



” Гольський В., Столярчук І., Лешко Р., Даньків О., Паньків Л., Угрин Ю., Британ В., Кузик О. Навчання фізики через практику: STEM-інтеграція на прикладі проектування систем для вирощування рослин. *Освіта. Інноватика. Практика*, 2025. Том 13, № 2. С. 7-14. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i2-001>.

Holskyi V., Stoliarchuk I., Leshko R., Dan'kiv O., Pan'kiv L., Uhryn Yu., Brytan V., Kuzyk O. Navchannia fizyky cherez praktyku: STEM-intehratsiia na prykladi proiektuvannia system dlia vyroshchuvannia roslin [Teaching physics through practice: STEM integration on the example of plant growing system design]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 2025. Vol. 13, No 2. S. 7-14. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i2-001>.

УДК 37.09

DOI: 10.31110/2616-650X-vol13i2-001

**Віталій ГОЛЬСЬКИЙ<sup>1</sup>, Ігор СТОЛЯРЧУК<sup>2</sup>, Роман ЛЕШКО<sup>3</sup>, Олеся ДАНЬКІВ<sup>4</sup>, Людмила ПАНЬКІВ<sup>5</sup>, Юрій УГРИН<sup>6</sup>, Віктор БРИТАН<sup>7</sup>, Олег КУЗИК<sup>8</sup>**  
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна

<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0003-7282-8050>, [hol.wit@dspu.edu.ua](mailto:hol.wit@dspu.edu.ua)

<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7549-2335>, [i.stolyarchuk@dspu.edu.ua](mailto:i.stolyarchuk@dspu.edu.ua)

<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9072-164X>, [leshkoroman@dspu.edu.ua](mailto:leshkoroman@dspu.edu.ua)

<sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2154-8396>, [dankivolesya@dspu.edu.ua](mailto:dankivolesya@dspu.edu.ua)

<sup>5</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6900-3336>, [lyuda\\_pankiv@dspu.edu.ua](mailto:lyuda_pankiv@dspu.edu.ua)

<sup>6</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8198-6462>, [yuriyuhryn@dspu.edu.ua](mailto:yuriyuhryn@dspu.edu.ua)

<sup>7</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4535-6129>, [vbrytan@dspu.edu.ua](mailto:vbrytan@dspu.edu.ua)

<sup>8</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8474-444X>, [olehkuzyk@dspu.edu.ua](mailto:olehkuzyk@dspu.edu.ua)

### НАВЧАННЯ ФІЗИКИ ЧЕРЕЗ ПРАКТИКУ: STEM-ІНТЕГРАЦІЯ НА ПРИКЛАДІ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН

**Анотація.** У статті розглядається інтеграція STEM-освіти в освітній процес фізики через реалізацію практичних проєктів, таких як проектування систем для вирощування рослин. Автори акцентують увагу на тому, що традиційні методи викладання фізики часто обмежуються теоретичним підходом, який не сприяє розвитку практичних навичок і міждисциплінарного мислення. Відсутність зв'язку між теорією та реальним життям знижує інтерес учнів до фізики, що обмежує їхню здатність адаптуватися до викликів сучасного світу. У цьому контексті впровадження STEM-підходу допомагає поєднати фізику з іншими науками, такими як біологія, хімія та інженерія, і забезпечує практичне застосування фізичних знань. На прикладі проєкту створення боксу для розсади демонструється, як вивчення фізичних явищ (теплових, світлових, газових, механічних) сприяє розумінню учнями основних фізичних законів і формуванню навичок аналізу, моделювання та конструювання. Учні основної школи зосереджуються на базових поняттях і простих експериментах, тоді як у старшій школі акцент робиться на складніших аспектах, таких як хвильова природа світла, теплообмін, електрика та програмування. Використання цифрових технологій, зокрема датчиків і мікроконтролерів, дозволяє учням збирати, аналізувати та систематизувати дані. Проєктне навчання стимулює розвиток критичного мислення, творчості, командної роботи та екологічної грамотності. Завдяки інтеграції STEM-методів учні здобувають навички, необхідні для розв'язання глобальних проблем, таких як енергоефективність і сталий розвиток. Автори підкреслюють, що такі проєкти дозволяють гармонійно поєднувати теоретичні знання з практичними завданнями, мотивуючи учнів до навчання та готуючи їх до інноваційної діяльності. Стаття є важливим внеском у розвиток STEM-освіти, демонструючи її потенціал для модернізації освітнього процесу з фізики та формування ключових компетенцій учнів.

**Ключові слова:** STEM-освіта; навчання фізики; проєктне навчання; системи для вирощування рослин; міждисциплінарний підхід; інтеграція технологій.

**Vitalij HOLSKYI<sup>1</sup>, Ihor STOLYARCHUK<sup>2</sup>, Roman LESHKO<sup>3</sup>, Olesya DAN'KIV<sup>4</sup>, Lyudmyla PAN'KIV<sup>5</sup>, Yuriy UHRYN<sup>6</sup>, Viktor BRYTAN<sup>7</sup>, Oleh KUZYK<sup>8</sup>**

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ukraine

<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0003-7282-8050>, [hol.wit@dspu.edu.ua](mailto:hol.wit@dspu.edu.ua)

<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7549-2335>, [i.stolyarchuk@dspu.edu.ua](mailto:i.stolyarchuk@dspu.edu.ua)

<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9072-164X>, [leshkoroman@dspu.edu.ua](mailto:leshkoroman@dspu.edu.ua)

<sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2154-8396>, [dankivolesya@dspu.edu.ua](mailto:dankivolesya@dspu.edu.ua)

<sup>5</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6900-3336>, [lyuda\\_pankiv@dspu.edu.ua](mailto:lyuda_pankiv@dspu.edu.ua)

<sup>6</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8198-6462>, [yuriyuhryn@dspu.edu.ua](mailto:yuriyuhryn@dspu.edu.ua)

<sup>7</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4535-6129>, [vbrytan@dspu.edu.ua](mailto:vbrytan@dspu.edu.ua)

<sup>8</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8474-444X>, [olehkuzyk@dspu.edu.ua](mailto:olehkuzyk@dspu.edu.ua)

### TEACHING PHYSICS THROUGH PRACTICE: STEM INTEGRATION ON THE EXAMPLE OF PLANT GROWING SYSTEM DESIGN

**Abstract.** The article examines the integration of STEM education into the physics learning process by implementing practical projects, such as the design of plant growing systems. The authors emphasize that traditional methods of teaching physics are often limited to a theoretical approach that does not contribute to the development of practical skills and interdisciplinary thinking. The lack of connection between theory and real-life reduces students' interest in physics, which limits their ability to adapt to the challenges of the modern world. In this context, implementing the STEM approach helps connect physics with other sciences, such as biology, chemistry, and engineering, and provides practical application of physical knowledge. The example of a seedling box project demonstrates how studying physical phenomena

*(thermal, light, gas, mechanical) contributes to students' understanding of basic physical laws and the formation of analysis, modeling, and design skills. Elementary school students focus on basic concepts and simple experiments, while high school focuses on more complex aspects, such as the wave nature of light, heat transfer, electricity, and programming. Digital technologies, including sensors and microcontrollers, allow students to collect, analyze, and systematize data. Project-based learning stimulates the development of critical thinking, creativity, teamwork, and environmental literacy. By integrating STEM methods, students acquire the skills necessary to solve global problems, such as energy efficiency and sustainable development. The authors emphasize that such projects allow for a harmonious combination of theoretical knowledge with practical tasks, motivating students to learn and preparing them for innovative activities. The article is an important contribution to the development of STEM education, demonstrating its potential for modernizing the teaching process in physics and forming students' key competencies.*

**Keywords:** STEM education; physics teaching; project-based learning; plant growing systems; interdisciplinary approach; technology integration.

**Постановка проблеми.** Фізика, як одна з фундаментальних наук, відіграє ключову роль у формуванні наукового світогляду та технічної грамотності. Однак, традиційні методи її викладання часто обмежуються теоретичним підходом, що не завжди сприяє розвитку практичних навичок і зацікавленості учнів. Це призводить до того, що багато школярів сприймають фізику як абстрактну дисципліну, далеку від реального життя. Такий підхід не враховує сучасних освітніх викликів, зокрема необхідності інтегрувати наукові знання з технологіями, інженерією та математикою (STEM), які стають дедалі важливішими в умовах швидкої технологічної еволюції [1-2].

Ще однією проблемою є недостатня увага до розв'язання практичних завдань, які дозволяють застосовувати знання з фізики у реальних умовах. Це ускладнює формування уявлення про те, як фізичні закони працюють у побуті, техніці чи природних явищах. Наприклад, багато учнів не мають змоги зрозуміти, як їхні знання можуть бути використані для вирішення актуальних екологічних чи технологічних проблем. Відсутність таких навичок знижує їхню конкурентоспроможність у майбутньому та обмежує їхню участь у сучасному інноваційному середовищі.

Особливо актуальним стає питання створення навчальних проєктів, які поєднують фізику з іншими дисциплінами через практичну діяльність [3-5]. Проєктування систем для вирощування рослин є чудовим прикладом такої інтеграції. Ця тема дозволяє не лише пояснити ключові фізичні поняття, але й продемонструвати їхню роль у розв'язанні реальних проблем, таких як енергоефективність, сталий розвиток чи екологічне землеробство. Такий підхід відкриває перед учнями нові горизонти для саморозвитку та майбутньої професійної діяльності.

**Аналіз актуальних досліджень і публікацій.** Закон України «Про освіту» визначає STEM-освіту як інноваційний підхід, що інтегрує наукові, технологічні, інженерні та математичні дисципліни для підвищення якості освітнього процесу. У ньому наголошено на розвитку ключових компетентностей учнів, таких як критичне мислення, творчість та вирішення проблем. Він також акцентує увагу на необхідності модернізації освітнього середовища, що включає створення сучасних лабораторій та інтерактивних навчальних матеріалів, які сприяють впровадженню STEM-технологій [6].

В свою чергу, «Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)» підкреслює, що STEM-орієнтоване навчання сприяє підготовці молоді до вимог ринку праці, особливо у галузях технологій, інженерії та цифровізації. Вона передбачає міжпредметну інтеграцію, завдяки якій фізика, математика, хімія та інші дисципліни стають частиною спільних проєктів, що мотивують учнів до навчання через практичну діяльність. Документ визначає пріоритети щодо підвищення кваліфікації вчителів у напрямі STEM-освіти, включаючи освоєння нових методик і технологій навчання. Важливим елементом є підтримка учнівських ініціатив та проєктів, які спрямовані на вирішення екологічних, технічних і соціальних проблем через STEM-методи [7]. Обидва документи наголошують, що STEM-освіта є стратегічним напрямом, який сприяє інноваційному розвитку України та формуванню її конкурентоспроможності на глобальному рівні.

Аналіз сучасних публікацій свідчить про зростаючий інтерес до інтеграції STEM-технологій у навчання фізики. Зокрема, вітчизняні дослідники активно розглядають методики, які сприяють розвитку інженерного мислення через використання практичних задач. У статті [8] акцентується увага на тому, що проєкти наближають учнів до практики, усуваючи розрив між теорією та реалізацією фізичних знань в життєвих ситуаціях. Автор наводить приклад реалізації проєкту «Картопля допомагає вивчати природничі науки», що значно покращує засвоєння матеріалу. В роботі [9] запропоновано модель уроку з фізики та хімії з використанням STEM-підходів. Також зроблено наголос на тому, що STEM-методики стимулюють творчість учнів і формують у них розуміння міждисциплінарних зв'язків.

У статті [10] досліджено питання створення теоретико-методичних основ для формування дослідницьких навичок учнів як засобу впровадження STEM-освіти. Проаналізовано основні напрямки інтеграції елементів STEM-освіти в навчальні програми, наукові ініціативи та дослідницьку діяльність. Розкрито потенціал проблемно-орієнтованого навчання для розвитку дослідницьких здібностей учнів на уроках фізики. Аргументовано доцільність застосування компонентів STEM-освіти в освітньому процесі з фізики. Окреслено педагогічні умови, необхідні для реалізації STEM-освіти через організацію експериментально-дослідницької діяльності учнів у рамках навчання фізики.

Ефективність STEM-технологій у навчанні фізики було предметом вивчення авторів роботи [11]. Вони порівнювали навички критичного мислення та вирішення проблем до та після навчання за допомогою освітнього плану із методикою STEM. Вибірка складала 37 учнів 10 класу. Результати показали, що учні, які навчається за планом навчання STEM, має оцінку навичок критичного мислення та вирішення проблем на пост-тесті вищі. А також, рівень задоволеності учнів навчанням був на високому рівні.

Навчання сьогодні має відповідати тенденціям епохи глобалізації, однією з яких є інтеграція науки, технологій, інженерії та математики (STEM). Модель проєктного навчання у поєднанні з підходом STEM є інноваційним кроком у навчанні, щоб надати учням можливість планувати освітній процес спільно та створювати певний продукт, який можна використовувати як навчальний ресурс. Кілька досліджень STEM-освіти зазвичай об'єднують підхід STEM з іншими підходами чи моделями навчання. Деякі приклади такої інтеграції включають навчання на основі STEM-проєктів [3-4]. Проєктне навчання є орієнтованою на учня моделлю навчання, яка сприяє розвитку різноманітних конкретних навичок у процесі створення автентичного прототипу, продукту чи артефакту [5]. Проєкт включає дослідницьку діяльність, яка залучає учнів до складних завдань, таких як проєктування, вирішення проблем і прийняття рішень [12-13]. Вони самостійно проєктують реальні та здійсненні продукти, а пізніше презентують свої дослідницькі досягнення.

Інтеграція технологій, проєктного навчання та міждисциплінарних зв'язків дозволяє не лише зацікавити учнів, але й підготувати їх до реальних викликів сучасного світу. Водночас для ефективного впровадження цих методик потрібні значні зусилля як з боку вчителів, так і з боку освітніх закладів. На сьогодні існує потреба в систематизації цих компетентностей та фізичних знань, що учні отримують при реалізації конкретного STEM-проєкту.

**Мета дослідження** полягає в демонстрації ефективності інтеграції STEM-освіти в освітній процес фізики через проєктну діяльність, зокрема на прикладі створення систем для вирощування рослин, з акцентом на розвиток практичних навичок, дослідницьких компетентностей і міждисциплінарного мислення учнів.

**Методи дослідження.** У роботі застосовано комплексний підхід, що включає аналіз літератури та нормативних документів для обґрунтування важливості STEM-освіти, педагогічне моделювання для розробки концептуальної основи проєкту, а також емпіричні методи для спостереження й аналізу результатів реалізації проєкту учнями. Використано порівняльний аналіз для оцінки ефективності традиційного викладання фізики та STEM-підходу, що дозволило виявити переваги інтеграції теоретичних знань із практичними завданнями.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** При розробці боксу для вирощування розсади враховується цілий комплекс фізичних явищ, які не лише забезпечують оптимальні умови для росту рослин, але й слугують практичною основою для вивчення учнями ключових тем фізики. Зокрема, світлові явища розкривають природу світла і способи його поширення. Учні вивчають такі явища, як відбиття світла від дзеркальних поверхонь, що забезпечує рівномірне освітлення всередині боксу. Використання LED-ламп допомагає зрозуміти принцип дії напівпровідників, а також спектральний склад світла, особливо червоного та синього спектрів, які мають максимальний вплив на фотосинтез. Розсіювання світла за допомогою дифузних матеріалів демонструє принципи розсіювання хвиль та уникнення різких тіней, що важливо для рівномірного освітлення рослин.

У боксі також важливу роль відіграють теплові явища, що дозволяють учням засвоїти закони теплопровідності, теплового випромінювання та конвекції. Наприклад, теплоізоляція стінок боксу демонструє принцип зменшення втрат тепла, а парниковий ефект допомагає зрозуміти, як прозорі матеріали пропускають світло, але утримують тепло. Учні також вивчають циркуляцію теплового повітря, що забезпечує рівномірне прогрівання розсади. Це знання застосовується при розрахунку ефективності вентиляційної системи та оптимізації температурного режиму.

Вологісні та газові явища дають змогу освоїти основи молекулярної фізики та термодинаміки. Наприклад, випаровування води й утворення конденсату на внутрішніх поверхнях боксу демонструють залежність процесів від температури та вологості. Учні можуть практично спостерігати дифузію водяної пари, яка забезпечує рівномірний розподіл вологи, а також дізнаються про механізми регуляції вологості через вентиляцію. Газообмін у рослинах і роль вуглекислого газу в процесах фотосинтезу наочно показують важливість організації циркуляції повітря, що також сприяє доступу кисню до кореневої системи рослин.

Окрім цього, учні досліджують механічні явища, пов'язані з міцністю конструкції та опором матеріалів. Наприклад, вони можуть аналізувати, як розподіляється навантаження на стінки й піддони боксу, та розраховувати, які матеріали краще витримують тривалі навантаження та вплив вологи. Електричні явища, такі як живлення LED-ламп і нагрівальних елементів, допомагають зрозуміти принцип роботи електричних кіл, особливості низьковольтних систем і взаємодію електромагнітного випромінювання зі світловими хвилями, які використовуються для фотосинтезу.

Вивчення всіх цих фізичних явищ через створення та експлуатацію боксу для розсади не лише сприяє засвоєнню теоретичних знань, але й формує в учнів практичні вміння, такі як моделювання фізичних процесів, аналіз ефективності використання енергії та екологічна грамотність. Такий підхід також розвиває критичне мислення, навички проведення експериментів і розуміння взаємозв'язку між теоретичною фізикою та реальними інженерними рішеннями.

Проект виготовлення боксу для розсади є унікальною можливістю для учнів розвивати ключові компетентності відповідно до концепції Нової української школи. Ця діяльність поєднує формування предметних знань із набуттям загальних умінь, що сприяють гармонійному розвитку особистості. Зокрема, учні розвивають загальнокультурну грамотність, усвідомлюючи значення сталого розвитку та екологічної відповідальності. Проект допомагає зрозуміти, як сучасні технології можуть бути корисними у сільському господарстві та побуті. Таке усвідомлення є важливим кроком у вихованні екологічно свідомих і соціально активних громадян. Учні починають бачити глобальну значущість своїх дій і технологій.

Робота над проектом розвиває математичну компетентність, зокрема вміння проводити розрахунки об'єму, площі, потужності освітлення та енергоспоживання. Учні вчаться інтерпретувати графіки, аналізуючи залежність освітленості чи вологості від часу. Це сприяє формуванню точності мислення та навичок обробки даних. Природничі компетентності також поглиблюються завдяки вивченню явищ теплообміну, випаровування і фотосинтезу. Проект допомагає побачити зв'язки між фізичними, біологічними та хімічними процесами, роблячи знання більш інтегрованими. Це особливо цінно для розуміння міждисциплінарних підходів у сучасній науці.

Виготовлення боксу стимулює розвиток інженерної та технічної компетентності, адже учні проєктують конструкцію, вибирають матеріали та використовують інструменти для вирішення практичних завдань. Вони вчаться розробляти й налаштовувати електричні схеми для освітлення чи автоматизації системи. Крім того, важливим є освоєння цифрових технологій, таких як датчики та мікроконтролери, що дозволяють збирати та аналізувати дані. Цей досвід розвиває інформаційно-цифрову грамотність, навчаючи учнів застосовувати сучасні технології в реальному житті. Використання онлайн-ресурсів для пошуку інформації про властивості матеріалів або рослин допомагає їм здобувати навички самостійного навчання.

Комунікативна та інноваційна компетентності також розвиваються під час роботи над проектом. Учні працюють у командах, навчаючись домовлятися, співпрацювати й ефективно розподіляти обов'язки. Вони презентують результати своєї роботи, пояснюючи принципи функціонування боксу, що вдосконалює їхні ораторські навички. Вирішення нестандартних задач, як-от оптимізація освітлення чи теплового режиму, стимулює творче мислення. Завдяки цьому учні розробляють інноваційні підходи для підвищення ефективності системи. Такі навички є надзвичайно важливими в умовах швидких змін сучасного світу.

Останній, але не менш важливий аспект проєкту – це екологічна грамотність і здатність навчатися протягом життя. Учні розуміють принципи сталого розвитку, такі як енергозбереження та мінімізація ресурсів. Вони формують практичні навички, що будуть корисними у повсякденному житті. Проект допомагає побачити, як теоретичні знання можна застосувати на практиці для вирішення глобальних проблем, таких як виробництво продуктів харчування. Участь у цій діяльності сприяє гармонійному поєднанню знань із фізики, технічної творчості та екологічної свідомості. Це допомагає учням стати компетентними й відповідальними членами суспільства, здатними впливати на його розвиток.

Проект створення боксу для рослин є універсальним інструментом для оцінювання першої групи результатів – здатності проводити дослідження з природи. Учні формують гіпотези щодо оптимальних умов для росту рослин, наприклад, щодо необхідного рівня освітлення або температури. Вони планують експерименти, вибирають відповідне обладнання (датчики вологості, термометри, лампи) і визначають послідовність дій. Під час проведення експериментів учні вимірюють параметри, будують графіки залежності освітленості чи вологості від часу, аналізують отримані результати. На основі обробки даних вони роблять висновки, підтверджуючи або спростовуючи гіпотези. Наприклад, аналізують, як зміна спектру світла впливає на ріст рослин, або як рівномірний розподіл тепла покращує їхній розвиток. Завдання з цієї групи результатів дозволяють оцінити практичні вміння учнів у плануванні й проведенні експериментів, а також їхню здатність до аналізу фізичних явищ.

Друга група результатів – пошук і опрацювання інформації – реалізується через самостійний збір даних та їх систематизацію. Учні досліджують інформацію про властивості матеріалів, принципи роботи світлодіодних ламп, фізичні основи фотосинтезу. Вони аналізують і систематизують знайдену інформацію у вигляді схем, таблиць або презентацій, пояснюючи її значення для ефективності боксу. Наприклад, школярі можуть створити інструкцію, яка описує вплив певних довжин хвиль світла на ріст рослин. Отримані знання застосовуються для розв'язання задач, таких як вибір оптимальних матеріалів для теплоізоляції чи розрахунок необхідної потужності ламп. Крім того, учні навчаються

користуватися цифровими ресурсами, включно з програмним забезпеченням для обробки даних. Завдання цієї групи розвивають навички критичного аналізу, систематизації та практичного застосування отриманих знань.

Третя група результатів – усвідомлення закономірностей природи – охоплює глибоке розуміння фізичних законів та їх застосування. Учні пояснюють, як фізичні явища, наприклад, теплообмін або відбиття світла, впливають на роботу боксу. Вони моделюють процеси, як-от розсіювання світла чи парниковий ефект, прогнозуючи результати експериментів. Це може включати пояснення, чому червоне та синє світло сприяють фотосинтезу, або як прозорий матеріал затримує тепло всередині боксу. Учні також розв'язують задачі, наприклад, обчислюють загальну теплову енергію, необхідну для підтримки заданої температури. Крім того, вони аналізують роботу конструкції з точки зору фізичних закономірностей і пропонують шляхи її оптимізації. Завдяки цьому завданням можна оцінити, як добре учні застосовують теоретичні знання для пояснення реальних фізичних процесів. Такий підхід робить навчання фізики більш інтегрованим і прикладним.

На рівні основної школи реалізація проекту виготовлення боксу для розсади дозволяє учням ознайомитися з базовими фізичними явищами та процесами. Вони вивчають основи світлових явищ, зокрема розуміють, як відбивається і розсіюється світло, що допомагає рівномірно освітлювати рослини. Учні знайомляться з поняттям спектра світла і досліджують, чому червоне та синє світло є важливими для фотосинтезу. У темі теплових явищ вони розглядають такі процеси, як теплообмін, конвекція й теплопровідність, та спостерігають, як тепло утримується завдяки ізоляційним матеріалам боксу. Діти опановують роботу з вимірювальними приладами, такими як термометри, й аналізують зміни температури через побудову простих графіків. Крім того, учні вивчають електричні явища, зокрема принцип роботи електричних кіл, підключення ламп і розрахунок їхньої потужності. Практичні завдання допомагають їм зрозуміти, як обирати матеріали для конструкції боксу й проводити прості розрахунки площі чи об'єму. Проект дозволяє поєднувати теорію з практикою, що допомагає засвоїти фізичні знання на базовому рівні.

У процесі проекту учні основної школи отримують базові практичні вміння, пов'язані з фізичними вимірюваннями та дослідженнями. Вони вчаться користуватися простими приладами, як-от термометри, амперметри та мультиметри, для вимірювання температури, сили струму та напруги. Учні засвоюють методи побудови графіків залежності освітленості або температури від часу й аналізують ці графіки для формулювання висновків. У ході роботи над боксом школярі вчаться обирати матеріали з урахуванням їхніх властивостей, наприклад, прозорості або теплопровідності. Вони також здобувають базові навички конструювання, включно зі створенням каркасу й установленням елементів освітлення. Просте моделювання фізичних процесів, як-от теплообміну або випаровування, допомагає їм зрозуміти вплив фізичних законів на функціонування системи. Завдяки роботі в командах учні розвивають комунікативні навички й здатність до співпраці. Усі ці вміння формують основу для подальшого вивчення фізики в старшій школі.

На рівні старшої школи учні поглиблюють розуміння фізичних явищ і засвоюють більш складні поняття. Вони вивчають хвильову природу світла, досліджують електромагнітний спектр та аналізують вплив різних довжин хвиль на ріст рослин. У темі теплових явищ старшокласники моделюють процеси теплообміну, парниковий ефект і оцінюють енергоефективність ізоляційних матеріалів. Вони виконують розрахунки теплових втрат і ефективності нагрівальних елементів, спираючись на закони теплопровідності. У розділі електрики учні досліджують роботу джерел струму, опір провідників і закон Ома, розраховуючи споживану потужність системи освітлення. Крім цього, вони аналізують механічні властивості конструкції, вивчаючи опір матеріалів і розподіл навантаження. Учні також використовують цифрові прилади, такі як датчики й мікроконтролери, для збору й аналізу даних про освітленість, температуру й вологість. Завдяки цьому старшокласники отримують комплексне уявлення про фізичні процеси й закономірності, які інтегруються в практичні завдання.

У старшій школі, при реалізації розглянутого проекту, учні вдосконалюють навички, набуті раніше, і опановують складніші технології. Вони проєктують освітлювальні та нагрівальні системи, розраховуючи їхню ефективність і витрати енергії. Старшокласники працюють із цифровими пристроями, такими як датчики температури, освітленості й вологості, збираючи точні дані для аналізу. Вони створюють математичні моделі, що допомагають прогнозувати поведінку системи, наприклад, зміну температури залежно від часу роботи ламп. Крім того, учні аналізують механічні характеристики конструкції, розраховуючи рівномірність розподілу навантаження та стійкість боксу. Вони використовують програмне забезпечення для обробки даних, вивчаючи взаємозв'язки між фізичними величинами. Навички моделювання, оптимізації й аналізу систем дозволяють їм розв'язувати складні завдання, інтегруючи знання з фізики, математики й технічних наук. Завдяки участі у проєкті старшокласники стають більш впевненими у використанні фізичних знань для вирішення реальних проблем.

Різниця між реалізацією проекту "виготовлення боксу для розсади" в основній і старшій школі полягає в рівні складності досліджень і глибині опанування фізичних знань. У середній школі учні зосереджуються на базових поняттях, таких як відбиття та розсіювання світла, теплообмін, випаровування та прості електричні схеми. Вони виконують прості розрахунки, будують графіки, спостерігають явища на практиці та вчаться аналізувати результати, формулюючи елементарні висновки. Старшокласники ж поглиблюють свої знання, переходячи до вивчення хвильової природи світла, електромагнітного спектра, характеристик джерел струму та законів теплопровідності. Вони створюють математичні моделі, аналізують енергоефективність конструкції й оптимізують процеси з урахуванням реальних параметрів. Учні старшої школи працюють із цифровими інструментами, такими як датчики й програмне забезпечення, для збору та аналізу точних даних. Крім того, вони застосовують фізичні закони для моделювання складних процесів, наприклад, прогнозують результати змін освітлення або теплових умов. Рівень практичних завдань також різниться: у середній школі це прості експерименти, тоді як у старшій – комплексні проекти з багатьма змінними. Отже, старша школа дозволяє учням інтегрувати більше теоретичних і практичних аспектів фізики, готуючи їх до застосування знань у реальних і професійних ситуаціях.

На закінчення хочемо запропонувати план реалізації проекту: Виготовлення боксу для вирощування розсади. Ми його розбили на два рівня вивчення фізики: основної та старшої школи. Етапи його реалізації однакові, проте є особливості для їх реалізації (табл. 1).

Таблиця 1.

План реалізації проекту

Основна школа	Старша школа
<b>Мета</b>	
Виготовити простий бокс для розсади, зрозуміти базові фізичні явища (світлові, теплові, електричні) та розвинути навички роботи з вимірювальними приладами.	Створити технологічно складний бокс із системою автоматизації для розсади, поглибити знання фізики (хвильова оптика, теплообмін, електрика, програмування).
<b>Мінімальна кількість учнів</b>	
3 (один відповідає за конструювання, другий – за електрику, третій – за вимірювання та звітність).	4 (проектувальник, електрик, програміст, аналітик даних).
<b>Максимальна кількість учнів</b>	
6 (розподіл обов'язків між підгрупами для ефективної роботи).	8 (кожен учень відповідає за окремий компонент).
<b>Підготовчий етап (1-2 тижні)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Обговорення цілей і задач проекту.</li> <li>Формування групи учнів та розподіл обов'язків (наприклад, конструктор, електрик, дослідник).</li> <li>Вивчення теоретичних основ: принцип відбиття світла, теплообміну, основи електричного кола.</li> <li>Пошук інформації про матеріали (прозорі пластмаси, лампи, рефлектори).</li> <li>Складання простого ескізу боксу.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Визначення задач: виготовлення автоматизованого боксу для розсади з датчиками вологості, температури та освітленості.</li> <li>Вивчення теоретичних основ: хвильові властивості світла, закон збереження енергії, принцип роботи мікроконтролерів (Arduino або Raspberry Pi).</li> <li>Розробка детального проекту: креслення, визначення матеріалів, складання схеми електричного підключення.</li> <li>Пошук додаткової інформації: вимоги до довжини хвиль для фотосинтезу, енергоефективність ламп.</li> </ul>
<b>Виготовлення конструкції (2-3 тижні)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Побудова каркасу боксу з доступних матеріалів (картон, пластик, дерев'яні рейки).</li> <li>Встановлення прозорих стінок і відбивальних покриттів для забезпечення рівномірного освітлення.</li> <li>Розміщення ґрунту та першої партії розсади всередині боксу.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Побудова міцного каркасу (метал, дерев'яні планки).</li> <li>Використання прозорих термопластів для стінок і теплоізоляційних матеріалів для збереження енергії.</li> <li>Встановлення системи освітлення з LED-лампами різного спектра.</li> </ul>
<b>Налаштування боксу (2 тижні)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Підключення LED-ламп (за потреби використання простих патронів).</li> <li>Встановлення термометрів і датчиків вологості для моніторингу параметрів.</li> <li>Вимірювання рівня освітленості та температури в різних частинах боксу.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Монтаж датчиків вологості, температури та освітленості.</li> <li>Підключення системи до мікроконтролера та програмування автоматичного регулювання параметрів.</li> <li>Встановлення системи оповіщення про зміну умов (наприклад, повідомлення на телефон через Wi-Fi).</li> </ul>

Експериментальна частина (2-3 тижні)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Спостереження за ростом розсади в різних умовах освітлення (включення/вимкнення ламп).</li> <li>Запис і аналіз даних (графіки температури, вологості, освітленості).</li> <li>Порівняння росту рослин у контрольних і експериментальних умовах.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Спостереження за ростом розсади з різними налаштуваннями системи.</li> <li>Аналіз даних, зібраних датчиками, і їх візуалізація (графіки, діаграми).</li> <li>Порівняння результатів експериментів із початковими гіпотезами.</li> </ul>
Підбиття підсумків (1 тиждень)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Створення презентації з описом виготовленого боксу.</li> <li>Обговорення висновків щодо ефективності конструкції.</li> <li>Презентація проєкту перед класом.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Створення технічного звіту й презентації про реалізацію проєкту.</li> <li>Демонстрація роботи автоматизованого боксу перед класом або на конкурсі.</li> <li>Обговорення можливостей удосконалення проєкту (наприклад, додавання системи поливу).</li> </ul>

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Сучасні системи для вирощування рослин, такі як гідропоніка, аеропоніка чи вертикальні ферми, є складними інженерними об'єктами, що потребують розуміння різних фізичних явищ. Вони включають системи освітлення, водопостачання, регулювання температури та вологості, які базуються на принципах фізики. Наприклад, вивчення законів теплопередачі допомагає оптимізувати теплоізоляцію, а розуміння електричних кіл — правильно підібрати освітлення для рослин.

Проектування систем для вирощування рослин — це не лише захопливий спосіб навчання фізики, але й потужний інструмент підготовки учнів до викликів сучасного світу. Інтеграція STEM-освіти в шкільну програму сприяє розвитку ключових компетенцій, необхідних для майбутньої кар'єри в науці та техніці. Завдяки таким проєктам учні мають можливість побачити, як фізика стає основою інновацій та змінює наше життя на краще.

Перспективи подальших досліджень у контексті даної роботи можуть включати розширення тематики STEM-проєктів, зокрема створення автоматизованих систем для вирощування рослин із використанням датчиків вологості, температури й освітленості. Варто детальніше дослідити вплив різних фізичних параметрів (спектра світла, температурного режиму, рівня вологості) на ефективність росту рослин у навчальних проєктах. Перспективним є також вивчення впливу таких проєктів на формування в учнів критичного мислення, дослідницьких і цифрових компетентностей. Особливу увагу слід приділити розробці інструментів для оцінювання навчальних результатів, отриманих у межах STEM-підходу, та аналізу ефективності його впровадження в різних освітніх середовищах. Крім того, доцільно дослідити можливості інтеграції подібних проєктів у систему професійно-технічної освіти для підготовки молоді до сучасних технологічних викликів.

#### Список використаних джерел

- Roslina R., Samsudin A., Liliawati W. Effectiveness of Project Based Learning Integrated STEM in Physics Education (STEM-PJBL): Systematic Literature Review (SLR). *Phenomenon : Jurnal Pendidikan MIPA*. 2022. Vol. 12, no. 1. P. 120–139. <https://doi.org/10.21580/phen.2022.12.1.11722>.
- Yusuf I., Widyaningsih S. HOTS profile of physics education students in STEM-based classes using PhET media. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2019. Vol. 1157, no. 3. P. 032021-032025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032021>.
- Samsudin M.A., Zain Md., Pulau A.N., Pinang S. M., Pinang P., Ebrahim N. A., Physics Achievement in Stem Project Based Learning (PjBL): A Gender Study. *Asia Pacific Journal of Educators and Education*. 2018. Vol. 32. P. 21–28. <https://doi.org/10.21315/apjee2017.32.2>.
- Hanif S., Wijaya A. F., Winarno N. Enhancing Students' Creativity through STEM Project-Based Learning. *Journal of Science Learning*. 2019. Vol. 2, no. 2. P.50-57. <https://doi.org/10.17509/jsl.v2i2.13271>.
- Saleh S., Muhammad A., Syed Abdullah S. STEM Project-Based Approach In Enhancing Conceptual Understanding And Inventive Thinking Skills Among Secondary School Students. *Journal of Nusantara Studies (JONUS)*. 2020. Vol. 5, no. 1. P. 234-254. <https://doi.org/10.24200/jonus.vol5iss1pp234-254>.
- Про освіту : Закон України. Дата оновлення: 10.10.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text/>.
- Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#n8>.
- Бузько В. Проєктна діяльність як засіб реалізації STEM-освіти у навчанні фізики. *Новітні комп'ютерні технології*. 2018. Вип. 16. С. 216-220.
- Кушерець А. Впровадження STEM технологій в інтегрованому навчанні фізики. *Наукові записки молодих учених*. 2019. Вип. 4. С. 1-9.
- Мартинюк О., Мирончук Г., Стецюк О. Розвиток дослідницьких умінь учнів на роках фізики як спосіб реалізації STEM-освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2023. Вип. 208. С. 37-43. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2023-1-208-37-43>.

11. Soros P., Ponkham K., Ekkapim S. The results of STEM education methods for enhancing critical thinking and problem solving skill in physics the 10th grade level. AIP Conf. Proc. 2018 Vol. 1923, P. 030045-030051. <https://doi.org/10.1063/1.5019536>.
12. Tseng K. H., Chang C. C., Lo, S. J., Chen, W. P. Attitudestowards science, technology, engineering and mathematics (STEM)in a project-based learning (PjBL) environment. International Journalof Technology and Design Education. 2013. Vol. 23, no. 1. P. 87-102.
13. Susanti E., Maulidah R., Makiyah Y. S. Analysis of problem-solving ability of physics education students in STEM-based project based learning. J. Phys.: Conf. Ser. 2021. Vol. 2104. P. 012005-012005. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2104/1/012005>.

### References

1. Roslina R., Samsudin A., Liliawati W. Effectiveness of Project Based Learning Integrated STEM in Physics Education (STEM-PJBL): Systematic Literature Review (SLR). Phenomenon : Jurnal Pendidikan MIPA. 2022. Vol. 12, no. 1. P. 120–139. <https://doi.org/10.21580/phen.2022.12.1.11722>.
2. Yusuf I., Widyaningsih S. HOTS profile of physics education students in STEM-based classes using PhET media. J. Phys.: Conf. Ser. 2019. Vol. 1157, no. 3. P. 032021-032025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032021>.
3. Samsudin M.A., Zain Md., Pulau A.N., Pinang S. M., Pinang P., Ebrahim N. A., Physics Achievement in Stem Project Based Learning (PjBL): A Gender Study. Asia Pacific Journal of Educators and Education. 2018. Vol. 32. P. 21–28. <https://doi.org/10.21315/apjee2017.32.2>.
4. Hanif S., Wijaya A. F. , Winarno N. Enhancing Students' Creativity through STEM Project-Based Learning. Journal of Science Learning. 2019. Vol. 2, no. 2. P.50-57. <https://doi.org/10.17509/jsl.v2i2.13271>.
5. Saleh S., Muhammad A., Syed Abdullah S. STEM Project-Based Approach In Enhancing Conceptual Understanding And Inventive Thinking Skills Among Secondary School Students. Journal of Nusantara Studies (JONUS). 2020. Vol. 5, no. 1. P. 234-254. <https://doi.org/10.24200/jonus.vol5iss1pp234-254>.
6. On education: Law of Ukraine. Date of update: 10.10.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text/>.
7. On the approval of the Concept for the Development of Science and Mathematics Education (STEM Education). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#n8>.
8. Buzko V. Project activity as a means of implementing STEM education in teaching physics. Latest computer technologies. 2018. Vol. 16. P. 216-220.
9. Kuserets A. Implementation of STEM technologies in integrated physics teaching. Scientific notes of young scientists. 2019. Vol. 4. P. 1-9.
10. Martyniuk O., Myronchuk G., Stetsyuk O. Development of research skills of students in the years of physics as a way of implementing STEM education. Scientific notes. Series: Pedagogical sciences. 2023. Vol. 208. P. 37-43. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2023-1-208-37-43>.
11. Soros P., Ponkham K., Ekkapim S. The results of STEM education methods for enhancing critical thinking and problem solving skill in physics the 10th grade level. AIP Conf. Proc. 2018 Vol. 1923, P. 030045-030051. <https://doi.org/10.1063/1.5019536>.
12. Tseng K. H., Chang C. C., Lo, S. J., Chen, W. P. Attitudestowards science, technology, engineering and mathematics (STEM)in a project-based learning (PjBL) environment. International Journalof Technology and Design Education. 2013. Vol. 23, no. 1. P. 87-102.
13. Susanti E., Maulidah R., Makiyah Y. S. Analysis of problem-solving ability of physics education students in STEM-based project based learning. J. Phys.: Conf. Ser. 2021. Vol. 2104. P. 012005-012005. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2104/1/012005>