав? (2 бали)

Практичне завдання (3 бали)

1. Виміряйте довжину вашого зошита за допомогою лінійки. Запишіть результат у сантиметрах і переведіть його в метри. Опишіть, як ви проводили вимірювання.

Результати первинного тестування показали наступне: 10% учасників отримали високі бали (10–12), 30% учнів здобули оцінку «добре» (7–9 балів), 50% учасників отримали оцінку «задовільно» (4–6 балів), а 10% учнів отримали оцінку «незадовільно» (1–3 бали).

Наочно показники поточних знань із фізики учнів сьомого класу представлені на рисунку 2.1.

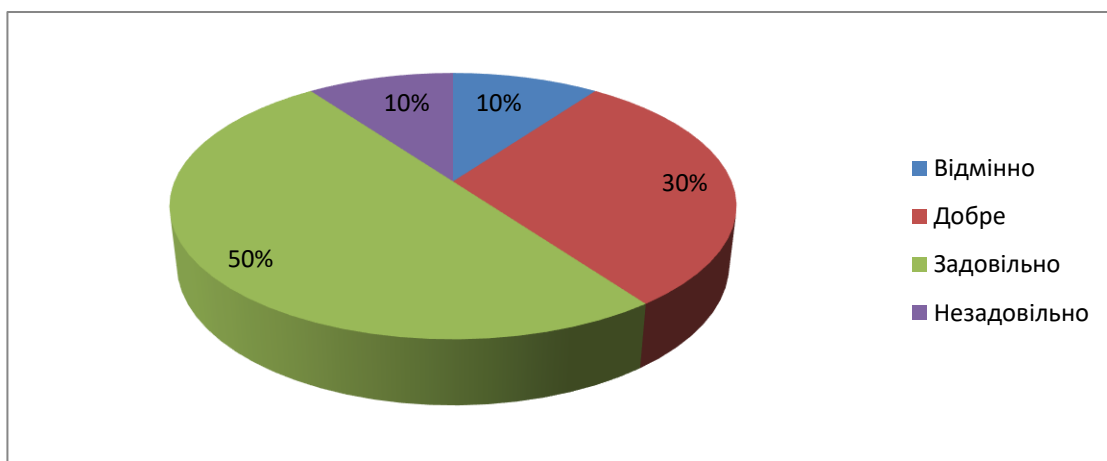


Рис. 2.1. Показники поточних знань із фізики учнів 7 класу

Результати дослідження вказали на потребу вдосконалення знань учнів сьомого класу з фізики, де ефективним підходом є застосування STEM-навчання.

Для оцінки результативності використання технології STEM-навчання на уроках та в позакласній роботі з фізики в сьомому класі було проведено повторне тестування. Максимальна кількість балів – 12.

Повторний контроль

Теоретичні питання (3 бали)

1. Що таке рух? У чому різниця між механічним рухом і спокоєм? (1 бал)
2. Що таке сила? Яка одиниця вимірювання сили в СІ? (1 бал)
3. Як вимірюють шлях? Назвіть прилад для вимірювання довжини. (1 бал)

Задачі (6 балів)

1. Потяг проїхав 300 км за 5 годин. Обчисліть середню швидкість потяга. (2 бали)
2. Яка сила тяжіння діє на тіло масою 8 кг? (Прискорення вільного падіння $g = 10 \text{ м/с}^2$). (2 бали)
3. Пішохід рухався зі швидкістю 2 м/с протягом 600 секунд. Який шлях він пройшов? (2 бали)

Практичне завдання (3 бали)

Виміряйте ширину вашої парти за допомогою лінійки. Запишіть результат у сантиметрах і переведіть його в метри. Опишіть, як ви проводили вимірювання.

За результатами повторного тестування зафіксовано значне покращення порівняно з початковими показниками. Так, 60% учнів отримали високі оцінки (10–12 балів), 30% – оцінки на рівні «добре» (7–9 балів), а 10% учасників дослідження отримали оцінку «задовільно» (4–6 балів).

Наочно показники учнів 7 класу після участі в STEM-навчанні на уроках фізики та в гуртковій роботі представлені на рис. 2.2.

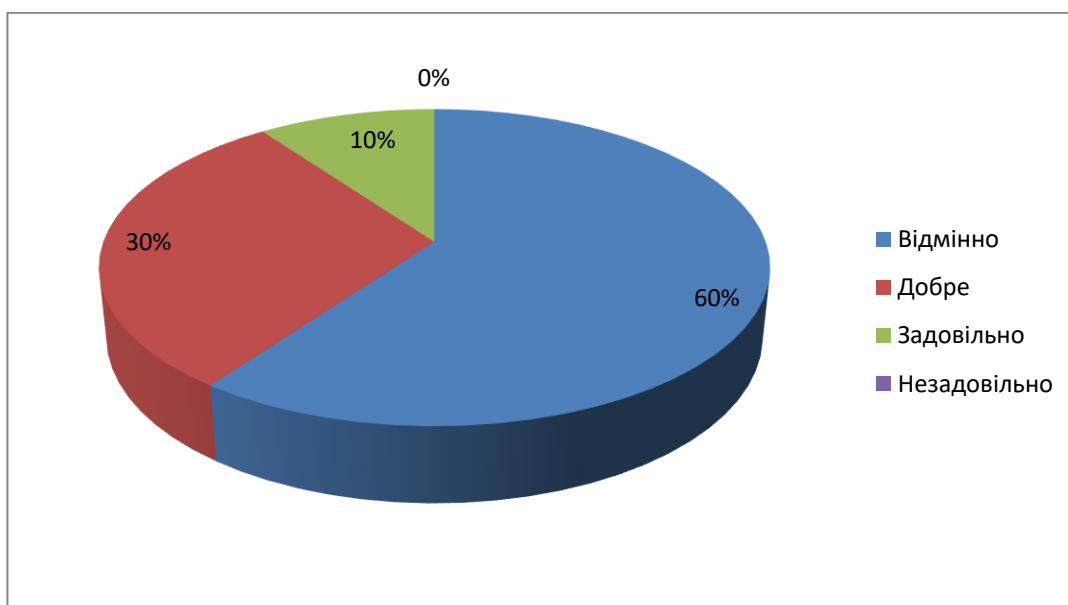


Рис. 2.2. Показники учнів 7 класу після участі в STEM-навчанні на уроках фізики та в гуртковій роботі

Отже, з огляду на отримані результати, можна впевнено стверджувати, що реалізація програми STEM-навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі стала необхідним кроком для зацікавлення семикласників навчальним матеріалом. Обрані форми роботи справили позитивний вплив на активне залучення учнів сьомого класу до процесу навчання, підвищення їхньої мотивації та ефективності засвоєння знань. Таким чином, програма STEM-навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі стала важливим елементом системи освіти, що сприятиме формуванню свідомого ставлення учнів до цієї навчальної дисципліни.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Із метою впровадження технології STEM-навчання було розроблено програму роботи на уроках фізики для учнів 7 класів закладів загальної середньої освіти. Вона інтегрує теоретичні знання з практичними навичками, сприяючи розвитку ключових компетенцій учнів. Реалізація програми не вимагає значних ресурсів, але забезпечує високий рівень залучення учнів і глибоке розуміння фізичних явищ.

Розроблено програму гурткової роботи з робототехніки для учнів 7 класів ЗЗСО. Використання конструкторів, таких як LEGO Education, Mindstorms або Arduino, дозволяє учням 7 класу працювати з реальними технічними системами, що робить навчання цікавим і мотивуючим. Групова робота розвиває навички співпраці, а проєктна діяльність сприяє творчому підходу до вирішення проблем.

Аналіз вивчення результативності застосування STEM-освіти на уроках фізики та в позакласній роботі показало підвищення успішності учнів. З огляду на отримані результати, можна впевнено стверджувати, що реалізація програми STEM-навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі стала необхідним кроком для зацікавлення семикласників навчальним матеріалом. Обрані форми роботи справили позитивний вплив на активне залучення учнів сьомого класу до процесу навчання, підвищення їхньої мотивації та ефективності засвоєння знань.

ВИСНОВКИ

Аналіз педагогічної та методичної літератури щодо вивчення проблеми реалізації STEM навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі дозволяє сформулювати такі висновки:

1. Проаналізовано психолого-педагогічну, науково-методичну літературу, електронні ресурси з проблеми впровадження STEM-навчання у закладах загальної середньої освіти. Встановлено, що STEM-навчання – цілісна освітня парадигма, що відповідає потребам сучасного світу. Її сутність полягає в інтеграції науки, технологій, інженерії та математики з метою формування у учнів навичок, необхідних для вирішення складних проблем і створення інновацій.

2. Уточнено сутність і структуру поняття «STEM-навчання» в контексті шкільного курсу фізики та позакласної діяльності з робототехніки. STEM-навчання відкриває широкі можливості для трансформації гурткової роботи з фізики, роблячи її більш інтерактивною, практичною та актуальною. Інтеграція науки, технологій, інженерії та математики дозволяє учням не лише поглиблювати знання з фізики, а й розвивати навички, необхідні для сучасного світу. Напрямки застосування STEM-підходу, такі як робототехніка, альтернативна енергетика, моделювання та астрономія, сприяють формуванню цілісного світогляду та підготовці учнів до викликів майбутнього.

3. З'ясовано педагогічні умови та організаційні форми, що забезпечують ефективну реалізацію STEM-підходу на уроках фізики та в гуртковій роботі. Основними напрямками застосування STEM у фізиці є проєктно-орієнтоване навчання, використання цифрових технологій, дослідницька діяльність, міждисциплінарні проєкти та розвиток інноваційних компетенцій.

4. Розроблено програми, завдання для інтеграції STEM-компонентів у зміст навчання фізики та діяльність гуртка з робототехніки. Зокрема, розроблено методичні рекомендації для формування системи використання

STEM-навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі з робототехніки в ЗЗСО. Розроблена програма на основі STEM-навчання є ефективним інструментом для вивчення фізики в 7 класі. Вона інтегрує теоретичні знання з практичними навичками, сприяючи розвитку ключових компетенцій учнів.

Також було розроблено програму гурткової роботи з робототехніки для учнів 7 класів загальноосвітньої школи. Програма базується на принципах STEM-освіти, що передбачають інтеграцію науки, технологій, інженерії та математики через практичну діяльність. Кожне заняття поєднує теоретичні знання (наприклад, основи механіки чи програмування) з практичними навичками, що сприяє глибшому розумінню матеріалу. Використання конструкторів, таких як LEGO Education, Mindstorms або Arduino, дозволяє учням 7 класу працювати з реальними технічними системами, що робить навчання цікавим і мотивуючим.

5. Проаналізовано ефективність впровадження запропонованої методики в освітньому процесі ЗЗСО. З огляду на отримані результати, можна впевнено стверджувати, що реалізація програми STEM-навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі стала необхідним кроком для зацікавлення семикласників навчальним матеріалом. Обрані форми роботи справили позитивний вплив на активне залучення учнів сьомого класу до процесу навчання, підвищення їхньої мотивації та ефективності засвоєння знань. Таким чином, програма STEM-навчання на уроках фізики та в гуртковій роботі стала важливим елементом системи освіти, що сприятиме формуванню свідомого ставлення учнів до цієї навчальної дисципліни;

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрієвська В. М., Білоусова Л. І. Концепція BYOD як інструмент реалізації STEAM-освіти. *Фізико-математична освіта* : науковий журнал. 2017. Випуск 4 (14). С. 13–17.
2. Бабійчук С. STEM-освіта у США: проблеми та перспективи. *Педагогічний часопис Волині*. 2018, №1 (8). С. 12–17.
3. Балик Н.Р., Шмигер Г.П. Підходи та особливості сучасної STEM-освіти. *Фізико-математична освіта*. 2017. Випуск 2(12). С. 26-30.
4. Бар'яхтар В. Г., Божинова Ф. Я., Довгий С. О., Кірюхін М. М. Фізика : підручник для 7 класу закладів загальної середньої освіти. Харків : Ранок, 2024. 272 с
5. Ботузова Ю.В. Динамічні моделі Geogebra на уроках математики як основа STEM-підходу. *Фізико-математична освіта*. 2018. Випуск 3(17). С. 31-35.
6. Гончарова Н. О. Професійна компетентність вчителя у системі навчання STEM. *Наукові записки Малої академії наук України*. 2015. № 7. С. 141-147.
7. Гончарова Н. О. Понятійно-категоріальний апарат з проблеми дослідження аспектів STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України*. Сер. : Педагогічні науки : зб. наук. пр. Київ : Ін-т обдарованої дитини НАПН України, 2017. Вип. 10. С. 104–114.
8. Донець Н. В., Донець І. П., Трифонова О. М. Формування складових елементів STEM-компетентності учнів під час вивчення фізики засобами цифрових технологій. *Наукові записки*. Серія: Проблеми природничо-математичної, технологічної та професійної освіти. 2023. № 2. С. 20–25.
9. Дрокіна А. STEM-освіта як ефективний напрям реалізації ключових положень концепції нової української школи. *Освіта. Інноватика. Практика*. 2024. Вип. 12(3). С. 20–25.

10. Дрокіна А. С. Використання технологій доповненої реальності як ефективного засобу реалізації STEM-освіти майбутніми вчителями початкової школи. *Академічні візії*. 2023. Вип. 25. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/687>
11. 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. 106 с.
12. Іванюк Т. STEM як освітній ресурс XXI століття. *STEM-освіта та шляхи її впровадження в навчально-виховний процес*. Тернопіль, 2017. С. 14–18.
13. Кириленко С., Кіян О. Проблема підготовки вчителя у системі STEM-освіти: розвиток та формування його професійної компетентності. *STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку* : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, 9–10 листопада 2017 р., м. Київ. Київ : ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», 2017. С. 56-60.
14. Колток Л., Іваник Н. Упровадження STEM-освіти в освітній процес Нової української школи. *Актуальні питання гуманітарних наук: міжвузівський збірник наукових праць молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка*. Том 3. Вип. 27. С. 133-136.
15. Кузьменко О. Сутність та напрямки STEM-освіти. *Наукові записки*, вип. 9, Сер. «Проблеми методики фіз.- мат. і технол. освіти. Час. КДПУ, 2017. С. 188–190.
16. Морзе Н. В., Нанаєва Т., Омельченко Н. О. STEM в освіті : навч. посіб. Київ, ACCORD GROUP. 2018. 116 с.
17. Ночевчук М. Впровадження елементів STEM-освіти у навчання математики та фізики. URL: <https://vseosvita.ua/library/statta-na-temu-vprovadzenna-elementiv-stem-osviti-u-navcanna-matematiki-ta-fiziki-84380.html>.

18. Олійник В.В., Самойленко О.М., Бацуровська І.В., Доценко Н. А. STEM-освіта в системі підготовки майбутніх інженерів. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2020. Том 80. № 6. С. 127–139.
19. Патрикєєва О. О. Актуальність запровадження STEM-навчання в Україні. *Інформаційний збірник для директорів школи та завідуючого дитячим садочком*. 2016. №1(22) С. 14-21.
20. Пікалова В. Реалізація STEAM-освіти в проєктній діяльності майбутнього вчителя математики. *Електронне наукове фахове видання «Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету»*. 2020. Вип. 9, С 95–103.
21. Подлєсний С. В., Тарасов О. Ф. Актуальність використання STEM-STEAM-STREAM-технологій в сфері інженерно-технічної освіти для сталого розвитку економіки України. *Вісник ВПІ*, 2019. Вип. 2. С. 123–131.
22. Проєктна робота в початковій школі. Методичний посібник із фасилітації проєктної роботи з учнями 1-4 класів. Запоріжжя: СТАТУС, 2023. 212 с.
23. Стандрет Г. Н., Федчишин О.М. Впровадження STEM-освіти у Новій Українській Школі. *Зб. тез XV міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи»*. Тернопіль 10 квітня 2025. С. 268-272.
24. Стандрет Г. Н., Федчишин О.М. Модель «Перевернутий клас» у вивченні фізики: переваги та практика впровадження. *Зб. матеріалів VII міжнародної науково-практичної конференції «Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук в контексті вимог Нової Української школи»*. Тернопіль 22-23 травня 2025. С.209-211
25. Стрижак О.Є., Сліпухіна І.А., Полісун Н.І., Чернецький І.С. STEM-освіта: основні дефініції. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2017. Том 62. №6. С. 16–33.

26. Тишковець М. STEM-завдання у підручниках для Нової української школи. *Проблеми сучасного підручника: навчально-методичне забезпечення освітнього процесу в умовах воєнного часу та повоєнного відновлення* : збірник тез доповідей / [ред. кол.; голов. ред. – О. Топузов]. Київ : Педагогічна думка, 2023. С. 76-78.

27. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів: метод. рекомендації / Н. І. Поліхун та ін. Київ : Ін-т обдарованої дитини НАПН України, 2019. 80 с.

28. Швардак М. В. STEM-освіта засобами цифрових технологій. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи*: зб. наук. пр. М-во освіти і науки України, Укр. держ. ун-т імені Михайла Драгоманова. Вип. 92. Том 1. Київ : Видавничий дім «Гельветика», 2023. С. 160–164.

29. Ягенська Г. В. З досвіду організації дослідницької діяльності учнів основної школи. *Інноваційні технології в природничій освіті* : зб. наук.-метод. пр. Луцьк : ВППО, 2011. С. 332–344.

30. Ягенська Г. В. Робота з обдарованими учнями. *Біологічні турніри*. Х. : Основа, 2005. Вип. 6. С. 106-110.

31. Ягенська Г. В. Розвиток творчих здібностей учнів на уроках та в позаурочній роботі з біології. *Секрети творчості* : наук.-метод. зб. Луцьк : ПВД «Твердиня», 2010. С. 146–152.

32. Ягенська Г. В. Співпраця вчителя та учнів в процесі науково-дослідницької роботи з біології. *Біологія і хімія в школі*. 2004. № 6. С. 10–13.

33. Ягенська Г. В. Створення креативного поля діяльності на уроках біології. *Відкритий урок. Біологія*. К. : Плеяди. 2003. № 7–8. С. 89–99.

34. Ягенська Г.В.Формування дослідницьких умінь учнів 7-9 класів на уроках та в позакласній роботі з біології. Луцьк. 2011. 105 с.

35. Ягенська Г.В., Степанюк А.В. Формування дослідницьких умінь школярів у галузі природничих наук (друга половина ХХ – початок ХХІ століття): монографія. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2021. 282 с.

36. Brownell S. E., Freeman S., Wenderoth M. P. BioCore Guide: A Tool for Interpreting the Core Concepts of Vision and Change for Biology Majors. *CBE—Life Sciences Education*. 2014. Vol. 13(2). P. 200–211.
37. Brumfit G.J. and Johnson K. The communicative approach to language teaching. Oxford University Press, 2008. 242 p.
38. Campbell C., Nehm, R. H. Evaluating assessment quality in genomics and bioinformatics education research. *CBE-Life Sciences Education*, 2013. Vol. 12 (3). P. 530–541.
39. Coley J. D., Tanner K. D. Common Origins of Diverse Misconceptions: Cognitive Principles and the Development of Biology Thinking. *CBE—Life Sciences Education*. 2012. Vol. 11(3). P. 209–215.
40. Dobzhansky T. Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution. *The American Biology Teacher*. 2003. Vol. 35. No. 3. P. 125–129.
41. Freidenreich H. B., Duncan R. G., Shea N. Exploring middle school students' understanding of three conceptual models in genetics. *International Journal of Science Education*. 2011. Vol. 33 (17). P. 2323–2349.
42. Garvin-Doxas K., Klymkowsky M. W. Understanding randomness and its impact on student learning: Lessons from the biology concept inventory (BCI). *CBE Life Science Education*. 2008. Vol. 7. P. 227–233.
43. Goldberg R. F., Thompson-Schill S. L. Developmental “roots” in mature biological knowledge. *Psychological Science*. 2009. Vol. 20 (4). P. 480–487.
44. Johnson K., Morrow K. Communication in the Classroom. London: Longman Group, 2002. 140 p.
45. Imenda S. Is there a conceptual difference between theoretical and conceptual frameworks? *Journal of Social Science*. 2014. Vol. 2 (38). P. 185–195.
46. Inagaki K., Hatano G. Constrained person analogy in young children's biological inference. *Cognitive Development*. 1991. Vol. 6. P. 219–231.
47. Littlewood W. Communicative language teaching. Cambridge University Press, 2010. 168 p.

48. Oxford R.L. Language Learning Strategies. Boston: Heinle and Heinle Publishers, 1990. 343 p.
49. Qin J.R., Fu G.S. STEM Education: Interdisciplinary Education Based on Real Problem Scenarios. *China Educational Technology*, 2017. Vol. 4. pp. 67-74.
50. Semenikhina O., Yurchenko K., Shamonia V., Khvorostina Y., Yurchenko A. STEM-Education and Features of its Implementation in Ukraine and the World. *Paper presented at the 2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2022 – Proceedings*, 2022. Pp. 690-695.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Плани-конспекти уроків фізики за програмою STEM-навчання

Урок 3. Фізичні закони та інженерне проєктування

Мета уроку: застосувати знання про сили (сила тяжіння, сила реакції опори, розподіл навантаження) для створення стійкої конструкції мосту, здатного витримати вагу 500 г; розвинути інженерні навички, критичне мислення, вміння працювати в команді та аналізувати результати; формувати інтерес до інженерії, відповідальність за командну роботу та повагу до думок інших.

Тривалість: 45 хвилин

Тип уроку: урок із використанням технології STEM-навчання

Методи: проєктний (створення моделі мосту), дискусійний (обговорення результатів тестування), демонстраційний (показ прикладів мостів і тестування).

Обладнання: картон, дерев'яні бруски, клей, скотч, ножиці, лінійки; вантаж (500 г, наприклад, набір гирьок або пакет із піском); мультимедійний проєктор або дошка для демонстрації зображень мостів; аркуші для ескізів, олівці; таймер для контролю часу.

Хід уроку

1. Організаційний момент (2 хвилини)

Привітання, перевірка готовності до уроку.

Оголошення теми та мети уроку: «Сьогодні ми станемо інженерами й побудуємо мости, які витримують навантаження. Використаємо знання про сили, щоб зробити конструкцію стійкою».

2. Актуалізація опорних знань (5 хвилин)

Фронтальне опитування:

Що таке сила? Назвіть приклади сил, які діють на конструкції мостів (сила тяжіння, сила реакції опори, сила стискання/розтягнення).

Які чинники впливають на стійкість конструкції?

Демонстрація (за допомогою проєктора або малюнків на дошці): Показати приклади реальних мостів (арочний, балковий, підвісний).

Пояснити, як форма мосту впливає на розподіл сил (наприклад, арка розподіляє вагу до опор).

Питання до учнів: «Які особливості конструкції роблять міст міцним?»

3. Мотивація та постановка задачі (3 хвилини)

Проблемна ситуація:

Уявіть, що ви інженери, яким доручили спроектувати міст для невеликого вантажу (500 г). Ваш міст має бути міцним і стійким.

Завдання: у групах спроектувати та побудувати модель мосту з картону та дерев'яних брусків, який витримає вагу 500 г.

Умови: розмір мосту: довжина – 30 см, ширина – 10 см.

Матеріали: картон, дерев'яні бруски, клей, скотч.

Час на проєктування та будівництво: 20 хвилин.

4. Основна частина. Робота в групах (20 хвилин)

Проектування (5 хвилин)

Учні об'єднуються в групи по 3–4 особи.

Кожна група отримує аркуш для ескізу та матеріали.

Завдання: намалювати ескіз мосту, враховуючи розподіл сил (наприклад, використання трикутних конструкцій для міцності).

Учитель консультує, нагадуючи про принципи стійкості (трикутники міцніші за прямокутники, рівномірний розподіл ваги).

Будівництво (15 хвилин)

Групи будують мости за ескізами, використовуючи надані матеріали.

Учитель стежить за часом, підказує, як уникнути типових помилок (наприклад, слабкі з'єднання, нерівномірна основа).

Заохочення до співпраці: кожен член групи має виконувати свою роль (конструктор, будівельник, контролер якості).

5. Тестування конструкцій (8 хвилин)

Кожна група презентує свій міст (1 хвилина на групу):

Назва мосту.

Коротке пояснення, як конструкція розподіляє сили.

Тестування: на міст ставиться вантаж 500 г. Учитель фіксує, чи витримала конструкція.

Якщо міст руйнується, група коротко аналізує причину (наприклад, слабке кріплення, неправильна форма).

6. Обговорення та аналіз результатів (5 хвилин)

Дискусія:

Які конструкції виявилися найміцнішими? Чому?

Які помилки були допущені в менш стійких мостах?

Як можна покращити конструкцію?

Учитель узагальнює: пояснює, як форма (арки, трикутники) та міцні з'єднання впливають на стійкість.

7. Підсумок уроку (2 хвилини)

Рефлексія:

Що нового ви дізналися про сили та їхній вплив на конструкції?

Які навички ви розвинули під час роботи?

Учитель наголошує: «Ви навчилися застосовувати знання про сили на практиці, створюючи стійкі конструкції, як справжні інженери».

8. Домашнє завдання (2 хвилини)

Дослідити один тип мосту (арочний, балковий або підвісний) і підготувати коротке повідомлення (3–5 речень) про те, як у ньому розподіляються сили.

Для охочих: намалювати ескіз вдосконаленого мосту з урахуванням помилок, виявлених на уроці.

Урок 4. Тиск і його застосування

Мета уроку: сформувані уявлення про тиск, його залежність від сили та площі, ознайомити учнів із практичним застосуванням тиску в гідравлічних системах; розвинути навички експериментальної роботи, аналізу даних, критичного мислення та командної роботи через STEM-підхід; сприяти розвитку інтересу до фізики, відповідальності за результати групової роботи та розуміння важливості науки в повсякденному житті.

Тривалість: 45 хвилин

Тип уроку: комбінований (STEM-підхід, поєднання теоретичного пояснення, експерименту та проєктної діяльності)

Методи та прийоми: пояснювально-ілюстративний (вступна бесіда, демонстрація); експериментальний (вимірювання тиску за допомогою манометра та шприца); проєктний (створення моделі гідравлічного преса); дискусійний (обговорення результатів); STEM-підхід (інтеграція науки, технологій, інженерії та математики).

Обладнання: манометр (1 на групу); шприци різного об'єму (5 мл, 10 мл, 20 мл – по 2–3 на групу); пластикові трубки (для з'єднання шприців); вода (або кольорова рідина для наочності); пластикові стаканчики, гумові пробки; аркуші для запису результатів експерименту; комп'ютер/планшет із програмою для побудови графіків (за наявності); презентація або плакати з формулою тиску ($p = F/S$) та схемами гідравлічного преса; невеликі вантажі (наприклад, книжки, пластикові блоки).

Хід уроку

1. Організаційний момент (2–3 хв.)

Привітання та перевірка готовності: Учитель вітає учнів, перевіряє наявність матеріалів, налаштовує на активну роботу.

Оголошення теми та мети: учитель формулює тему уроку: «Тиск і його застосування».

Питання до учнів: «Чи чули ви, як працює домкрат чи гальмівна система автомобіля? Сьогодні ми дізнаємося, як це пов'язано з тиском!»

2. Актуалізація опорних знань (5 хв.)

Бесіда:

Що таке сила? Як вона вимірюється? (Нагадати одиницю – Ньютон).

Що таке площа? Як її вимірюють? (Одиниці – м^2 , см^2).

Чи відчували ви тиск, наприклад, коли наступали на сніг у взутті чи лижах?

Демонстрація: учитель показує приклад із двома однаковими вантажами, розміщеними на різних площах (наприклад, на піску чи пластиліні), щоб показати різницю у слідах. Питання: «Чому вантаж на меншій площі залишає глибший слід?»

Висновок: учитель вводить поняття тиску та формулу: $p = F/S$ (тиск = сила / площа).

3. Теоретична частина (5–7 хв.)

Пояснення поняття тиску:

Тиск – це фізична величина, що характеризує силу, яка діє перпендикулярно на одиницю площі.

Одиниця тиску – Паскаль (Па): $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$.

Залежність тиску: при більшій силі тиск зростає, при більшій площі – зменшується.

Практичне значення: учитель коротко пояснює, як тиск використовується в гідравлічних системах (домкрати, преси, гальма автомобілів).

Презентація: на слайдах або плакаті демонструється схема гідравлічного преса та пояснюється принцип його роботи (передача тиску в рідині).

4. Експериментальна діяльність (15–18 хв.)

Вимірювання тиску (8–10 хв.)

Організація: учні об'єднуються в групи по 3–4 особи. Кожна група отримує манометр, шприц (10 мл.), воду та аркуш для запису даних.

Завдання:

Наповнити шприц водою (до певного об'єму, наприклад, 5 мл.).

Під'єднати шприц до манометра через трубку.

Натиснути на поршень шприца з різною силою (слабо, середньо, сильно) і зафіксувати покази манометра.

Змінити об'єм шприца (наприклад, 3 мл., 5 мл.) і повторити вимірювання.

Запис даних: учні заносять результати в таблицю:

Сила (якісна оцінка)	Об'єм (площа)	Тиск (Па)
Слабо	5 мл.	
Сильно	5 мл.	
Слабо	3 мл.	

Обговорення: учитель допомагає групам проаналізувати, як зміна сили та площі впливає на тиск.

Створення моделі гідравлічного преса (7–8 хв.)

Організація: Кожна група отримує два шприци різного об'єму (наприклад, 5 мл. і 20 мл.), трубку та воду.

Завдання:

З'єднати два шприци трубкою, наповненою водою.

Натиснути на поршень меншого шприца та спостерігати рух поршня більшого шприца.

Спробувати підняти невеликий вантаж (наприклад, книжку) за допомогою більшого шприца.

Питання для аналізу:

Чому менший шприц легше натискати, але більший піднімає вантаж?

Як це пов'язано з тиском і площею?

5. Аналіз результатів і узагальнення (7–8 хв.)

Обговорення в групах:

Кожна група презентує свої результати експерименту та модель преса (коротко, 1–2 хв. на групу).

Висновки:

Тиск залежить від сили (прямо пропорційно) та площі (обернено пропорційно).

Гідравлічні системи використовують принцип передачі тиску в рідині для підсилення сили.

Графічний аналіз (за наявності часу): учні будують графік залежності тиску від сили або площі (на папері чи в програмі).

6. Закріплення та рефлексія (5 хв.)

Фронтальне опитування:

Яка формула тиску?

Як можна збільшити тиск, не змінюючи силу?

Де в житті використовуються гідравлічні системи?

Рефлексія:

Що нового ви дізналися про тиск?

Який етап уроку був найцікавішим?

Чи складно було створювати модель преса?

Оцінювання: учитель оцінює активність груп, якість експерименту та правильність висновків.

7. Домашнє завдання (2 хв.)

Базовий рівень: вивчити формулу тиску, записати 2–3 приклади використання тиску в побуті.

Творче завдання (за бажанням): дослідити принцип роботи домкрата чи гальмівної системи автомобіля та підготувати коротку презентацію (3–5 слайдів).

STEM-завдання: спроектувати вдома просту модель гідравлічної системи з підручних матеріалів (наприклад, шприців або пластикових пляшок) і описати її роботу.

Урок 5. Презентація проєктів і підсумки

Мета уроку: узагальнити та систематизувати знання учнів з теми, сприяти розумінню фізичних принципів через презентацію проєктів (мости, гідравлічні преси); розвивати навички аналізу, синтезу, комунікації, критичного мислення та роботи в команді; формувати відповідальність, уміння презентувати результати роботи та повагу до думок інших.

Тривалість: 45 хвилин

Тип уроку: узагальнення та систематизація знань, презентація проєктів.

Методи навчання: проєктний, дискусійний, демонстраційний.

Обладнання: проєкти учнів (моделі мостів, гідравлічних пресів); мультимедійний проєктор, комп'ютер (для презентацій, якщо використовуються); оціночні листи для вчителя та учнів; дошка, маркери, картки із запитаннями для дискусії; інструменти для демонстрації (якщо потрібно перевірити роботу моделей).

Хід уроку

1. Організаційний етап (3 хвилини)

Мета: налаштувати учнів на роботу, чітко окреслити мету та завдання уроку.

Привітання та перевірка присутніх. Оголошення теми та мети уроку:

Учитель: «Сьогодні ми завершуємо роботу над вашими STEM-проєктами. Ви презентуєте свої моделі мостів і гідравлічних пресів, поясните фізичні принципи, які вони демонструють, та отримаєте зворотний зв'язок. Наша мета – узагальнити знання та оцінити ваші досягнення».

Ознайомлення з планом уроку та критеріями оцінювання:

Презентація проєкту (змістовність, чіткість, використання фізичних термінів).

Демонстрація моделі (її функціональність).

Участь у дискусії (аргументація, відповіді на запитання).

2. Актуалізація опорних знань (5 хвилин)

Мета: актуалізувати знання учнів з теми, підготувати до презентацій.

Метод: фронтальна бесіда з елементами інтерактиву.

Учитель ставить запитання для повторення ключових понять:

Які фізичні принципи лежать в основі роботи мостів? (Сила тяжіння, розподіл навантаження, момент сил).

Як працює гідравлічний прес? (Закон Паскаля, передача тиску в рідинах).

Чому важливо враховувати міцність матеріалів у конструкціях?

Учні відповідають, учитель уточнює та доповнює.

Міні-завдання (STEM-елемент): учитель демонструє коротке відео або фото реального мосту/гідравлічного преса (1 хвилина) і просить учнів назвати фізичні принципи, які вони бачать у дії.

3. Основна частина. Презентація проєктів (25 хвилин)

Мета: презентація та аналіз учнівських проєктів, демонстрація знань і навичок.

Форма роботи: групова/індивідуальна презентація, демонстрація моделей.

Організація: учні по черзі (або в групах) презентують свої моделі (3-4 хвилини на групу). Кожен проєкт включає:

Опис моделі. Що створено, які матеріали використано.

Фізичні принципи. Пояснення, які закони чи явища лежать в основі роботи моделі (наприклад, для мостів – розподіл сил, для пресів – закон Паскаля).

Демонстрація роботи. Учні показують, як працює модель (наприклад, навантаження на міст або підйом вантажу пресом).

Після кожної презентації:

Однокласники ставлять 1-2 запитання (наприклад, «Як ти обирав матеріали для мосту?» або «Що станеться, якщо рідина в пресі замінити на іншу?»).

Учитель коментує, уточнює фізичні аспекти, оцінює за критеріями.

STEM-елементи:

Science (Наука): Учні пояснюють фізичні закони, які застосовуються в їхніх моделях.

Technology (Технології): Використання інструментів, матеріалів, іноді програм для створення моделей.

Engineering (Інженерія): Конструювання моделей з урахуванням міцності та функціональності.

Mathematics (Математика): Розрахунки для мостів (наприклад, розподіл навантаження) або пресів (співвідношення площ поршнів).

Роль учителя:

Модерує презентації, слідкує за часом.

Задає уточнюючі запитання, якщо учні недостатньо розкрили фізичні принципи.

Записує оцінки в оціночний лист.

4. Підсумкова дискусія (10 хвилин)

Мета: узагальнити знання, проаналізувати роботи, дати зворотний зв'язок.

Метод: дискусійний, рефлексія.

Учитель пропонує учням обговорити: Які труднощі виникли під час створення проєктів?

Які фізичні принципи виявилися найцікавішими?

Як можна покращити моделі?

Інтерактивний елемент (STEM): учитель роздає картки із задачами. Наприклад, «Запропонуйте, як змінити конструкцію мосту, щоб він витримував більше навантаження» або «Як змінити гідравлічний прес, щоб він підіймав важчий вантаж?». Учні в парах обговорюють (2 хвилини) і діляться ідеями.

Учитель підсумовує: хвалить учнів за креативність і розуміння фізичних принципів; наголошує на важливості STEM-підходу (поєднання науки, технологій, інженерії та математики); дає загальний зворотний зв'язок щодо проєктів.

5. Підбиття підсумків і рефлексія (2 хвилини)

Мета: закріпити результати уроку, оцінити досягнення.

Учитель запитує:

Що нового ви дізналися, працюючи над проєктами?

Які навички ви розвинули?

Рефлексія (STEM-елемент): учні заповнюють коротку анкету (на картках або усно):

Що мені найбільше сподобалося в проєкті?

Що я зробив би інакше?

Учитель оголошує оцінки за презентації та активність, дякує за роботу.

6. Домашнє завдання (1 хвилина)

Базовий рівень: написати коротке есе (5-7 речень) на тему «Як фізичні принципи допомагають у створенні сучасних технологій».

Поглиблений рівень (за бажанням): запропонувати ідею нового STEM-проєкту (наприклад, модель іншого механізму) та описати, які фізичні принципи будуть використані.

Плани-конспекти занять гуртка за програмою STEM-навчання

Заняття 2. Основи програмування роботів

Мета заняття: ознайомити учнів із базовими принципами програмування мікроконтролерів, навчити створювати та тестувати просту програму для керування рухом робота (вперед і назад) з використанням блочного програмування (на прикладі LEGO Mindstorms).

Тривалість заняття: 60 хвилин

Методи навчання: інтерактивна демонстрація, практична робота, дослідницький метод (експерименти з командами програмування), обговорення та рефлексія.

Обладнання та матеріали: конструктор LEGO Education, комп'ютери/планшети з встановленим програмним забезпеченням LEGO Mindstorms EV3 (або аналогічним, наприклад, Scratch, MakeCode), роботи LEGO Mindstorms EV3 (або аналогічні набори), проектор/екран для демонстрації, робочі аркуші з інструкціями та завданнями, дошка/фліпчарт для нотаток.

Перебіг заняття

1. Організаційний момент (5 хвилин)

Мета: налаштувати учнів на заняття, перевірити готовність обладнання.

Діяльність: Привітання, перевірка присутності. Коротке пояснення правил роботи з роботами та програмним забезпеченням.

Розподіл учнів на пари/групи (2-3 особи на один набір робота).

STEM-елемент: Встановлення командного духу, акцент на співпраці (S – Science, T – Teamwork).

2. Вступна частина: Мотивація та актуалізація знань (10 хвилин)

Мета: ознайомити учнів із темою, викликати інтерес до програмування.

Діяльність: інтерактивна демонстрація: викладач показує на екрані приклад робота, який рухається вперед і назад за допомогою програми.

Питання до учнів:

Чи бачили ви, як роботи виконують завдання?

Як ви думаєте, що потрібно, щоб робот рухався?

Що таке програма?

Коротке пояснення: Програмування – це спосіб "сказати" роботу, що робити.

Введення понять: мікроконтролер, команди, блочне програмування.

Демонстрація інтерфейсу LEGO Mindstorms EV3 (або іншого ПЗ): огляд основних блоків (рух, зупинка, поворот).

STEM-елемент: Введення понять програмування (T – Technology) через реальний приклад роботи робота (E – Engineering).

3. Основна частина: Практична робота (35 хвилин)

Мета: навчити учнів створювати програму для руху робота вперед і назад, експериментувати з командами.

Етап 1: Ознайомлення з інтерфейсом програмування (10 хвилин)

Діяльність: викладач демонструє основні елементи інтерфейсу LEGO Mindstorms:

Як створювати нову програму.

Блоки для руху (наприклад, "Move Steering" для керування двигунами).

Налаштування параметрів (швидкість, напрямок, час руху).

Учні відкривають програмне забезпечення на комп'ютерах і повторюють дії за викладачем.

STEM-елемент: Ознайомлення з технологією програмування (T – Technology).

Етап 2: Створення програми (15 хвилин)

Діяльність: створити програму, щоб робот рухався вперед 3 секунди, зупинявся на 1 секунду, а потім рухався назад.

Учні в парах/групах створюють програму, використовуючи блоки "Move Steering" або аналогічні. Налаштування параметрів: швидкість (наприклад, 50%), тривалість руху (3 секунди вперед, 1 секунда пауза, 3 секунди назад).

Викладач роздає робочі аркуші з покроковою інструкцією для створення програми. Учні експериментують із параметрами (змінюють швидкість або час руху) для дослідження впливу змін на поведінку робота.

STEM-елемент: Практичне застосування знань (E – Engineering) через створення та тестування програми, розвиток аналітичного мислення (M – Mathematics) при виборі параметрів (швидкість, час).

Етап 3: Тестування програми (10 хвилин)

Діяльність: учні завантажують створену програму на робота через USB-кабель або Bluetooth. Тестування програми на підготовленій "трасі" (наприклад, розмічена поверхня на столі).

Учні спостерігають за рухом робота, фіксують, чи відповідає його поведінка очікуванням. Якщо програма працює неправильно, учні аналізують помилки (наприклад, неправильний час або швидкість) і вносять зміни.

STEM-елемент: дослідницький метод (S – Science) через аналіз результатів і коригування програми.

4. Заключна частина: Обговорення та рефлексія (10 хвилин)

Мета: підбити підсумки, оцінити досягнення учнів, закріпити знання.

Діяльність: обговорення в групі:

Що було найскладнішим у створенні програми?

Які зміни в параметрах найбільше вплинули на рух робота?

Як можна вдосконалити програму (наприклад, додати повороти чи сенсори)?

Викладач підкреслює важливість експериментування та аналізу результатів.

Завдання на саморефлексію: учні записують у робочих аркушах, що вони дізналися і що хотіли б спробувати на наступному занятті.

STEM-елемент: Рефлексія сприяє розвитку критичного мислення та наукового підходу (S – Science).

5. Домашнє завдання (2 хвилини)

Мета: закріпити знання та підготуватися до наступного заняття.

Завдання: дослідити в Інтернеті один приклад використання роботів у реальному житті (наприклад, у промисловості чи медицині) і підготувати короткий опис (2-3 речення). Продумати ідею для наступної програми (наприклад, рух по колу або зупинка перед перешкодою).

STEM-елемент: Пошук інформації розвиває дослідницькі навички (S – Science).

Заняття 3. Використання датчиків і умовних операторів

Мета заняття: ознайомити учнів із принципами роботи датчиків (ультразвукових або інфрачервоних) та їх програмуванням для створення автономного робота, який зупиняється перед перешкодою, використовуючи технологію STEM-навчання.

Тривалість: 90 хвилин

Методи: проблемно-пошуковий метод, практична робота в групах, аналіз результатів експериментів, дискусія.

Обладнання та матеріали: набори для робототехніки (LEGO Education, LEGO Mindstorms, Arduino або Micro: bit із датчиками); ультразвукові або інфрачервоні датчики; комп'ютери з програмним забезпеченням для програмування (наприклад, Arduino IDE, Scratch, або EV3-G); робочі аркуші з інструкціями та завданнями; тестовий майданчик із перешкодами (коробки, стіни тощо); проектор або дошка для демонстрації.

Перебіг заняття

1. Організаційний момент (5 хвилин)

Мета: налаштувати учнів на роботу, перевірити готовність обладнання.

Привітання, перевірка присутності. Коротке пояснення мети заняття: «Сьогодні ми навчимося використовувати датчики, щоб наш робот міг “бачити” перешкоди та зупинитися перед ними».

Перевірка наявності обладнання та розподіл учнів на групи (3–4 особи в групі).

2. Вступна частина (10 хвилин)

Мета: ознайомити учнів із датчиками та умовними операторами в контексті STEM.

Міні-лекція з демонстрацією (5 хвилин):

Пояснення, що таке датчики (ультразвукові/інфрачервоні): як вони працюють, які дані збирають (наприклад, відстань до об'єкта).

Приклади використання датчиків у реальному житті (автомобілі з парктроником, роботи-пилососи).

Введення поняття умовних операторів (if-then-else) як способу прийняття рішень роботом.

Демонстрація на проекторі: приклад простої програми з умовним оператором (наприклад, «якщо відстань < 10 см, зупинити роботу»).

Проблемне питання (5 хвилин):

Запитання до учнів: «Як змусити робота зупинитися перед стіною, не торкаючись її?»

Обговорення в групах: учні висловлюють ідеї, як датчик і програма можуть допомогти.

Зв'язок із STEM:

Science: Принципи роботи ультразвуку чи інфрачервоного випромінювання.

Technology: Використання датчиків і програмного забезпечення.

Engineering: Конструювання робота з датчиком.

Mathematics: Вимірювання відстані, використання умовних операторів.

3. Основна частина. Практична робота (60 хвилин)

Мета: закріпити знання через практичне програмування та тестування робота.

Ознайомлення з обладнанням (10 хвилин)

Кожна група отримує набір для робототехніки та датчик (ультразвуковий або інфрачервоний). Учні під керівництвом учителя під'єднують датчик до робота (згідно з інструкцією). Перевірка правильності підключення та базового функціонування датчика (наприклад, виведення даних про відстань на екран).

Створення програми (20 хвилин)

Завдання: написати програму, яка: зчитує дані з датчика (відстань до перешкоди); використовує умовний оператор: якщо відстань менша за певне значення (наприклад, 10 см), робот зупиняється; інакше – рухається вперед.

Учитель надає шаблон коду (наприклад, у Scratch або Arduino IDE) із коментарями для спрощення роботи. Учні в групах створюють і тестують програму на комп'ютері.

STEM-підхід: учні застосовують математичні розрахунки (порівняння відстані) і технічні навички (програмування).

Тестування та експерименти (20 хвилин)

Учні завантажують програму на робота.

Тестування на майданчику з перешкодами: робот має рухатися вперед і зупинитися перед перешкодою.

Проблемно-пошуковий метод: якщо робот працює неправильно (наприклад, зупиняється занадто рано чи пізно), учні аналізують проблему та змінюють код (наприклад, змінюють порогове значення відстані).

Кожна група записує результати тестування: чи зупинився робот, на якій відстані, чи були помилки.

Аналіз результатів (10 хвилин)

Групи презентують свої результати: демонструють роботу робота та пояснюють, як вони досягли успіху чи які проблеми виникли.

Обговорення: «Чому одні роботи зупинялися краще, ніж інші? Як можна покращити програму?»

4. Заключна частина (10 хвилин)

Мета: підбити підсумки, закріпити знання, оцінити роботу учнів.

Рефлексія (5 хвилин):

Запитання до учнів:

Що нового ви дізналися про датчики?

Які труднощі виникли під час програмування?

Як можна використати ці знання в інших проєктах?

Учні відповідають усно або записують короткі відповіді в робочих аркушах.

Зв'язок із реальним світом:

Учитель пояснює, як датчики та умовні оператори використовуються в автономних автомобілях, дронах тощо.

Домашнє завдання:

Дослідити, які ще типи датчиків використовуються в робототехніці (наприклад, датчики світла, звуку).

Запропонувати ідею для наступного заняття: як можна використати датчики для іншого завдання (наприклад, слідкування за лінією).

5. Резервний час (5 хвилин)

Використовується для відповідей на додаткові запитання учнів або повторного тестування вдосконалених програм.

Заняття 4. Математика в робототехніці

Мета заняття: сформувати в учнів уміння застосовувати математичні розрахунки для оптимізації роботи робота через інтеграцію STEM-підходу.

Тривалість: 90 хвилин

Методи та підходи: STEM-підхід: інтеграція математики, програмування, інженерії та аналізу даних; метод моделювання: створення моделей руху робота; групова робота: виконання завдань у командах; аналіз даних: обробка результатів експериментів.

Обладнання та матеріали: робототехнічні набори (LEGO Education, LEGO Mindstorms EV3, Arduino або аналоги); датчики (ультразвукові, інфрачервоні для вимірювання відстані); комп'ютери/планшети з програмним забезпеченням для програмування роботів (наприклад, EV3-G, Arduino IDE, Scratch); лабіринт (готовий або виготовлений із підручних матеріалів); роздаткові матеріали: таблиці для запису даних, формули, інструкції; дошка/проектор для пояснень.

Перебіг заняття

1. Організаційний етап (5 хвилин)

Мета: налаштувати учнів на роботу, пояснити цілі заняття. Привітання, перевірка присутності.

Оголошення теми та мети заняття: «Сьогодні ми дізнаємося, як математика допомагає роботам рухатися ефективно, і запрограмуємо робота для проходження лабіринту».

Короткий вступ до STEM: пояснення, як математика, програмування та інженерія поєднуються в робототехніці.

Коротка дискусія: «Як ви думаєте, де в робототехніці потрібна математика?» (Відповіді: розрахунок швидкості, відстані, кутів повороту тощо).

2. Мотиваційний етап (10 хвилин)

Мета: показати практичну цінність математичних розрахунків у робототехніці.

Демонстрація короткого відео чи слайдів із прикладами реальних роботів (наприклад, роботизовані автомобілі, складські роботи), де використовуються математичні обчислення.

Проблемне питання: «Як робот може пройти лабіринт, не наштовхуючись на стіни, і як швидко він це зробить?»

Введення ключових понять: швидкість, відстань, траєкторія, датчики.

Інтерактивна гра: учні в парах обчислюють, скільки часу потрібно, щоб пройти 1 метр зі швидкістю 0,2 м/с (формула: $t = s/v$). Відповідь: 5 секунд.

3. Теоретична частина (20 хвилин)

Мета: ознайомити учнів із математичними основами для роботи робота.

Зміст: Розрахунок швидкості руху робота: Формула: $v=s/t$ (швидкість = відстань / час).

Приклад: Якщо робот проходить 50 см за 2 секунди, яка його швидкість? ($v=0,5/2=0,25$ м/с).

Пояснення: Як швидкість впливає на точність руху в лабіринті.

Обчислення відстані за допомогою датчиків:

Пояснення роботи ультразвукового датчика: вимірювання відстані за часом повернення сигналу.

Формула: $s=v_{\text{звуку}} \cdot t/2$, де $v_{\text{звуку}} \approx 343$ м/с.

Приклад: Якщо сигнал повертається за 0,01 с, яка відстань до стіни? ($s=343 \cdot 0,01/2=1,715$ м).

Оптимізація траєкторії:

Пояснення: траєкторія – це шлях робота, який можна оптимізувати, зменшивши кількість поворотів або відстань.

Використання кутів повороту: наприклад, поворот на 90° для прямокутного лабіринту.

Введення понять: «алгоритм», «оптимізація», «ефективність».

Методи: презентація на дошці/проекторі з формулами та прикладами.

Інтерактивне завдання: учні в зошитах розв'язують 1–2 задачі на швидкість і відстань.

4. Практична частина (45 хвилин)

Мета: застосувати математичні розрахунки для програмування робота.

Формат: групова робота (3–4 учні в групі).

Завдання: запрограмувати робота для проходження лабіринту з використанням датчиків і математичних розрахунків.

Етапи виконання:

Підготовка (10 хвилин): Ознайомлення з лабіринтом (наприклад, прямокутний із 3–4 поворотами).

Розподіл ролей у групі: програміст, інженер (налаштування робота), аналітик (розрахунки), тестувальник.

Обговорення стратегії: як використовувати датчики для визначення відстані до стін, як розрахувати швидкість і кути повороту.

Програмування (20 хвилин):

Учні пишуть код для робота (наприклад, у Scratch або EV3-G): Використання ультразвукового датчика для зупинки перед стіною (наприклад, якщо відстань < 10 см).

Налаштування швидкості руху (наприклад, 0,2 м/с).

Програмування поворотів на 90° для проходження лабіринту.

Приклад псевдокоду:

Якщо відстань до стіни < 10 см, зупинитись.

Повернути на 90° праворуч.

Рухатись зі швидкістю 0,2 м/с, доки відстань > 10 см.

Тестування та аналіз (15 хвилин):

Кожна група тестує робота в лабіринті.

Учні записують час проходження та кількість помилок (наприклад, зіткнення зі стінами).

Аналіз даних: порівняння результатів груп, обговорення, як зміна швидкості чи кутів повороту вплинула на результат.

Методи: групова робота: учні співпрацюють для досягнення спільної мети; метод моделювання: створення алгоритму руху як моделі реального завдання; аналіз даних: порівняння результатів тестування.

5. Підсумковий етап (10 хвилин)

Мета: підвести підсумки, оцінити досягнення учнів, закріпити знання.

Обговорення результатів:

Які труднощі виникли під час програмування?

Як математика допомогла оптимізувати рух робота?

Які ідеї для покращення траєкторії чи швидкості?

Рефлексія: учні відповідають на питання: «Що нового я дізнався про математику в робототехніці?»

6. Домашнє завдання (2 хвилини)

Розрахувати, скільки часу потрібно роботу, щоб пройти 2 метри зі швидкістю 0,3 м/с.

Запропонувати ідею для наступного лабіринту (наприклад, додати повороти на 45° або перешкоди).

Заняття 5. Підсумковий проєкт

Мета заняття: закріпити отримані знання та навички з робототехніки через створення власного проєкту; розвинути навички командної роботи, критичного мислення та презентації; сформувані розуміння принципів STEM (наука, технології, інженерія, математика) через практичне застосування.

Тривалість: 90 хвилин

Методи: метод проєктів, групова дискусія, презентація результатів, технологія: STEM-навчання (інтеграція науки, технологій, інженерії та математики).

Обладнання та матеріали: конструктори робототехніки (LEGO Education, LEGO Mindstorms, Arduino, micro:bit або аналоги), комп'ютери/планшети з програмним забезпеченням для програмування роботів, набори датчиків (ультразвукові, інфрачервоні, кольорові тощо), матеріали для створення прототипів (картон, пластик, клей, інструменти), проєктор або дошка для презентацій, аркуші для нотаток, маркери, фліпчарт.

Перебіг заняття

1. Організаційний етап (5 хвилин)

Мета: налаштувати учнів на заняття, пояснити мету та структуру роботи.

Привітання та вступне слово (2 хвилини):

Вчитель вітає учнів, нагадує про попередні заняття та вводить тему підсумкового проєкту.

Приклад: «Сьогодні ми завершимо наш курс із робототехніки, створивши власний проєкт. Ви об'єднаєте всі знання: від конструювання до програмування, і презентуєте результат!»

Оголошення мети та очікуваних результатів (2 хвилини):

Вчитель пояснює, що учні працюватимуть у групах над створенням прототипу робота (наприклад, для сортування об'єктів або автономного транспорту) і презентуватимуть його.

Організація груп (1 хвилина):

Учні діляться на групи по 3–4 особи (за бажанням або за розподілом учителя).

2. Мотиваційний етап (10 хвилин)

Мета: стимулювати інтерес учнів до проєктної діяльності, пояснити зв'язок із реальним світом.

Міні-дискусія (5 хвилин):

Вчитель ставить запитання:

«Як роботи можуть допомогти в сортуванні сміття чи логістиці?»

«Які приклади автономних транспортних засобів ви знаєте?»

Учні висловлюють ідеї, вчитель підводить до розуміння практичного застосування робототехніки (STEM-підхід).

Демонстрація прикладу (5 хвилин):

Вчитель показує коротке відео або приклад готового робота (наприклад, робот-сортувальник на основі LEGO Mindstorms або Arduino).

Питання для обговорення:

Які датчики використовуються в такому проєкті?

Які принципи програмування застосовуються?

3. Основна частина: Робота над проєктом (60 хвилин)

Мета: створити функціональний прототип робота в групах, застосовуючи знання з робототехніки та STEM.

Планування проєкту (15 хвилин)

Завдання для груп:

Кожна група обирає тип проєкту (наприклад, робот для сортування об'єктів за кольором/формою або автономний транспорт, що уникає перешкод).

Обговорення ідеї (5 хвилин):

Група визначає, що саме робитиме їхній робот, і записує основну мету.

Приклад: «Наш робот сортуватиме кубики за кольором, використовуючи датчик кольору».

Розподіл ролей (3 хвилини):

Учні в групі розподіляють обов'язки:

Конструктор (розробка фізичної моделі).

Програміст (написання коду).

Дизайнер/тестер (створення зовнішнього вигляду, тестування).

Презентатор (підготовка презентації).

Складання плану (7 хвилин):

Група створює ескіз конструкції та алгоритм роботи робота (на аркуші або в зошиті).

Питання для самоконтролю:

Які датчики потрібні?

Які мотори використаємо?

Який алгоритм руху чи сортування?

Конструювання та програмування (30 хвилин)

Конструювання (15 хвилин):

Учні будують фізичну модель робота, використовуючи набори (LEGO, Arduino тощо). Вчитель консультує, допомагає з вибором компонентів.

Приклад: Для сортувальника – конвеєрна стрічка або маніпулятор, для транспорту – шасі з колесами та ультразвуковим датчиком.

Програмування (15 хвилин)

Учні пишуть код для керування роботом (наприклад, у Scratch, Arduino IDE або LEGO Mindstorms EV3).

Приклад: Для сортувальника: код, що зчитує колір об'єкта та активує маніпулятор.

Для транспорту: код для уникнення перешкод за допомогою ультразвукового датчика.

Вчитель перевіряє прогрес, допомагає з налагодженням.

Тестування та доопрацювання (15 хвилин)

Групи тестують свої прототипи, виявляють недоліки. Учні вносять корективи в конструкцію або код (наприклад, змінюють швидкість моторів, уточнюють алгоритм).

Вчитель ставить питання:

Чи виконує робот поставлену задачу?

Що можна покращити?

4. Презентація проєктів (10 хвилин)

Мета: презентувати результати роботи, пояснити принципи роботи робота.

Кожна група (по 2–3 хвилини) демонструє свій прототип і пояснює мету проєкту, використані компоненти (датчики, мотори), алгоритм роботи та код, проблеми, які виникли, і як їх вирішили. Вчитель та інші учні ставлять запитання, дають зворотний зв'язок.

5. Підсумковий етап (5 хвилин)

Мета: підбити підсумки, оцінити досягнення, мотивувати до подальшого навчання.

Рефлексія (3 хвилини):

Вчитель ставить питання:

Що було найцікавішим у створенні проєкту?

Які навички ви розвинули?

Як можна використати ці знання в реальному житті?

Оцінювання (1 хвилина):

Вчитель оцінює проєкти за критеріями:

Функціональність прототипу.

Якість презентації.

Командна робота.

Завершення (1 хвилина):

Вчитель дякує учням, мотивує продовжувати вивчати робототехніку та STEM.

План реалізації STEM-проєкту «Виготовлення термометра»

Актуальність проєкту. Термометр – це незамінний прилад, який використовується не лише вдома, але і у школі на уроках фізики, географії, природознавства, хімії. Для того щоб краще зрозуміти принципи та причини функціонування стандартного термометра, потрібно власноруч його виготовити. Після виготовлення для звірки показників беруть звичайний термометр виготовлений на заводі (бажано 2-3 для контролю).

Стислий опис: Учні отримують завдання виготовити власноруч термометр для класу, щоб знімати показники та заносити до щоденника спостережень. Вчитель пропонує дізнатися про виготовлення цього приладу в історичному аспекті. Крім того, заздалегідь спланувати екскурсію до метеорологічної станції для ознайомлення з метеорологічними приладами і зокрема термометрами (для зняття показників температури води, ґрунту, повітря). Після цього учасники проєкту здійснюють розрахунки вартості витратних матеріалів для майбутнього термометра.

Очікувані результати проєкту. Сконструйований термометр для школи(класу) на основі всіх необхідних розрахунків

Назва проєкту	Виготовлення термометра	
Автор проєкту	Стандрет Галина Несторівна	
Тип проєкту	Міжпредметний, дослідницький, середньотривалий, груповий.	
Складові STEM-проєкту	Зміст діяльності учнів	
<i>S (науки)</i>	Фізика – (вивчають вплив температури на різні речовини), хімія (досліджують вплив температури на різні рідини), математика (виконують розрахунки вартості матеріалів)	
<i>T (технології)</i>	Інформатика – шукають інформацію в Інтернеті способи виготовлення термометра своїми руками та складають покрокову інструкцію. Здійснюють обчислення вартості термометра з допомогою табличного процесора.	
<i>R (читання+письмо)</i>	Українська література, зарубіжна література, Українська мова – читають твори вітчизняних та зарубіжних письменників, в яких описані кліматичні явища, пов'язані з температурними режимами та знаходять підтвердження важливості зняття температурних показників. Українська мова – створюють інформаційний допис про проєкт до шкільної газети або шкільного веб-сайту	
<i>E (інжиніринг)</i>	Трудове навчання - визначають необхідні матеріали та виготовляють термометр	
<i>A (мистецтво)</i>	Мистецтво (розробляють ескізи майбутнього вимірювального приладу)	
<i>M (математика)</i>	Здійснюють розрахунки вартості витратних матеріалів для майбутнього термометра, виконують креслення та розраховують розміри	
Складові STEM-проєкту	Предмет, клас, навчальна тема (розділ)	Навчальні цілі
<i>S (науки)</i>	Фізика, 9 клас. Теплові явища.	• На прикладі сконструйованого

	Теплоємність та теплопровідність	термометра зможуть пояснити як різні матеріали, колір, без прорізів та з прорізами укриття можуть впливати на зняття показників • На основі досліджень проведених за допомогою мобільного додатка Google учні зможуть пояснити та застосувати закони про властивості речовини
Т (технології)	Інформатика, 5 клас. Мережеві технології та Інтернет	• Учні навчаються шукати, завантажувати та зберігати дані, отримані із Всесвітньої мережі, які стосуються конструювання термометра своїми руками. Учні навчаються критично оцінювати відомості, отримані з мережі Інтернет які стосуються конструювання термометра своїми руками
	Інформатика, 9 клас. опрацювання табличних даних	Учні навчаються добирати і застосовувати доцільні функції або засоби табличного процесора для здійснення розрахунків вартості термометра
	Інформатика, 8 клас. опрацювання текстових даних	• Учні умітимуть створювати буклети про дотримання правил профілактики порушення зору та попередження захворювання органів зору, дотримуючись при цьому вимог до стильового оформлення й структурування текстового документа
	Інформатика, 6 клас. Комп'ютерні презентації	• Учні навчаться створювати презентації з гіперпосиланням та ефектами зміни слайдів, що пояснюватимуть процеси нагрівання та охолодження повітря та речовин
Р (читання+письмо)	Українська література, 6, 7 клас	Учні розповідатимуть про твори Т.Г.Шевченка, в яких

		є підтвердження про властивості різних матеріалів відносно поглинання та відбивання променів світла.
	Українська мова, 6 клас Тема «Іменник» Тема «Числівник»	- Учні навчаються складати інформаційний допис до шкільної газети або шкільного веб-сайту (дошки оголошень) про захист проєкту з використанням іменників – власних назв (імен і прізвищ однокласників, географічних назв тощо). - Учні уміють створювати інструкцію скла дання термометра для школи (будинку) з використанням іменників конкретних (корпус, меніск) та абстрактних(допомога, підказка) - Учні навчаюся створювати інформаційні дописи типу оголошення про хід проєкту з використанням числівників на позначення дат і часу для розміщення в соцмережі.
Е (інжиніринг)	Трудове навчання, 5-9 класи. Розділ І. Основи проєктування, матеріалознавства	Учні навчаються визначати необхідні матеріали та виготовляти термометр
А (мистецтво)	Образотворче мистецтво, 5 клас	Учні вмітимуть аналізувати живописні творчі роботи із зображенням теплових явищ («Макове поле», «Поля весною» , «Бульвар Капуцинок» Моне, «Тане сніг в Естаке П. Сезана.
М (математика)	5 клас. Тема2 Дробові числа і дії з ними. 6 клас. тема 2. Звичайні дроби 8 клас. Тема 1. Раціональні вирази	Учні навчаються порівнювати, додавати, віднімати, округлювати десяткові дроби для розрахунку вартості витратних матеріалів для термометра

		Учні навчаються розраховувати розміри термометра, використовуючи уміння скорочувати дробі; зводити дробі до спільного знаменника; знаходити суму, різницю, добуток, частку дробів.
Проектні ризики	Заходи, спрямовані на зменшення їх негативного впливу	
В школі відсутній інтернет-зв'язок	Запропонувати виконувати завдання з пошуку інформації в себе вдома або на своїх мобільних пристроях	
Теми, розгляд яких передбачено проектом вивчаються в різних класах та в різні періоди навчального року	Запропонувати учням працювати в групах. Якщо це можливо, переставити окремі теми, аби їх вивчення в межах проекту відбувалося паралельно.	
Відсутній час на виконання проекту	Скористатися додатковими годинами, передбаченими навчальними програмами на роботу над проектами; запропонувати вихованцям здійснювати роботу над проектом на засіданнях гуртка «Людина і довкілля»	
В учнів відсутня мотивація до роботи над проектом	Завчасно продумати, які призи отримають діти по завершенню роботи над проектом (книги, канцтовари тощо) в різних номінаціях: найкращий буклет, краща презентація тощо. Важливо: всі учні отримують призи	
Обладнання, необхідне для реалізації проекту		
Для презентації результатів роботи над проектом	Комп'ютер, проектор, екран(дошка), принтер (для друку інструкцій,запрошень)	
Для виготовлення ескізів майбутнього термометра	Папір, олівці тощо.	
Для виготовлення креслення майбутнього приладу	Папір, олівці, лінійка, транспортир	
Для конструювання термометра	Лід, вода, пластикові пляшки, пластикова трубочка, ніж пластилін, харчові барвники, годинник, метрична лінійка, фломастери, картон.	
Для аналізу художніх творів	Репродукції картин	
Програмне забезпечення, необхідне для реалізації проекту		
Для пошуку інформації в інтернеті	Комп'ютер + браузер, планшет+браузер, смартфон +браузер	
Для вивчення (перевірки) законів теплоємності та теплопровідності	Смартфон та мобільний додаток НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ, дослідження теплоємності та теплопровідності	
Для створення презентацій	Комп'ютер + програма для створення презентацій. Альтернатива – он – лайнові редактори	
Для написання інструкцій	Комп'ютер + програма для роботи з текстом, або смартфон. Альтернатива – он – лайн редактори	
Для створення буклетів	Комп'ютер + програма для створення буклетів (наприклад MS Publisher) або смартфон +WPSOffice.	

Для здійснення розрахунків	Комп'ютер + програма для роботи з електронними таблицями.
Для планування роботи над проєктом	Google Keep, Google Calendar, Evernote тощо
Веб-ресурси, необхідні для реалізації проєкту	
Для створення проєкту	Google-сайти, Blogger тощо.
Для планування роботи над проєктом	Google Calendar тощо.
Діяльність після виконання проєкту	
Виготовити термометр для дитячого садочку. Запропонувати учням згенерувати ідеї для втілення інших проєктів	