

УДК 378.147:53(07)

DOI: [https://doi.org/10.33272/2522-9729-2024-4\(217\)-13-18](https://doi.org/10.33272/2522-9729-2024-4(217)-13-18)



**КУЗЬМЕНКО ГРИГОРІЙ МИХАЙЛОВИЧ,**

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри загальної фізики і математики,  
Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка,  
м. Полтава, Україна

**Hryhorii Kuzmenko,**

PhD in Pedagogy, Associate Professor at the General Physics and Mathematics Department,  
Poltava V.G. Korolenko National Pedagogical University, Poltava, Ukraine

**E-mail:** [kzgm@suite.pnpu.edu.ua](mailto:kzgm@suite.pnpu.edu.ua)

**ORCID iD:** <https://orcid.org/0000-0002-7985-146X>



**РИЖКОВА ТЕТЯНА ЮРІЇВНА,**

старша викладачка кафедри будівництва та професійної освіти,  
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

**Tetiana Ryzhkova,**

Senior Lecturer at the Department of Civil Engineering and Professional Education,  
Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

**E-mail:** [tetiana.ryzhkova@pdau.edu.ua](mailto:tetiana.ryzhkova@pdau.edu.ua)

**ORCID iD:** <https://orcid.org/0000-0002-2403-6396>

## РОБОТОТЕХНІКА У РОЗВИВАЛЬНОМУ НАВЧАННІ СТУДЕНТІВ ФІЗИКИ ЯК ТЕХНОЛОГІЯ РЕАЛІЗАЦІЇ STEM-ОСВІТИ

**A** Запропоновано методику реалізації STEM-освіти за допомогою технологій розвивального навчання з елементами робототехніки при підготовці з фізики студентів інженерних і педагогічних спеціальностей закладів вищої освіти. Розроблено технологію, що ґрунтується на застосуванні апаратно-програмного комплексу Arduino та онлайн-симулятора TinkerCAD, яка дозволяє комплексно формувати STEM-компетентності засобами розвивального навчання на засадах робототехніки у процесі навчання фізики здобувачів вищої інженерної та педагогічної освіти. У дослідженні обґрунтовано впровадження STEM-технологій в освітній процес закладів вищої освіти. Доведено, що технології розвивального навчання сприяють упровадженню STEM-освіти у вищій школі. Окреслено роль викладача у процесі впровадження STEM-технологій як ментора. Показано перспективи застосування робототехнічних систем під час вивчення фізики здобувачами вищої освіти.

**Ключові слова:** вища освіта; STEM-освіта; розвивальне навчання; робототехніка; апаратно-програмний комплекс Arduino; онлайн-симулятор TinkerCAD

### ROBOTICS IN THE DEVELOPMENTAL TEACHING OF PHYSICS STUDENTS AS A TECHNOLOGY IMPROVING STEM EDUCATION

**S** This article proposes a methodology for implementing STEM education using developmental learning technologies and robotics elements in the training of physics students in engineering and the pedagogical specialties of higher education institutions. A technology has been developed based on the use of the Arduino hardware and software complex and the TinkerCAD online simulator, which allows for the comprehensive formation of STEM competencies through developmental learning based on robotics in the process of teaching physics to students of higher engineering and pedagogical education. This study confirms the introduction of STEM technologies into higher education institutions' educational processes. It is proved that developmental learning technologies contribute to the implementation of STEM education in higher education. The role of the teacher as a mentor in the process of implementing STEM technologies is also outlined. Prospects for the use of robotic systems in the study of physics by higher education students are presented.

**Keywords:** higher education; STEM education; developmental learning; robotics; Arduino hardware and software complex; TinkerCAD online simulator

**Актуальність проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями.**

Становлення сучасного освітнього простору вищої школи ґрунтується на постійній взаємодії викладача та студента. На перший план в освітньому процесі виступають індивідуальність студента, самосвідомість і набуті знання. Перед викладачем виникає проблема у створенні такої освітньої технології, що ефективно, швидко та якісно сприяє генерації нових фахівців, які вміють творчо адаптуватися до швидких змін у професійній діяльності, є самосвідомими у виборі своєї траєкторії успіху.

Підготовка майбутніх фахівців у галузі технічних і педагогічних наук у контексті реформування вищої освіти потребує комплексного підходу до відповідності європейським стандартам, переорієнтації змісту вищої освіти на цілі сталого розвитку.

У державній Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 роки наголошується на тому, що постійно змінювані життєві та виробничі ситуації потребують від особи з вищою освітою вміння бути компетентним фахівцем, який швидко реагує в нестандартних ситуаціях, вирішує проблеми у своїй професійній діяльності креативними шляхами [8].

STEM-освіта є освітньою системою, що поєднує природничі науки, зокрема, фізику, технології, інженерію й математику, та покликана всебічно формувати конкурентоспроможного фахівця інженерної спеціальності, починаючи зі шкільних років. Нині у вищій освіті України, на відміну від середньої освіти, питання впровадження технологій STEM-навчання потребує всебічного розвитку, хоча саме вища школа повинна спрямовувати свої зусилля на підготовку креативних фахівців, які здатні до створення нових інженерних рішень і застосування їх у виробництві. Державна Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) не обмежує область її застосування рівнем середньої освіти і закликає науково-педагогічних працівників до пошуку інновацій і практик міжпредметного навчання. Одним із принципів упровадження STEM-освіти Концепція називає використання технологій розвивального та проблемного навчання [3].

**Аналіз попередніх досліджень і публікацій.**

Актуальними питаннями щодо впровадження технологій розвивального навчання у різний час займалися О. Антонова, П. Гальперін, С. Гончаренко, Р. Гуревич, В. Давидов, О. Дубасенюк, О. Дусавицький, Д. Ельконін, Л. Занков, І. Зязюн, Г. Костюк, О. Леонтєв, О. Музика, Л. Нічуговська, С. Семенець, С. Сисоєва, О. Скафа, О. Скрипченко, З. Слєпкань та інші науковці.

Упровадження розвивального навчання в освітній процес, за дослідженнями В. Давидова, Д. Ельконіна, стимулює розвиток психічних функцій особистості через процес міжособистісної співпраці, через самостійні міркування, вміння відстоювати свою думку, переймати ініціативу під час одержання нових знань.

За міркуваннями С. Сисоєвої, роль розвивального навчання реалізується через генерування студентами нових ідей та одержання досвіду дослідницької діяльності, що сприяє особистісному їхньому зростанню та продукує власні практичні навички, які студенти втілюють потім у майбутній професійній діяльності [7].

Засвоєння навчального матеріалу в розвивальному навчанні проводиться через квазі-дослідницький метод, де не існує заздалегідь визначених правил і відсутні готові рішення, а засвоєння навчального матеріалу відбувається шляхом самостійної навчальної діяльності. Через дискусії в групі, висунення гіпотез, спільну розумову діяльність з одностумцями, обговорення проблем у групах, студенти виробляють загальну точку зору та прагнуть пошуку нових ідей, а отже, інтелектуального розвитку [1].

Питання впровадження освітніх технологій на основі STEM-навчання розглянуто в роботах Т. Анісімової, Н. Балик, О. Барни, О. Буковської, О. Бутурліної, С. Бревус, Т. Вакалюк, Д. Васильєвої, В. Величко, С. Гальченко, Л. Глоби, С. Дзюби, О. Комової, Т. Крамаренко, О. Лісового, Л. Ніколенка, Р. Норчевського, В. Осадчого, О. Пилипенко, Н. Поліхун, М. Попової, В. Приходнюк, М. Рибалко, Ф. Сабірової, С. Семерікова, І. Сліпухіної, Є. Смірної-Трибульської, О. Стрижака, І. Чернецького, О. Шатунової, С. Баумера (С. Baumer), А. Карневала (А. Carnevale), Т. Корбета (Т. Corbett), С. Думареска (С. Dumaresq), Х. Фірмана (Н. Firman), Х. Джанга (Н. Jang), І. Каниавати (І. Kaniawati), П. Корбела (Р. Korbel), М. Мелтона (М. Melton), Б. Седжати (В. Sejati), Г. Сікманна (G. Siekmann), М. Сонга (М. Song) та ін.

Впровадження STEM-освіти забезпечує формування особистісного практичного досвіду за рахунок формування науково-практичних і соціальних навичок щодо вимог ринку праці у XXI столітті [5].

Важливим складником STEM є інженерія. Одним з найактуальніших напрямів інтеграції інженерних знань в освітній процес є вивчення робототехніки, яку досліджували Н. Морзе, О. Мартинюк, М. Бойко, Н. Бужинська, Н. Валько, Д. Гребнева, О. Задорожня, Ю. Ковальов, В. Корабльов, Н. Кушнір, Т. Мазурок, В. Осадчий, С. Пахачук, В. Черних, Д. Алімісич (D. Alimicic), А. Бреденфелд (А. Bredenfeld), Е. Егучі (А. Eguchi), М. Ернст (М. Ernst), С. Іоніта (S. Ionita), Ю. Цзянмей (Y. Jiangmei), Й. Лапеш (J. Lapeš), Л. Негріні (L. Negrini), А. Оптіз (А. Ortiz), К. Папаніколау (К. Papanikolaou), Б. Сісман (В. Sisman), С. Сміт (S. Smith), Г. Штайнбауер (G. Steinbauer), Д. Тохачек (D. Toháček) та ін.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Упровадження елементів робототехніки в межах курсу фізики для здобувачів інженерної та педагогічної вищої освіти з позицій розвивального навчання у контексті реалізації STEM-освіти було висвітлено недостатньо.

**Метою статті** є розроблення методики реалізації STEM-освіти за допомогою технологій розвивального навчання з елементами робототехніки при підготовці

з фізики студентів інженерних і педагогічних спеціальностей закладів вищої освіти.

**Викладення основного матеріалу.** Упровадження технологій розвивального навчання ґрунтується на співробітництві між усіма учасниками освітнього процесу, в аспекті чого передбачається ініціативність та активність дій студента щодо вибору навчальної мети та шляхів її досягнення. У такому контексті педагог виступає як наставник (ментор) в освітньому процесі, де студент стає особистістю, яка здатна до самостійного пошуку та міркувань, не діє у межах окреслених викладачем шаблонів, стає ініціатором у набутті нових знань.

Сучасний інженер потребує знань у сфері робототехнічних інтелектуальних систем, механотроніки, автоматизованих систем технологічних процесів тощо. Водночас педагог має готуватись закладати основи інженерного мислення у своїх майбутніх учнів. Тому впровадження STEM-технологій на основі розвивального навчання фізики майбутніх інженерів і вчителів ми пропонуємо шляхом інтеграції з робототехнікою.

Можливості застосування апаратно-програмного комплексу Arduino дозволяють розробляти різноманітні проекти та моделювати роботу різних електронних пристроїв і систем на заняттях з фізики та у позааудиторний час. Інтегроване середовище розроблення в Arduino є безкоштовним кроссплатформовим програмним забезпеченням із відкритим вихідним кодом, що працює із ОС Windows, Linux, Macintosh OSX та створене на мові програмування Java. Мова програмування роботи всіх пристроїв на основі Arduino побудована на основі синтаксису мов C/C++, що працює з бібліотекою AVR Libc [9].

Нині поширеною практикою є впровадження робото-технічних комплексів, зокрема і на основі платформи Arduino, у роботу гуртків для дітей і підлітків, а також активне використання в автоматизованих системах керування різноманітними технологічними процесами на виробництві. Застосування платформи Arduino у навчанні фізики студентів інженерних спеціальностей допомагає вже з перших курсів у закладі вищої освіти наближати їх до досягнення таких важливих результатів навчання, як-от: здатність проектувати, готувати виробництво, експлуатувати вироби, застосовуючи автоматизовані системи підтримки життєвого циклу; розуміти сутність процесів, проводити аналіз, створювати алгоритми і схеми керування об'єктів. Для педагогічних спеціальностей – це занурення в інженерний світ, підготовка до викладання робототехніки і STEM у професійній діяльності.

Важливою перевагою застосування такого комплексу в організації розвивального навчання фізики є те, що він не вимагає від студентів глибоких знань мови програмування, це є важливим аспектом у підготовці майбутніх фахівців зі спеціальностей, де IT-технології не вивчаються на професійному рівні. Застосування набору доступних бібліотек, що пов'язують апаратну та програмну частини роботи плат Arduino з датчиками,

мікросхемами, електромеханічними елементами тощо, дозволяє розширити можливості студентів до творчого пошуку нових рішень і вдосконалення вже існуючих. Також перевагою роботи з таким комплексом є його модульність, тобто студенти навчаються читати та збирати електричні схеми, на базі Arduino. Робота з платами, датчиками, механізмами є доступною на рівні розуміння основ електроніки.

Одним із варіантів розвивального STEM-навчання фізики є залучення майбутніх інженерів до моделювання систем управління розумним будинком за допомогою апаратно-програмного комплексу Arduino. Продуктом творчої діяльності студентів може бути спроектована система управління освітленням, що включає в себе створення алгоритму роботи такої підсистеми, застосування візуальних графічних середовищ для написання необхідної програми на основі наявної бібліотеки функціональних блоків, конструювання системи освітлення на основі плати Arduino UNO та датчиків і механізмів, що використовуються у заявленій підсистемі відповідно до вимог та побудованого алгоритму [6].

Залучення студентів до подібних проектів збагачує освітній процес з фізики активною проблемно-пошуковою роботою інноваційного характеру, в результаті чого реалізується розвивальне навчання засобами STEM-технологій. Презентація власних проектів сприяє мотивації здобувачів освіти до наступних наукових і дослідницьких звершень.

На всіх етапах реалізації таких проектів викладач повинен бути наставником, який, ініціювавши проблемні завдання, дає можливість студентам самостійно обирати межі пошукової діяльності. На кожному етапі розроблення викладач надає консультаційні поради, дозволяючи студентам обирати ті чи інші шляхи для їх слідування [4, с. 198]. Отже, сучасному викладачеві, як ментору, наставнику, необхідно формувати у себе нові компетентності, пов'язані з розвитком креативного, дослідницького підходу до викладацької діяльності, що потребує максимальної синергетичної взаємодії зі студентами.

Різнорманітні проблемні завдання пошукового характеру із застосуванням елементів апаратно-програмного комплексу Arduino наші студенти виконують у межах лабораторних занять із фізики. Імітаційне моделювання під час лабораторних робіт, як етап підготовки до роботи з фізичним обладнанням Arduino, допомагає глибше вивчити різноманітні сфери застосування та уникнути можливих помилок у роботі фізичного обладнання. Одним із найкращих доступних емуляторів роботи на базі Arduino є безкоштовний онлайн-симулятор TinkerCAD [10], який забезпечений майже всіма базовими функціями компілятора, середовища редагування та наявними бібліотеками. Отже, здобувачі освіти виконують активну пошукову діяльність щодо вивчення апаратного складника, вивчають принципи роботи робототехнічних

систем, навчаються створювати чи удосконалювати нескладні програми для забезпечення функціональності елементів лабораторних робіт.

Така робота несе комплексний характер, вона містить не лише різні етапи підготовки та виконання роботи, але й може мати різний рівень складності в межах вивчення освітньої компоненти.

На першому рівні складності визначаються наступні кроки:

1. Вивчення теоретичних питань щодо будови та принципів роботи датчиків, їхні особливості використання у робототехнічних системах, правила їхнього підключення в електричних схемах.

2. Практична частина, де вивчаються можливі варіанти підключення датчиків у схемах, перевіряється працездатність одержаних підключень, окреслюються етапи експериментів.

3. Проведення імітаційних експериментів, виконання необхідних досліджень у напрямі покращення роботи датчиків.

Перший рівень передбачає одержання базових знань і вмій здобувачами вищої освіти, тому він виконується за встановленою підготовчою схемою. За результатами імітацій здобувачі вищої освіти створюють у фізичному виконанні електричне коло та проводять тестування лабораторної установки.

Другий рівень складності передбачає пошукову діяльність у напрямі створення повноцінної робототехнічної системи з утіленням її у наочному обладнанні. Цей рівень передбачає супровід здобувачів вищої освіти з боку викладача-консультанта.

Розроблені лабораторні роботи з фізики, що спрямовані на вивчення принципів роботи різноманітних датчиків, створення приладів та устаткування для дистанційного вимірювання фізичних параметрів допомагають набутти необхідних загальних і спеціальних компетентностей.

Попередньо розробки проєктуються та адаптуються до потреб дослідження в симуляторі TinkerCAD. Це дозволяє працювати з програмним кодом у вигляді графічних блоків, за умови, що здобувачі вищої освіти не мають глибоких знань мови програмування C/C++, що є важливим у підготовці майбутніх фахівців зі спеціальностей, де ІТ-технології не вивчаються на професійному рівні. Крім того, даний симулятор допомагає протестувати електричну схему на випадок помилок, що можуть призвести до пошкодження обладнання, та програмний код на працездатність і відповідність усім поставленим умовам [2, с. 118–119].

Робототехнічні системи з використанням датчиків застосовуються у різних напрямках, зокрема, в «розумних» пристроях та устаткуванні, в транспортних засобах, точному землеробстві тощо. Зокрема, в точному землеробстві має місце застосування датчиків відстані для вимірювання фактичних показників рихлення та глибини висіву, датчиків вимірювання вологості ґрунту для реєстрації миттєвих значень вологості у визначених

точках поля. Існують побутові потреби у використанні фоторезисторів для вимірювання рівня освітленості, для обрахунку кількості певних подібних об'єктів, реєстрації перешкод тощо. Наприклад, в умовах житлових та інших приміщень можливо регулювати жалюзі в залежності від освітленості, що реєструється датчиками фоторезисторами та датчиками терморезисторами, встановленими у відповідних контрольних точках приміщення.

**Результати дослідження.** У межах викладання курсу фізики пропонується лабораторна робота «Управління роботою датчиків».

Мета роботи: ознайомлення з принципами роботи датчиків і дослідження їхнього використання у практичній діяльності. Пристрої та обладнання: базовий набір Arduino, датчик терморезистор, датчик фоторезистор, ноутбук з доступом до мережі Internet, програмний продукт TinkerCAD (безкоштовна онлайн-версія).

Узагальнений алгоритм виконання роботи:

1. Вивчити будову та принцип роботи датчика.  
2. Змодельовати в симуляторі TinkerCAD пристрій реєстрації на основі датчику (-ів) та плати Arduino.

3. Створити та скопіювати скетч для роботи датчиків із використанням графічних блоків або існуючих бібліотек. Перевірити працездатність системи та виявити можливі помилки.

4. Завантажити створену програму в Arduino IDE для подальшої компіляції у формат, що підтримує плата, зібрати схему в наочному обладнанні, перевірити безпомилковість роботи схеми.

5. Виконати вимірювання необхідних параметрів у лабораторних умовах.

Важливим аспектом у використанні подібних датчиків є їхня достовірність вимірювання та точність. Відповідно до цього перед виконанням основного лабораторного експерименту датчики потребують калібрування. Тому не менш важливою пізнавальною діяльністю стає пошук методів і засобів щодо проведення калібрування та використання в практичній діяльності. Відкалібрований датчик може використовуватися в реальних робототехнічних системах для функціонування розумних систем.

Виконання експериментальної частини роботи стає дослідницьким проєктом, утіленим у наочному обладнанні, що передбачає модернізацію програмного коду з метою створення керуючого пристрою для забезпечення управління температурою та освітленням в приміщенні.

Прикладом розроблення та моделювання в симуляторі TinkerCAD є датчик освітленості на основі фоторезистора та плати Arduino (рис.1; 2).

**Висновки з даного дослідження.** У результаті проведеного дослідження розроблено методику реалізації STEM-освіти за допомогою технологій розвивального навчання з елементами робототехніки при підготовці з фізики студентів інженерних і педагогічних спеціальностей закладів вищої освіти. Запропонована

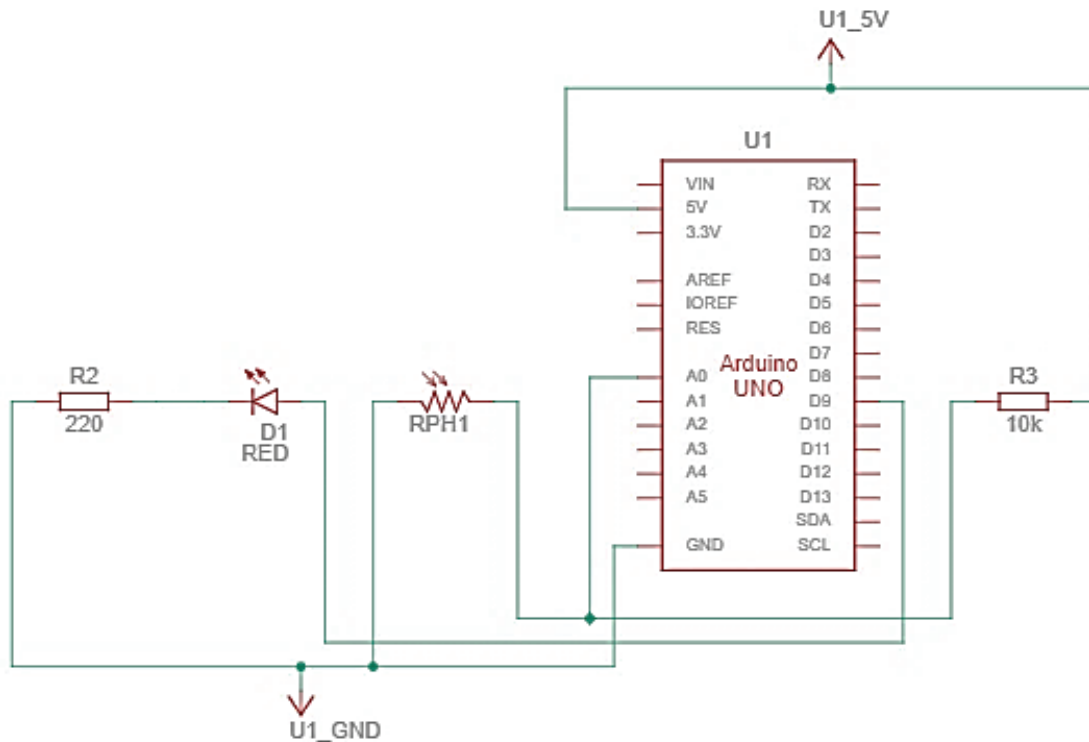


Рис. 1. Електрична схема датчика на основі фоторезистора та плати Arduino в симуляторі TinkerCAD

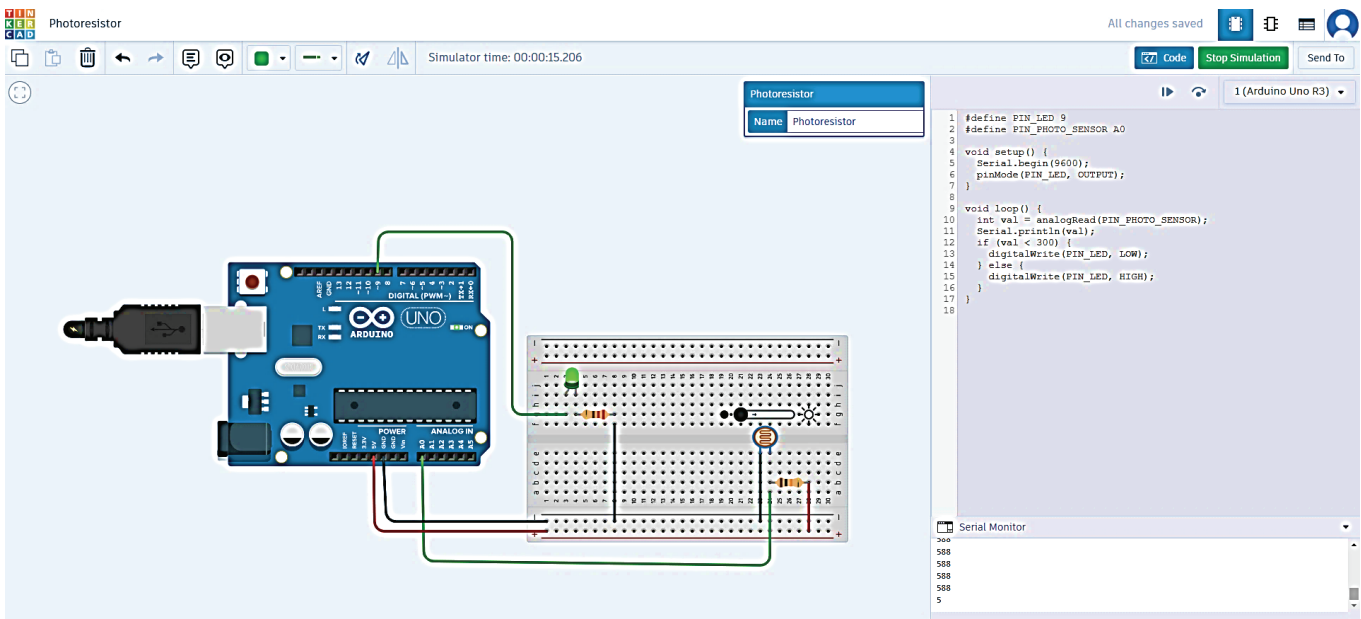


Рис. 2. Модельовання роботи датчика освітленості та програмний код у симуляторі TinkerCAD

технологія ґрунтується на застосуванні апаратно-програмного комплексу Arduino та онлайн-симулятора TinkerCAD. Вона дозволяє комплексно формувати STEM-компетентності засобами розвивального навчання на засадах такої інноваційної технології як робототехніка у процесі навчання фізики здобувачів вищої інженерної та педагогічної освіти. Цей підхід формує у студентів здатність до пошуку нестандартних рішень, активно включає їх у самостійну роботу, командна робота у групах на заняттях стимулює до пошуку нових ідей і формування

спільної думки. Така діяльність неминуче призводить до інтелектуального розвитку і забезпечує мотивацію до подальшої пізнавальної діяльності та саморозвитку.

**Перспективи подальших розвідок.** Апаратно-програмний комплекс Arduino та онлайн-симулятор TinkerCAD можуть бути використані також у роботі наукового гуртка чи проблемної групи з фізики як основи для науково-дослідних розвідок студентів, які здобувають інженерні та педагогічні спеціальності.

### Список використаних джерел

1. Інноваційні технології навчання : навч. посіб. для студ. вищих технічних навчальних закладів / відп. ред. Х. Ш. Бахтіярова; наук. ред. А. В. Арістова. Київ : НТУ, 2017. 172 с.
2. Клаптенко В. В., Коротенко Я. О. Моделювання роботи ультразвукового датчика відстані засобами візуального програмування. *Матеріали студентської наукової конференції Полтавського державного аграрного університету*, 16-17 травня 2024 р. Полтава : ПДДАУ, 2024. Т. II. С. 116–119.
3. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) : схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 5 серпня 2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#n8>.
4. Кузьменко Г., Рижкова Т. Трансдисциплінарний підхід як один з дидактичних принципів STEM-навчання фізики. *Реформування вищої освіти в контексті забезпечення сталого розвитку суспільства : Дидаскал* : часопис : зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 15–16 лист. 2022 р. Полтава : ПНПУ імені В.Г. Короленка, 2022. № 23. С. 198–200.
5. Поліхун Н. І., Сліпухіна І. А., Чернецький І. С. Педагогічна технологія STEM як засіб реформування освітньої системи України. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2017. № 3 (58). С. 5–9.
6. Рижкова Т. Ю., Тронецький О. С. Особливості проектування системи автоматичного управління освітленням розумного будинку. *Новітні технології в агроінженерії: проблеми та перспективи впровадження* : матеріали II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., 02-03 червня 2022 р. Полтава, 2022. С. 99–102. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/9650/zbirnykmaterialivkonferenciyitzmavpdau2-3chervnya2022.pdf>.
7. Сисоєва С. О. Технологізація освітньої діяльності в умовах неперервної професійної освіти. *Неперервна професійна освіта: проблеми, пошуки, перспективи* : монографія / за ред. І. А. Зязюна. Київ : Віпол, 2000. С. 249–273.
8. Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки : схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23 лютого 2022 р. № 286-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-%D1%80#Text>.
9. Arduino – Home: офіційний сайт. URL: <https://www.arduino.cc/>.
10. AUTODESK TinkerCAD : офіційний сайт. URL: <https://www.tinkercad.com/>.

### References

1. Bakhtiarova, Kh. Sh., & Aristova, A. V. (Eds.). (2017). *Innovatsiini tekhnologii navchannia [Innovative learning technologies]: navch. posib. dlia stud. vyshchykh tekhnichnykh navchalnykh zakladiv*. Kyiv: NTU [in Ukrainian].
2. Klaptenko, V. V., & Korotenko, Ya. O. (2024). Modeliuvannia roboty ultrazvukovoho datchyku vidstani zasobamy vizualnoho prohramuvannia [Modeling the operation of the ultrasonic distance sensor by means of visual programming]. In *Materialy studentskoi naukovo konferentsii Poltavskoho derzhavnogo ahrarnoho universytetu [Materials of the student scientific conference of the Poltava State Agrarian University]* (Vol. II, pp. 116-119). Poltava: RVV PDAU [in Ukrainian].
3. *Kontseptsiia rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) [Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy № 960-r]*. (2020). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#n8> [in Ukrainian].
4. Kuzmenko, H., & Ryzhkova, T. (2022). Transdystyplinarnyi pidkhid yak odyn z dydaktychnykh pryntsyviv STEM-navchannia fizyky [Transdisciplinary approach as one of the didactic principles of STEM physics education]. In *Reformuvannia vyshchoi osvity v konteksti zabezpechennia staloho rozvytku suspilstva : Dydaskal [Reforming higher education in the context of ensuring sustainable development of society: Didaskal]*: chasopys : zb. materialiv Mizhn. nauk.-prakt. konf. (Is. 23, pp. 198-200). Poltava: PNPU imeni V.H. Korolenka [in Ukrainian].
5. Polikhun, N. I., Slipukhina, I. A., & Chernetskyi, I. S. (2017). Pedagogichna tekhnologhiia STEM yak zasib reformuvannia osvitnoi systemy Ukrainy [STEM pedagogical technology as a means of reforming the educational system of Ukraine]. *Osvita ta rozvytok obdarovanoi osobystosti [Education and development of a gifted personality]*, 3 (58), 5-9 [in Ukrainian].
6. Ryzhkova, T. Ju., & Tronevskyi, O. S. (2022). Osoblyvosti proektuvannia systemy avtomatichnoho upravlinnia osvittenniam rozumnoho budynku [Features of the design of the system of automatic lighting control of a smart house]. In *Novitni tekhnologii v ahroinzhenerii: problemy ta perspektyvy vprovadzhennia [Latest technologies in agricultural engineering: problems and prospects of implementation]*: materialy II Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii (pp. 99-102). Poltava: PDAU. Retrieved from <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/9650/zbirnykmaterialivkonferenciyitzmavpdau2-3chervnya2022.pdf> [in Ukrainian].
7. Sysoieva, S. O. (2000). Tekhnolohizatsiia osvitnoi diialnosti v umovakh neperervnoi profesiinoi osvity [Technologization of educational activities in the conditions of continuous professional education]. In I. A. Ziazun (Ed.), *Neperervna profesiina osvita: problemy, poshuky, perspektyvy [Continuous professional education: problems, searches, prospects]*: monohrafiia. Kyiv: Vipol [in Ukrainian].
8. *Stratehiia rozvytku vyshchoi osvity v Ukraini na 2022-2032 roky [Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy № 286-r]*. (2022). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
9. *Arduino – Home: Electronic resource*. Retrieved from <https://www.arduino.cc/>.
10. *AUTODESK TinkerCAD*: Electronic resource. Retrieved from <https://www.tinkercad.com/>.

Дата надходження до редакції авторського оригіналу: 19.07.2024