

УДК:378:004+53.05

Сальник Ірина Володимирівна

доктор педагогічних наук, професор, завідувачка кафедри природничих наук і методик їхнього навчання
Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка,
м. Кропивницький, Україна
ORCID ID 0000-0003-1117-9862
isalnyk@gmail.com

Соменко Дмитро Вікторович

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри технологічної та професійної освіти
Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка,
м. Кропивницький, Україна
ORCID ID 0000-0001-6426-1507
SomenkoD@gmail.com

Сірик Едуард Петрович

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри природничих наук і методик їхнього навчання
Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка,
м. Кропивницький, Україна
ORCID ID 0000-0002-9201-2943
epsiryk@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ ARDUINO У ПІДГОТОВЦІ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ДО STEM ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ

Анотація. Стаття присвячена темі впровадження STEM-технологій, інтегрованих з ІКТ, у систему освіти. Важливість тематики пов'язана із запитом суспільства на людей, що володіють науковими знаннями та навичками в галузі технологій та інженерії. Розв'язати завдання підготовки учнів до життя в сучасному інформаційно-технологічному суспільстві та забезпечити їх навичками людини XXI століття здатен учитель, який сам володіє такими навичками. Сучасний учитель фізики працює в навчальному середовищі, яке є комп'ютерно орієнтованим. Засоби ІКТ можуть посилити учнівські навички, які розвиваються в STEM-освіті: розв'язання проблем та практичних завдань, логічне та критичне мислення, технологічну грамотність. Тема використання ІКТ у навчанні студентів STEM є зараз актуальною. У статті проаналізовано дослідження, що розглядають умови запровадження ІКТ в STEM-освіту в різних країнах, що свідчить про високу результативність такої інтеграції. Проведений аналіз дозволив визначити сучасні підходи та запропонувати методичні прийоми використання комп'ютерно орієнтованого обладнання на основі Arduino під час підготовки вчителів фізики до роботи в STEM орієнтованому навчальному середовищі. Як основний підхід до навчання студентів було обрано проєктні технології, що реалізовані при вивченні дисципліни «Сучасні освітні технології у навчанні фізики». Зокрема запропоновано використання платформи Arduino з метою залучення студентів до виконання різного виду проєктів: від простих шкільних фізичних дослідів до оригінальних групових проєктів. Навчання за запропонованою методикою та якісний аналіз його результатів показали підвищення рівня зацікавленості студентів в оволодінні новими технологіями, бажання використати свої навички в практичній діяльності, а також формування навичок критичного мислення: уміння бачити проблему, обробляти та узагальнювати інформацію, проводити обговорення в групі, робити висновки. Водночас було з'ясовано, що впровадження STEM вимагає узгодження навчальних програм різних дисциплін, забезпечення матеріальними ресурсами, розробки нових освітніх програм підготовки вчителів.

Ключові слова: STEM-освіта; інформаційно-комунікаційні технології; комп'ютерно орієнтоване обладнання; Arduino; проєктна діяльність; підготовка вчителя.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Ефективне використання технологій виявило більше можливостей для реалізації сучасних підходів в освіті. Технології, без сумніву, є одним з найголовніших рушіїв соціального, технічного та культурного прогресу. Використання технологій зняло межі освіти. І викладачі, і студенти отримали користь від їх запровадження. Вони можуть співпрацювати в режимі реального часу, використовуючи передові освітні технології. Більш того, відкриті кордони, мобільність і гнучкість сучасних систем освіти дозволяє гіпотетично будь-якому студентові обирати ту з них, яка більше йому імпонує, причому, не тільки в межах своєї країни, але і за кордоном, брати участь в міжнародних проєктах, отримувати гранти і т.д. Такий підхід важливий в умовах карантинних обмежень та воєнного стану, який наразі діє в Україні.

Одночасно усі досягнення, що спричинені розвитком сучасних технологій та є наслідком глобалізації, впливають на розвиток самої системи освіти: змінюється її зміст, методи та підходи. Поширення інновацій сприяє збільшенню коштів, вкладених в інформаційні технології. Особливого впливу від розвитку технологій зазнають природничі науки як основа науково-технічного прогресу.

Зосереджуючись на інноваційних технологіях (насамперед інформаційно-комунікаційних), ми звертаємо увагу на потребу їх використання з метою розвитку критичного мислення, креативності студентів, а не лише як засобів, що розвивають набір певних навичок та розширюють інформаційний простір особистості. Зокрема тому, що навички критичного мислення стали одним із ключових стовпів нової економіки, заснованої на знаннях.

Уміння критично мислити для студентів є дуже важливим в епоху глобальної конкуренції, оскільки рівень складності проблем у всіх аспектах сучасного життя стає вищим. Здатність мислити критично є рисою творчої особистості, здатної відповісти на виклики глобалізації, бути конкурентоспроможною у сучасному швидкозмінному світі.

Розвиток відповідних рис критичного мислення буде ефективним за умови використання в освітньому процесі науково обґрунтованих педагогічних технологій, а не окремих форм і методів навчання. Серед нових напрямків розвитку освіти як у світі, так і в Україні виділяють STEM-технологію інтегровану з ІКТ. Підхід STEM може стимулювати студентів розвивати свої творчі здібності та навички критичного мислення ефективніше, ніж за традиційного підходу [1].

STEM-освіта занесена на глобальний порядок денний як один із механізмів просування таких навичок XXI століття, як-от: спілкування, співпраця, творче та критичне мислення, здатність ставити та вирішувати проблеми. STEM-освіта може полегшити підготовку студентів до професійної діяльності, що відповідає потребам суспільства.

STEM як технологія та навчальне інтегроване середовище достатньо розвинулось за останні роки, особливо в США та Великобританії (F. Banks, D. Barlex [2, 3]). Незважаючи на це, існує певна розпливчастість навколо концепцій STEM. Одні науковці визначають її як будь-яку діяльність, що пов'язана з наукою, технологіями, інженерією або математикою [4, 5]. Інші вважають, що сутність цього поняття набагато ширше. STEM не є сумою її частин, це певна інтегративна дисципліна, що пов'язує дві або більше складових [6]. STEM є розвивальною освітньою моделлю, яка розбиває традиційні академічні предметні уявлення науки, технології, інженерії та математики та об'єднує їх в інтегративну структуру нових навчальних програм [7]. Тому важливим завданням для викладачів з предметів STEM є вміння інтегрувати змістовно дві чи більше дисципліни (D. Bell, [8]; K.S. Margot & T. Kettler; J. Radloff & S. Guzey [9], Jonas Hallström & Konrad J. Schönborn [10]). Аналіз цих досліджень дозволяє стверджувати, що вчителі нового

покоління повинні вміти кваліфіковано обирати та застосовувати саме ті технології, які повною мірою сприятимуть досягненню мети, а саме гармонійному розвитку учнів з урахуванням їх індивідуальних особливостей. На думку George Couros, технології не замінять чудових учителів, але технології в руках цих чудових учителів можуть трансформувати освіту [11].

Питання підготовки майбутнього вчителя до діяльності в сучасній динамічній школі є актуальним та складним завданням вищої педагогічної освіти. Оскільки актуальними напрямками такої діяльності нині виступають робототехніка та інженерні розробки; 3D-моделювання; винахідництво; хіміко-біологічні технології та ін., процес підготовки сучасного вчителя, зокрема вчителя природничих наук, що забезпечує реалізацію STEM-освіти, повинен передбачати курси або модулі, що дозволяють розкрити роль інформаційних технологій в системі освіти та показати їх взаємозв'язок із сучасними інноваційними технологіями. Такі курси дозволяють розвивати професійні, предметні та ключові компетентності студентів, формувати навички критичного мислення, здійснення інноваційної діяльності, готовності до розв'язування складних завдань, когнітивної гнучкості.

Реалізувати на практиці ідеї STEM-освіти ми пропонуємо на основі запровадження під час вивчення студентами дисципліни «Сучасні освітні технології у навчанні фізики» окремого модуля, зміст якого розкриває особливості використання в навчанні природничих дисциплін імерсивного навчального середовища Arduino. Таке навчальне середовище сприяє творчому процесу навчання на основі проєктів з акцентом на взаємодію та співробітництво.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інформаційно-комунікаційні технології різко змінили спосіб життя та середовище, у якому ми живемо. З їх допомогою можна отримати доступ до глобальних знань та спілкуватися з іншими людьми. ІКТ – це потужний інструмент для участі на світових ринках, сприяння політичній відповідальності, вдосконалення надання основних послуг та розширення можливостей місцевого розвитку. Тому їх освітній потенціал уже тривалий час знаходиться в полі зору дослідників.

За останні 10-15 років значно збільшився обсяг досліджень, спрямованих на впровадження інформаційних технологій в освіту (В. Биков, С. Величко, С. Литвинова, І. Сальник, М. Шишкіна, С. Семеріков, Н. Сороко, О. Соколюк, Н. Сосницька, Ю. Єчкало, М. Жалдак, Ю. Жук, А. Abbasi, S. Sarker, Roger H. L. Chiang, M. Hilbert, P. Lopez, Z. Ezziane, M. Aguilera, A. Mendez, D. D. Holland, R. T Piper та багато інших). Зокрема організацію навчальної діяльності у комп'ютерно орієнтованому навчальному середовищі розглядали В. Биков, Ю. Жук [12], В. Заболотний, О. Соколюк; використання комп'ютерного моделювання явищ та процесів досліджували Р. Горбатюк, О. Гриб'юк, Г. Громко, С. Литвинова [13].

Останнім часом активно досліджуються психолого-педагогічні аспекти використання засобів мультимедійних технологій, створення хмаро орієнтованих освітніх середовищ, використання імерсивних технологій в освіті, розвиток та впровадження m-learning у навчальний процес та ін. Серед актуальних досліджень слід виділити роботи українських науковців М. Шишкіної (методологічні засади формування хмаро орієнтованих систем), С. Литвинової, С. Семерікова, О. Соколюк, Ю. Єчкало, Н. Сороко (використання об'єктів доповненої реальності в освіті), І. Сальник (використання мобільних технологій), В. Заболотного (демонстраційні комп'ютерні моделі в системі засобів формування уявлень фізики) та ін.

Активно досліджуються зараз і питання STEM-технологій в освітньому процесі. І якщо українські дослідники в цьому напрямі роблять лише перші кроки, бо конкретні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти в навчальних закладах України були

розроблені лише у 2017 році, то за кордоном ведеться плідна робота. Так, з 2009 року видається “International Journal of STEM Education”, де дослідники з усього світу діляться досвідом, пропонують цікаві методичні підходи та нові ідеї впровадження STEM-освіти під час навчання різних дисциплін: Jonas Hallström, Konrad J. Schönborn розглядають питання моделювання процесу навчання в STEM-освіті [10]; взаємодію та внутрішні зв'язки математики, науки, техніки та інженерії досліджують К.-S. Tang & P.J. Williams [14]; на зв'язок STEM-освіти з проблемами реального світу та формування STEM-компетентностей вказує у своїх роботах М. Sanders [5] та ін. У різних країнах створені віртуальні спільноти та державні проекти з дослідження та поширення STEM-технологій. В Україні методичну підтримку STEM-освіти забезпечують інформаційний портал Osvita.ua - https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/56880/ та Інститут Модернізації Змісту Освіти НАПН України – <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/>. Започаткована діяльність Всеукраїнського віртуального наукового STEM-центру, проводяться наукові та методичні конференції з питань STEM-освіти, розгортається Всеукраїнська мережа STEM-центрів/лабораторій, які є невід'ємною складовою організаційно-методичної роботи щодо розвитку напрямів STEM у галузі освіти. Формується каталог STEM-програм, які рекомендовані МОН України для використання в навчальних закладах. Перші такі програми вже започатковані в 5 класах НУШ [15].

Поширення набувають STEM-лабораторії, наприклад, IT-Integrator (<http://steam.it-integrator.ua/>); STEAM-Labs (<https://store.steampowered.com/labs/>); Лабораторія експериментальних досліджень Ex Lab (<http://exlab.com.ua/>) тощо, які надають змогу створити інноваційне освітнє STEM-середовище, у межах якого учні опановують основи природничих дисциплін проводячи численні експерименти з фізики, хімії, біології, математики, а також інформатики – вивчаючи основи робототехніки (моделюють, конструюють тощо) [16].

Серед українських дослідників цієї проблеми слід відзначити Н. Сороко [17], О. Васильків, Н. Толоконнікову [18], О. Барну, Н. Балик [19], В. Величко, С. Горбенко, О. Гриб'юк [20], О. Патрикєєву, Н. Олефіренко, В. Андрієвську, В. Носову [16], С. Доценко [21], О. Стрижак, І. Сліпухіну, Н. Полісун, І. Чернецького [22] та ін.

Аналіз досліджень дав можливість визначити *STEM-освіту як наукомістку освіту, що інтегрує математичні, наукові, інженерні та технологічні знання та здібності й спрямована на формування актуальних на ринку праці компетентностей* (до яких належать: критичне, інженерне алгоритмічне, науково-дослідницьке мислення, навички обробки інформації й аналізу даних, цифрова грамотність, креативні якості та інноваційність, навички комунікації, медіаграмотність, з програмування та природничо-математичних наук), *основною метою якої є трансфер знань, що забезпечує впровадження досягнень науки в освітній процес.*

Сьогодні підходи, що започатковані STEM-освітою реалізуються у формі різноманітних олімпіад, турнірів (Всеукраїнський турнір юних фізиків та Всеукраїнський турнір юних винахідників та раціоналізаторів), у діяльності Малої академії наук, конкурсах і заходах: Intel Techno Ukraine, Intel Eco Ukraine, Фестиваль науки Sikorsky Challenge, STEM Festival, наукові пікніки тощо. Величезна робота проводиться науковцями та практиками з метою визначення стратегічних напрямів розвитку освіти в цілому, зокрема STEM орієнтованої. Поступово заклади освіти отримують STEM-лабораторії. Однак, як показав наш досвід та проведений аналіз, залишаються не розв'язаними багато проблем, зокрема й проблеми підготовки вчителів до роботи в новому освітньому середовищі, яке, як зазначає Н. Сороко, є STEM-орієнтованим освітнім середовищем, що поєднує в собі комп'ютерно орієнтоване та хмаро орієнтоване середовище [17, с.173].

Мета статті. Мета цього дослідження – обґрунтувати доцільність інтегрованого використання інформаційно-комунікаційних та проєктних технологій у підготовці майбутніх учителів фізики в аспекті запровадження STEM орієнтованої освіти та запропонувати методичні прийоми використання в цьому процесі комп'ютерно орієнтованого обладнання на основі освітнього середовища Arduino з метою розвитку критичного мислення студентів.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У роботах багатьох дослідників визначені методи навчання, які можна застосувати з метою стимулювання розвитку навичок критичного мислення. D.F. McCormick та M.S. Whittington [23] запропонували для розвитку вищих когнітивних рівнів студентів, які, своєю чергою, призводять до формування навичок критичного мислення, використовувати проблеми зазначені в індивідуальних і групових письмових звітах, групових презентаціях і лабораторних тестах. A. Fisher [24] розглядає критичне мислення як здатність розпізнавати проблеми та пропонує завдання на знаходження ефективних засобів вирішення цих проблем, пошук та систематизацію інформації. Дослідження, що проводились у різних країнах (США, Тайвань, Туреччина тощо) показали, що інтеграція математики та природничих наук позитивно впливає на ставлення та інтерес студентів до навчання, їх мотивацію та досягнення. Одночасно така інтеграція дозволяє студентам розвивати навички XXI століття, зокрема критичне мислення, креативність, спілкування і співпрацю. Так, у дослідженні [25] показано, що інтегроване навчання STEM допоможе учням та студентам розвинути навички вирішення проблем, дозволить формувати критичне мислення та здатність до співпраці.

STEM – освітня модель, що розвивається, яка розбиває традиційні уявлення про академічні предмети, що складаються з науки, технологій, інженерії та математики, і перетворює їх в інтегративну структуру навчальних програм. Наш попередній аналіз показав, що підхід STEM може заохочувати студентів розвивати свої творчі здібності та навички критичного мислення ефективніше, ніж традиційний підхід до надання контенту. З огляду на зазначене доцільно говорити про необхідність запровадження в Україні STEM-освіти.

У сучасному цифровому світі теми STEM-технологій мають життєво важливе значення для розвитку економіки в глобальному аспекті. STEM стосується всього світу, оскільки наука, техніка та інженерія (разом з математикою) є основою інновацій та прогресу. Крім того, сучасне суспільство вимагає не лише розумної, добре освіченої робочої сили, але й технологічно висококваліфікованих людей. ІКТ забезпечують потужні та гнучкі інструменти для викладання, які, незважаючи на виклики цифрової епохи, надихають студентів на більш ефективне навчання та сприяють йому, що особливо вигідно для предметів STEM. Широке дослідження [26], проведене в США, визначає основні фактори, що підтримують ефективні підходи до навчання STEM, та визначає як середовище в класі, так і характеристики школи, які сприяють залученню учнів до цих предметів. Результати цього дослідження та багато опитувань серед учнів та вчителів демонструють істотні переваги використання комп'ютерних віртуальних лабораторних комплексів та навчання в наповнених технологіями освітніх середовищах порівняно з традиційними формами – розуміння студентів покращується [27].

Фізика є однією із складових блоку природничих наук, якій належить вирішальна роль у формуванні наукового світогляду та природничо-наукової картини світу. Однією з найважливіших складових шкільного курсу фізики є система знань, тобто сукупність фактів та методів їх встановлення, що дозволяють обґрунтувати основні положення теорій, що вивчаються. Теорія та експеримент – дві сторони єдиного процесу пізнання,

зв'язок між якими має діалектичний характер. Теорія розробляється для пояснення експериментальних результатів і для передбачення нових явищ. Але будь-яка теорія дає певною мірою обмежені й наближені знання. По-перше, теорія описує ідеалізовані об'єкти, які лише за певних умов наближаються до реальних. По-друге, будь-яка теорія має межі застосування, вимагає дотримання певних умов, що також є ідеалізацією. Критерієм істинності одержаних знань і важливим фактором перевірки наслідків теорії є експеримент. Але він не дає пояснень фактам, не розкриває суті явищ. Пізнати їх суть можна лише під час теоретичної діяльності. Отже, теорія і практика єдині: розвиток практики неможливий без теорії і навпаки [28].

У шкільному курсі фізики може бути виділено три складові: емпірична, теоретична та практична. Найважливішою умовою формування в учнів системи фізичних знань є взаємопов'язане оволодіння всіма складовими курсу фізики. Для цього необхідно подолати розрив, що існує між знаннями, які отримані різними методами. Показати зв'язок між теоретичним та експериментальним під час навчання фізики дозволить підхід, що ґрунтується на інтеграції ІКТ та STEM-технологій – освітніх технологій інтегрованого навчання (переважно проєктних технологій), що дозволяють реалізувати завдання STEM-освіти та досягти очікуваних результатів.

Реалізувати ідеї такого інтегрованого навчання в умовах сучасної школи може лише вчитель, що має відповідну професійну підготовку. Формування фахової (професійної) компетентності вчителів фізики відбувається під час вивчення дисциплін фундаментальної та професійної підготовки. Для реалізації нашого дослідження нами була обрана дисципліна «Сучасні освітні технології у навчанні фізики», один з модулів якої передбачає вивчення студентами Arduino – сучасного імерсивного середовища та платформи контенту. Робота в цьому навчальному середовищі дозволяє показати можливі варіанти застосування ІКТ з метою формування практичних навичок учнів, пов'язаних з технікою та інженерією, тобто реалізувати підходи STEM-освіти та досягти певного рівня STEM-компетентності. З урахуванням того, що, як показують останні дослідження, найбільш затребуваними в майбутньому будуть професії в галузі ІТ та пов'язані з ними, використання пропонованого обладнання під час навчання фізики з метою проведення експериментальних досліджень учнями або в проєктній діяльності, є актуальним та перспективним.

Для реалізації потенціалу комп'ютерної техніки в навчанні фізики проводяться дослідження, результатом яких є розробки та методичне опрацювання ряду комп'ютерних навчальних систем, що використовують цифрові вимірювальні прилади для опрацювання одержаних результатів. Можна виділити основні розробки, що використовуються під час навчального процесу з фізики в Україні, зокрема: *L-микро*® – єдина система у вигляді експериментального середовища, що об'єднує демонстраційне обладнання і набори для лабораторних робіт та практикуму. Його ядром є персональний комп'ютер з вимірювальним блоком. Для проведення вимірювань слугують датчики фізичних величин, які під'єднуються до вимірювального блоку. Цифрові лабораторії *Архімед* – обладнання для проведення широкого спектру досліджень, демонстрацій, лабораторних робіт з фізики, біології та хімії. Комплект складається з переносних комп'ютерів NOVA 5000 або вимірювальних інтерфейсів USBLink. Усі комплекти мають набори датчиків, а також програмне забезпечення для збору, аналізу та обробки даних. *Phywe* – охоплює комплекти обладнання, що передбачають можливість виконання базового набору експериментів у межах класичної та сучасної науки.

Звичайно, слід додати цифрові вимірювальні комплекси Vernier, що почали з'являтися у закладах освіти України в межах впровадження STEM-освіти, але їх вартість та спрямованість на використання операційної системи IOS не дозволяє закладам освіти

мати необхідну кількість такого обладнання, а учням мати повноцінний доступ до експериментів.

Усі зазначені комплекти мають закрите програмне забезпечення, що є наслідком їх комерційної складової. Це не дозволяє вносити корективи у формат та спосіб представлення отриманих результатів. Ще однією суттєвою проблемою більшості подібних комплектів є неможливість використання для обробки результатів власних алгоритмів та отримання результатів, що не передбачені функціоналом програми.

З огляду на зазначене ми прагнули розробити набір комп'ютерно орієнтованого обладнання, що задовольняв би наступним вимогам:

- відкритий програмний код;
- кросплатформеність;
- максимально доступне та функціональне програмне забезпечення для обробки результатів;
- мінімальна вартість та доступність складових компонентів комплекту;
- можливість розширювати та змінювати як апаратну, так і програмну частину, маючи базові знання випускників вищих педагогічних навчальних закладів.

Методичні вимоги до комплекту були визначені наступні:

- дозволяє застосовувати різні освітні технології під час навчання фізики (проектні, ігрові, дослідницькі, Student Team Learning, Learning Together, технології мобільного навчання та ін.);
- полегшує процес підготовки, організації та проведення фізичних експериментів;
- забезпечує постановку та розв'язання експериментальних задач та завдань дослідницького характеру з метою реалізації STEM-технологій;
- можливість використання учнями під час виконання проектної діяльності.

На основі аналізу програмно-апаратних розробок, які задовольняли б вищезазначеним вимогам та вимогам організації педагогічного процесу, було обрано відкриту апаратну обчислювальну платформу Arduino. Її співзасновник David Cuartielles так визначив своє завдання: «Я вирішив, що ми повинні поставити освітян у центр нашої концепції та допомогти їм знайти творчі способи використання технологій. Arduino Education – це не лише створення цікавих проєктів зі студентами, це також знайомство з технологіями, що розвиваються і новими методами навчання» [29].

Основними компонентами Arduino є плата вводу/виводу та середовище розробки мовою Processing/Wiring. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і для роботи в інтегрованому режимі, під'єднуючись до програмного забезпечення, яке використовується на комп'ютері (наприклад: Adobe Flash, Processing, Pure Data, SuperCollider). Інформація про плату (схема друкованої плати) знаходиться у відкритому доступі.

На концептуальному рівні всі плати програмуються через RS-232 (послідовне з'єднання), але реалізація даного способу різниться від версії до версії. Новіші плати програмуються через USB, що дає переваги та зручність у використанні в навчальному процесі. У версії платформи Arduino Uno в якості конвертера використовується контролер Atmega8 у SMD-корпусі. Дане рішення дозволяє програмувати конвертер у такий спосіб, щоб платформа відразу розпізнавалася як миша, джойстик чи інший пристрій за вибором розробника зі всіма необхідними додатковими сигналами керування.

Плати Arduino дозволяють використовувати значну кількість I/O виводів мікроконтролера у зовнішніх схемах. Існує декілька видів зовнішніх плат розширення («shields»), які приєднуються до плати Arduino через штирьові контакти.

Існує безліч мікроконтролерів і мікропроцесорних пристроїв, призначених для програмування різних апаратних засобів: Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24,

Phidgets, MIT's Handyboard і багато інших. Усі ці пристрої пропонують схожу функціональність і покликані звільнити користувача від необхідності заглиблюватися в дрібні деталі внутрішнього устрою мікроконтролерів, надавши йому простий і зручний інтерфейс для їх програмування. Arduino також спрощує процес роботи з мікроконтролерами, але на відміну від інших систем надає ряд переваг для викладачів, студентів, учнів.

Переваги використання платформи Arduino:

Низька вартість. У порівнянні зі схожими апаратними платформами плати Arduino мають відносно низьку вартість.

Кросплатформеність. Програмне забезпечення Arduino працює на операційних системах Windows, Macintosh OSX і Linux, у той час, як більшість подібних систем орієнтовані на роботу тільки у Windows.

Просте та зручне середовище програмування. Середовище програмування Arduino зрозуміле і просте для початківців, але водночас досить гнучке для досвідчених користувачів. Воно засноване на середовищі програмування Processing, що може бути зручним для викладачів. Завдяки цьому студенти (і учні), які вивчають програмування в середовищі Processing, зможуть легко освоїти Arduino.

Розширюване програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом. Програмне забезпечення Arduino має відкритий вихідний код, завдяки цьому можна змінювати й доповнювати його. Можливості мови Arduino можна також розширювати за допомогою C++ бібліотек. Завдяки тому, що код заснований на мові AVR C, користувачі, які мають бажання з'ясувати технічні деталі, можуть легко перейти з мови Arduino на C або вмонтувати ділянки AVR-C коду безпосередньо в програми Arduino.

Розширюване відкрите апаратне забезпечення. Пристрої Arduino побудовані на базі мікроконтролерів Atmel ATmega8 і ATmega168. Завдяки тому, що всі схеми модулів Arduino опубліковані під ліцензією Creative Commons, розробники можуть створювати свої версії пристроїв на основі існуючих.

Для Arduino розроблена велика кількість програмних бібліотек, що дозволяє працювати з найрізноманітнішими датчиками та елементами контролю фізичних процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі. Це дозволяє не обмежуватися стандартними методами вимірювання фізичних величин та не перевантажувати обробку результатів надмірними обрахунками проміжних значень вимірювань.

Наприклад, замість звичних оптичних датчиків, що використовуються для фіксації положення тіла в дослідах з механіки, доцільно використовувати ультразвуковий датчик відстані, що безперервно буде визначати положення рухомого тіла.

Нами розроблена ціла низка дослідів з використанням Arduino, які використовуються під час підготовки вчителів фізики до запровадження нових освітніх технологій [30].

2.1. Визначення прискорення вільного падіння

Пропонований дослід дозволяє інтегрувати знання з фізики, інформатики, математики та техніки.

Студенти отримують обладнання: штатив з кріпленням, блок, набір важків, нитку, ультразвуковий датчик відстані HC-SR04, апаратну обчислювальну платформу Arduino/DCCduino.

Для проведення досліду необхідно міцно закріпити в штативі блок та перекинути через нього нитку. З одного кінця нитки прикріплюють вантаж масою m_1 з іншого – затримуюче кріплення. Піднімають блок на таку висоту, щоб вантаж в крайньому

нижньому положенні знаходився на 5-7 см вище від поверхні столу. Під вантажем розміщують ультразвуковий датчик відстані (рис.1).

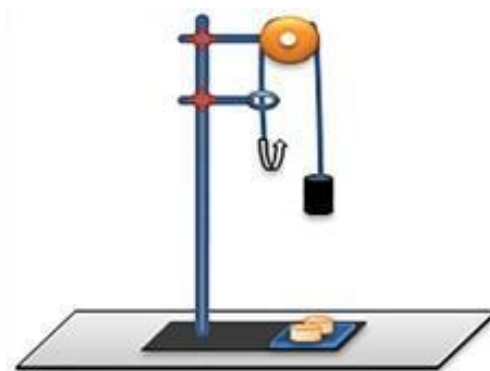


Рис. 1. Установка для визначення прискорення вільного падіння

Попередньо повинна бути проведена робота по завантаженню середовища розробки Arduino. Актуальна версія доступна на сайті розробників: <http://www.arduino.cc/en/Main/Software>.

Після встановлення драйверів необхідно запустити середовище розробки Arduino (рис.2)

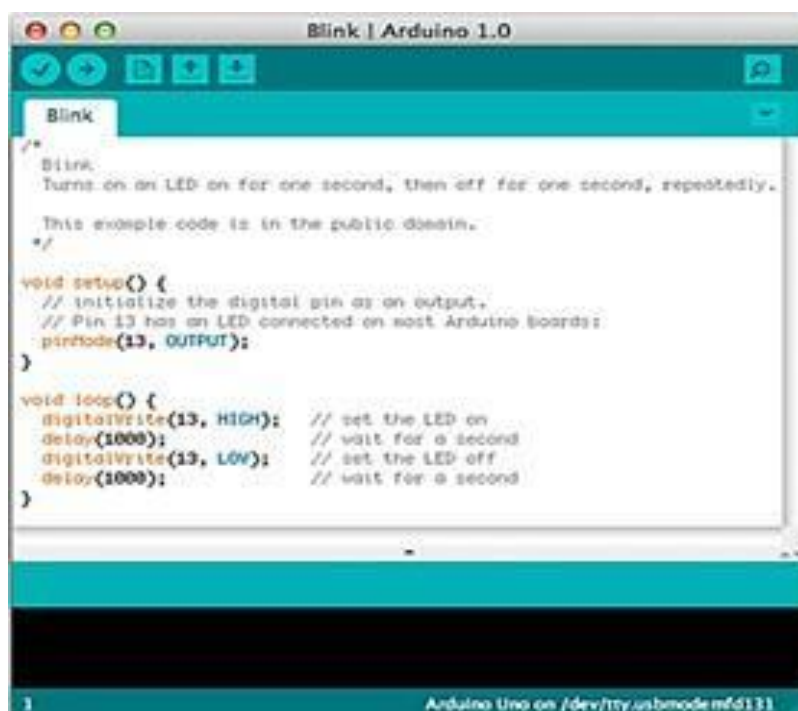


Рис. 2. Середовище розробки Arduino

Підключають пристрій до комп'ютера та обирають у меню необхідний порт, до якого підключений Arduino. Запускають файл книги Excel, що містить макрос «Визначення прискорення вільного падіння». Далі необхідно завантажити відповідний скетч для передачі даних від датчика відстані на послідовний порт комп'ютера та наступної обробки даних макросом і передачі їх в Excel. Такий скетч студенти розробляють (пишуть) самостійно, використовуючи знання з основ програмування. Код

є невеликим, але виконує свою функцію – передає значення до таблиці Excel у режимі онлайн, потім також у режимі онлайн будується графік:

```
#include <NewPing.h>

#define TRIGGER_PIN 12 // Пін підключення тригера ультразвукового датчика
відстані
#define ECHO_PIN 11 // Пін підключення ехо-контакту ультразвукового
датчика відстані
#define MAX_DISTANCE 200 // Максимальна відстань на якій проводяться виміри.
Максимальна відстань чутливості датчика становить 400-500см.

int x = 0;
int row = 0;

NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE);

void setup() {
  Serial.begin(128000); // Відкриваємо послідовний монітор на швидкості 115200
  бод для передачі результатів вимірювань.
  Serial.println("CLEARDATA"); // Передаємо команду для очищення Excel таблиці
  Serial.println("LABEL,Time,Vidstan cm"); // Передаємо заголовки колонок
  таблиці
}

void loop() {
  delay(50); // Час в мілісекундах між отриманням даних
  (мінімальноможливий час 20 мілісекунд).
  unsigned int uS = sonar.ping(); // Переводимо час ping в мікросекунди (uS).

  Serial.print("DATA,TIME,"); Serial.println(uS / US_ROUNDTRIP_CM); //
  Заповнюємо таблицю значеннями
  row++;
  x = x+10;
  if (row > 100)
  {
    row=0;
    Serial.println("ROW,SET,2");
  }
}
```

Піднімають вантаж в крайнє верхнє положення та відпускають його. Зупинивши вимірювання, аналізують отриманий графік та визначають прискорення вільного падіння (рис.3).

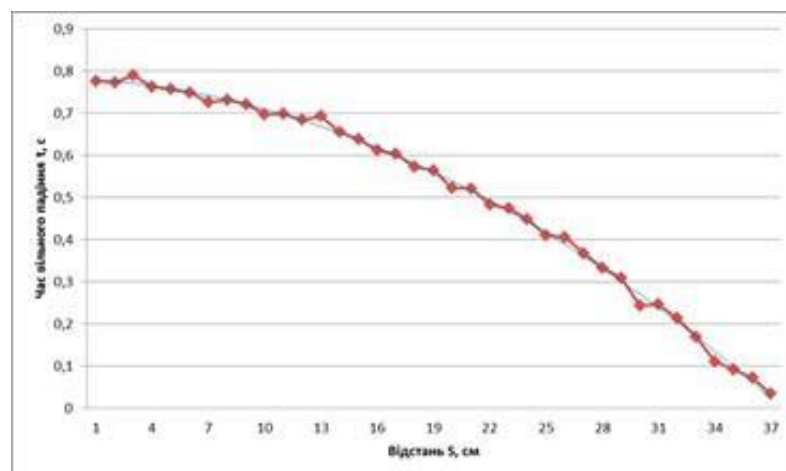


Рис. 3. Графік залежності $s(t)$ при вільному падінні тіла

Наступне дослідження може бути запропоноване учням як проєкт або як експериментальне завдання, що інтегрує в собі знання фізики, хімії, інженерії, інформатики.

Студенти виконують його як самостійне дослідження, розробляючи теоретичну частину, скетч, додаткові експериментальні завдання.

2.2. Дослідження теплопровідності різних матеріалів.

Обладнання: датчики температури DS18B20 у захисному корпусі, апаратна обчислювальна платформа Arduino/DCCduino, залізний та мідний стрижні, скляний калориметр, штатив з тримачами.

Процес теплопровідності розглядається на прикладі передачі тепла в металевих стрижнях. Один з кінців стрижня опускається в гарячу воду, а зміна внутрішньої енергії іншого кінця безпосередньо реєструється за допомогою датчика температури. Порівняння теплопровідностей різних речовин здійснюється одночасною реєстрацією процесу нагрівання двох стрижнів.

Експериментальну установку збирають як показано на рисунку 4. Датчики температури під'єднуються до Arduino. Запускають файл книги Excel, що містить макрос «Теплопровідність», завантажують розроблений скетч та вмикають запис результатів.

Беруть два стрижні з різною теплопровідністю, наприклад, мідь і сталь. Геометричні розміри зразків мають бути однаковими. Стрижні одночасно занурюють у склянку з гарячою водою на однакову глибину. Для усунення можливого нагрівання датчиків за рахунок гарячої пари рекомендується використовувати захисну теплоізолюючу кришку з двома отворами під стрижні.

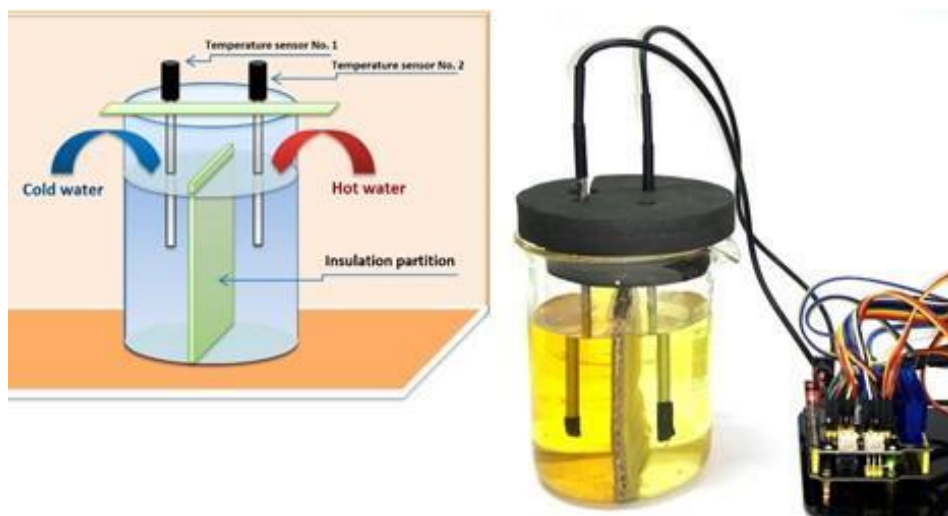


Рис. 4. Загальний вигляд установки для порівняння теплопровідності різних матеріалів

На екрані монітора з'являються дві криві зростання температури (рис.5), що відповідають двом різним матеріалам.

Після виходу на стаціонарний рівень обох кривих слід зупинити проведення вимірювань. Далі виконуються експериментальні завдання, що інтегрують фізику, математику та техніку, реалізуючи завдання STEM-освіти.

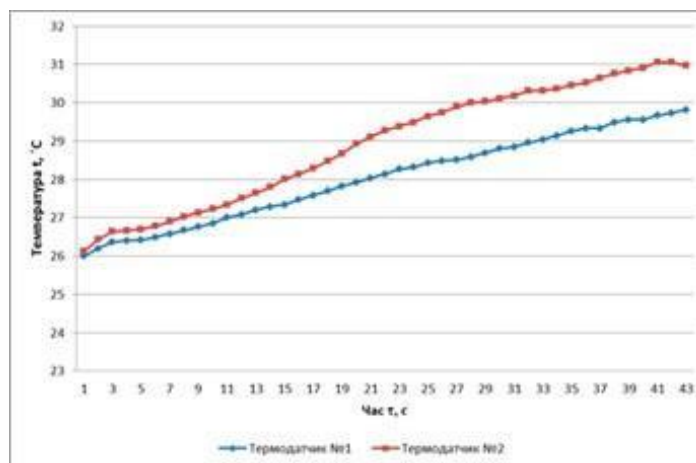


Рис. 5. Графіки зростання температури, що відповідають двом матеріалам з різною теплопровідністю

Експериментальне завдання. З'ясувати причини втрат енергії в процесі нагрівання. Для виконання завдання необхідно дослідити, як зміняться результати вимірювань, якщо на відкриту частину стрижня одягти теплоізоляційну оболонку (шматок пінопласту) або додатковий радіатор (шматок фольги). У першому випадку рівень стаціонарної температури стане вищим, а в другому – нижчим за початковий стаціонарний рівень. Учням пропонується навести приклади використання цих прийомів у техніці.

У якості виконання дослідницького проекту учням пропонується провести дослід із зразками різної геометричної форми (наприклад, трубка і стержень одного розміру) і зробити висновок про те, як форма зразка впливає на процес теплопередачі.

2.3. Проект «Годинник»

Вивчення роботи Arduino та його освітніх можливостей під час вивчення курсу «Сучасні освітні технології у навчанні фізики» студентами завершується виконанням самостійного проекту. Групою студентів, що проходила цей курс був виконаний *проект «Годинник»*. Метою виконання цього проекту була розробка нової системи керування годинниками на факультеті.

Виконання проекту було розбито на етапи. Проект розпочався з вивчення студентами проблеми: вони ознайомилися з історією розробки мережі годинників та провели аналіз, який дозволив обґрунтувати теорію дослідження.

Теоретичне обґрунтування проекту. Щодня неодноразово в навчальних аудиторіях та коридорах студенти та викладачі слідкують за часом, у цьому їм допомагають настінні годинники. Усі вони надзвичайно точні, усі одночасно здійснюють переміщення стрілок. Як же вони працюють? Як одночасно всі годинники переходять на літній чи на зимовий час? Чому практично завжди годинники показують точний час? Ці годинники – мережеві.

У 60-ті роки, коли електроніка ще тільки починала набирати оберти, різними установами та організаціями для відображення часу застосовувалися гібридні електромеханічні годинники. Насамперед необхідність у них виникла в сфері пасажирського транспорту – для більш ефективної роботи диспетчерів маршрутів поїздів, трамваїв і автобусів. Було потрібно, щоб кілька годинників, які фізично могли перебувати досить далеко один від одного, наприклад, у межах маршруту транспорту або в будівлі, мали однакові показники.

Будова такої мережі досить проста: центром є так званий електричний первинний годинник, який один раз на хвилину видає різнополярні імпульси, що чергуються. Групові реле спільно з батареями виступають у ролі репітерів, що дозволяє розташовувати пристрої на великих відстанях.

У літературі того часу дуже добре описаний принцип дії первинних годинників. Цей годинник являє собою дуже цікаву ланку в еволюції технологій. У них все ще використовуються добре відпрацьовані методи досить точного вимірювання тимчасових інтервалів за допомогою коливань маятника, що є серцем будь-яких механічних годинників. Але тут це серце приводить у рух електрику. Маятник приблизно раз в декілька коливань замикає ланцюг живлення електромагніту, що дає йому новий імпульс для розгойдування. Коромисло, з яким пов'язаний маятник, хитаючись з боку в бік за допомогою малої і великої «собачок» обертає храпове колесо. Сенс цієї конструкції в тому, що в який би бік не здійснював рух маятник, колесо буде обертатися лише в одному напрямі. Так працює електромеханічна система. Така система діє на факультеті з 1975 року, вона застаріла та часто дає збої.

Зрозумівши принцип роботи годинникової мережі, можна сміливо зробити простий пристрій, що емулює первинний годинник.

На цьому етапі студенти отримали можливість представити свій *аналіз проекту* за допомогою PowerPoint, який вони представили іншим групам. Студенти відігравали провідну роль, оскільки, група за групою, вони представляли свої ідеї дизайну та застосовували знання, пов'язані зі STEM, обмінюючись проблемами, з якими вони стикалися під час процесу, а також своїми рішеннями. Така практика дозволила студентам розвивати навички наукової дискусії, уміння викладати свої думки словами. Як заявив один студент, "нелегким є завдання чітко пояснити наші думки та ідеї дизайну словами, щоб інші нас зрозуміли".

Реалізація проекту. У якості експерименту було розроблено більш сучасну систему керування мережевими годинниками, яка базується на контролері Arduino UNO та пристрої для керування LCD Keypad Shield (рис.6). Програму для мікроконтролера та управління дзвінками було написано студентами самостійно з урахуванням специфіки роботи нашого університету.

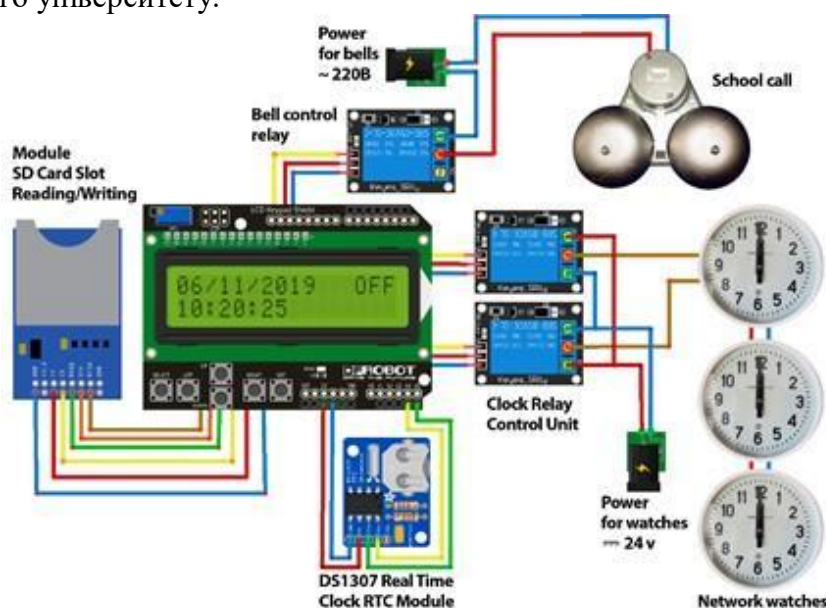


Рис. 6. Система керування мережевими годинниками

Завдання студентами було виконано, система пройшла тестування впродовж декількох місяців та добре себе зарекомендувала. Але технології не стоять на місці, тому для нової групи студентів було поставлено завдання: удосконалити систему керування так, щоб синхронізувати її з міжнародними серверами часу та здійснити можливість регулювання через смартфон, мережу Інтернет або локально через Bluetooth.

Оскільки навчання за запропонованою технологією здійснюється лише другий рік і кількість студентів, що навчаються за спеціальністю, незначна (усього у роботі над проектом взяли участь 28 студентів – майбутніх учителів фізики), тому нами проводилось лише якісне дослідження результатів навчання з використанням методів опитування та спостереження за діяльністю студентів, а також тестових питань критичного мислення, який розроблявся на основі контрольного списку Осборна. На початку та по закінченню вивчення дисципліни проводилось опитування студентів щодо їх ставлення до проектних технологій (зокрема STEM) та їх використання в освіті.

Наслідки навчання за допомогою проекту STEM для навичок критичного мислення студентів ми спостерігали під час навчального процесу, обговорюючи проблему та результати експерименту. Показники навичок критичного мислення, які спостерігалися, були класифіковані такими: яке студент ставить питання, як ідентифікує спірне питання, формулює концептуальне розуміння, зв'язок ідей, припущення та умовиводи.

Бесіди із студентами показали підвищення рівня зацікавленості в оволодінні новими технологіями, бажання не зупинятися на досягнутому результаті. Більше того, частина студентів виявила бажання використати набуті навички під час написання кваліфікаційних робіт та в практичній діяльності як вчителя. Студенти зауважували, що вони стали більш відкритими до використання технологій, ніж на початку вивчення курсу. Найголовніше – отримали впевненість, що здатні використовувати такі речі в своїй діяльності, які раніше вважали для себе недосяжними. Посилити впевненість у власних силах студентам допомогла екскурсія до STEM-лабораторії Комунального закладу «Ліцей «Науковий» Міської ради міста Кропивницький». Студенти змогли в умовах реального освітнього процесу спостерігати впровадження сучасних технологій, зокрема елементів робототехніки, ознайомитись із особливостями навчання учнів, використанням проектних технологій STEM (рис. 7).



Рис. 7. Під час екскурсії студентів у STEM-лабораторію

Слід відзначити, що сучасне змістове наповнення Arduino на вебплатформі [STORE.ARDUINO.CC/ARDUINO-CTC-101-PROGRAM](https://store.arduino.cc/arduino-ctc-101-program) розширює можливості навчання, допомагає студентам розпочати роботу з програмування та електроніки, будуючи повністю функціональні інтерактивні проекти як під керівництвом викладачів, так і самостійно. Викладачі мають можливість підготувати та адаптувати свої заняття,

використовуючи більш захоплюючі та творчі прийоми. Це дозволяє їм повною мірою скористатися новітніми технологіями та інтегрувати їх у свою навчальну програму. Зміст та динаміка таких занять покращує навички вирішення проблем та роботи в команді, що сприяє розвитку навичок критичного мислення.

3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Впровадження ефективних інноваційних технологій та новітніх досягнень у методичне забезпечення навчального процесу є однією з найбільш вагомих сучасних проблем системи фізичної освіти. Процес навчання фізики спрямований на формування в учнів умінь досліджувати, інтегрувати знання, бачити і розуміти практичні застосування отриманих знань та робити спроби відшукувати шляхи нових застосувань набутих знань у галузі інших природничих дисциплін, техніці та інженерії. Розв'язання важливих завдань фізичної освіти вимагає розробки методів навчання на основі використання нових ефективних технологій. Проблемою залишається підготовка вчителів, здатних використовувати в освіті сучасні методи і прийоми. У нашому дослідженні серед широкого кола сучасних освітніх технологій ми обрали STEM як технологію, що дозволяє інтегрувати знання з природничих дисциплін та математики з набуттям навичок у галузі техніки та інженерії. Обґрунтовано, що STEM-освіта є основою формування якостей сучасного фахівця: критичного та логічного мислення, умінь вирішувати проблеми та працювати в команді, знаходити та обробляти інформацію, представляти результати своєї роботи та ін. Показано, що широке впровадження в навчальний процес комп'ютерних технологій (зокрема використання в навчанні апаратної обчислювальної платформи Arduino) відкриває перспективи для швидкої реалізації та поширення STEM в освітньому процесі. У даному дослідженні запропоновано нові підходи в підготовці вчителя фізики до застосування STEM-технологій інтегровано з ІКТ, зокрема під час виконання проєктів. Дослідження показало, що в підготовці вчителів фізики є доцільним поєднання передових технологій з традиційними методами навчання, що дозволяє студентам отримати максимально корисний навчальний досвід та одночасно розвивати критичне мислення й цінні навички XXI століття. Запропонований підхід також може бути використаний у підготовці вчителів інших природничих наук, інформатики, математики. Перспективним напрямом використання Arduino є розробка проєктів, пов'язаних з робототехнікою, що є невід'ємною складовою сучасної STEM-лабораторії. Одночасно нами розглядається можливість започаткування освітньої програми підготовки вчителів STEM.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] J. Larmer and J. R. Mergendoller, "Seven Essentials for Project-Based Learning," *Educ. Leadersh.*, vol. 68, no. 1, p. 34, 2010.
- [2] F. Banks, and D. Barlex, *Teaching STEM in the secondary school: Helping teachers meet the challenge*. London: Routledge, 2014.
- [3] D. Barlex, "The STEM Programme in England", in *Positioning Technology Education in the Curriculum*, vol.8, 2011. [Електронний ресурс]. Доступно: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6091-675-5_6
- [4] M. Bers, S. Seddighin, A. Sullivan, Ready for robotics: Bringing together the T and E of STEM in early childhood teacher education. *Journal of Technology and Teacher Education*, 21(3), 355–377., 2013.
- [5] M. Sanders, "STEM, STEM Education, STEMmania". *The Technology Teacher*, pp. 20–26, 2009. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.ttt.istem.ed.def.pdf>

- [6] J. Pitt. Blurring the boundaries – STEM education and education for sustainable development. *Design and Technology Education: An International Journal*, 14(1), 37–48, 2009.
- [7] G. Yakman and H. Lee, “Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea,” *J. Korean Assoc. Sci. Educ.*, vol. 32, no. 6, pp. 1072–1086, 2015. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>.
- [8] D. Bell, "The reality of STEM education, design and technology teachers' perceptions: A phenomenographic study", *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 26(1), pp. 61–79, 2016.
- [9] J. Radloff, and S. Guzey, "Investigating preservice STEM teacher conceptions of STEM education", *J. Sci. Educ. & Technol.*, vol. 25, pp. 759–774, 2016. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9633-5>.
- [10] J. Hallström, and K. Schönborn, "Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument", In. *J. STEM Educ.*, vol. 6, 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0178-z>.
- [11] G. Courros. The Principal of Change, Stories of learning and leading, 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://georgecourros.ca/blog/the-innovators-mindset-book/introduction-resources>
- [12] В.Ю. Биков, "Теоретико-методологічні засади моделювання навчального середовища сучасних педагогічних систем", у зб.праць *Інформаційні технології і засоби навчання*, с. 5-15, Київ, 2005.
- [13] С.Г.Литвинова, "Поняття й основні характеристики хмаро орієнтованого навчального середовища середньої школи", *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 40, №2, с.26-41, 2014. [Електронний ресурс]. Доступно: file:///C:/Users/HP/Downloads/ITZN_2014_40_2_5.pdf
- [14] K.S Tang, and P.J Williams, "STEM literacy or literacies? Examining the empirical basis of these constructs", *Review of Education*, vol. 7, us.3, pp. 675-679, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://doi.org/10.1002/rev3.3162>.
- [15] Модельна навчальна програма «STEM. 5-6 класи (міжгалузевий інтегрований курс)» для закладів загальної середньої освіти (авт. Бутурліна О.В., Артем'єва О.Є.). [Електронний ресурс]. Доступно: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2021/14.07/Model.navch.prohr.5-9.klas.NUSH-roetap.z.2022/Mizhhal.intehr.kursy/STEM.5-6.kl.Buturlina.Artyemyeva.04.10.pdf>
- [16] Н.В. Олефіренко, В.М. Андрієвська, В.В. Носова, “Світовий досвід запровадження STEM-технологій в освіту”. *Фізико-математична освіта*. Випуск 3(25). Частина 1. С. 62-67, 2020.
- [17] Н.В. Сороко, "Проблема створення STEAM-орієнтованого освітнього середовища для розвитку інформаційно-цифрової компетентності вчителя основної школи", *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, вип.170, с.169-177, 2018.
- [18] Н.Толоконнікова, та О.Васильків, "Застосування ІКТ у реалізації STEM-освіти на уроках природничого циклу", *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*, Вип. 11 (IV), с.99-103, 2017.
- [19] О. Барна, та Н. Балик, "Впровадження STEM освіти у навчальних закладах: етапи та моделі", на *I регіон. наук.-прак. веб-конф. STEM-освіта та шляхи її впровадження в навчально-виховний процес*, Тернопіль, 2017, с. 3-8. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://elar.ippo.edu.te.ua:8080/bitstream/123456789/4559/1/Varna.pdf>
- [20] О.О. Грив'юк, В.Л. Юнчик, "Розв'язування евристичних задач в контексті STEM-освіти з використанням системи динамічної математики GeoGebra", *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, Вип. 27, С. 138-155, 2015.
- [21] С.О. Доценко, “STEM-освіта: науковий дискурс та освітні практики.” *Рідна школа*, 2021. №3.
- [22] О.Є. Стрижак, І.А. Сліпухіна, Н.І. Полісун, І.С. Чернецький. “STEM-освіта: основні дефініції.” *Інформаційні технології і засоби навчання*. Т. 62, № 6, С. 16-33, 2017. <https://doi.org/10.33407/itlt.v62i6.1753>.
- [23] D.F. McCormick, & M.S. Whittington. “Assessing academic challenges for their contribution to cognitive development”, *Journal of Agricultural Education*, vol. 41(3), pp. 114-122, 2000. <http://doi.org/10.5032/jae.2000.03114>.
- [24] A. Fisher, *Critical thinking: An introduction*. London, UK: Cambridge University Press, 2001.
- [25] Y. Rahmawati, A. Ridwan, T. Hadinugrahaningsih, and Soeprijanto. “Developing critical and creative thinking skills through STEAM integration in chemistry learning”, *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1156, no.1, pp. 28-30, 2019. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1156/1/012033>.
- [26] *National Research Council: Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering and Mathematics*. The National Academies Press, Washington DC. 2011. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13158/successful-k-12-stem-education-identifying-effective-approaches-in-science>.

- [27] T.J. Devlin, C.R. Feldhaus, and K.M. Bentrem. "The evolving classroom: a study of traditional and technology-based instruction in a STEM classroom". *J. Technol. Educ.*, vol. 25(1), pp. 34–54, 2013. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://dx.doi.org/10.21061/jte.v25i1.a.3>
- [28] І.В. Сальник, *Віртуальне та реальне у навчальному фізичному експерименті старшої школи: теоретичні основи*, Кіровоград, Україна: ФО-П Александрова М.В, 2015.
- [29] CTC Educators Brochure, 2018, p.6. [Електронний ресурс]. Доступно: https://content.arduino.cc/assets/CTCEducators_Brochure_2018.pdf,
- [30] Д.В. Соменко, *Використання апаратно-обчислювальної платформи Arduino*, Кіровоград, Україна, 2015.

Матеріал надійшов до редакції 05.01.2023 р.

USING THE ARDUINO PLATFORM IN THE PREPARATION OF PHYSICS TEACHERS FOR STEM-ORIENTED EDUCATION

Iryna V. Salnyk

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Head of Department of Natural Sciences and Methods of their Teaching
Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University, Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-1117-9862
isalnyk@gmail.com

Dmytro V. Somenko

PhD of Pedagogical Sciences, senior lecturer at the Department of Technological and Professional Education
Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University, Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-6426-1507
SomenkoD@gmail.com

Eduard P. Siryk

PhD of Pedagogical Sciences, Assistant Professor,
Assistant Professor of Department of Natural Sciences and Methods of their Teaching
Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University, Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-9201-2943
epsiryk@gmail.com

Abstract. The proposed article deals with the topic related to the introduction of STEM technologies integrated with ICT in the education system. The importance of the topic arises from the society demands for people who have scientific knowledge and experience in the sphere of technology and engineering. To accomplish the tasks of students' preparation for living in the modern information technology society and provide them with the skills of the 21st century is possible only for the teacher who has such skills. A modern Physics teacher works in the educational environment, which is computer oriented. ICT means can enhance students' skills in STEM education: problem and practical tasks solving, logical and critical thinking, technology literacy. The topic of ICT using in the STEM education is currently relevant. The article analyzes studies that consider the conditions for the introduction of ICT in STEM education in different countries. These studies testify to the high effectiveness of such integration. The conducted analysis gave an opportunity to identify modern approaches and offer methods of using computer-oriented equipment Arduino in the process of Physics teachers training for work in STEM oriented educational environment. As the main approach to student education, project technologies were chosen, implemented in the course "Modern Educational Technologies in teaching physics". In particular, it is proposed to use the Arduino platform in order to involve students in the implementation of various types of projects: from simple school physical experiments to original group projects. Studying according to the proposed methodology and qualitative analysis of its results showed an increase in the level of students' interest in mastering new technologies, the desire to use their skills in practical activities, the formation of critical thinking skills: the ability to pose a problem, process and summarize information, conduct group discussions, draw conclusions. At the same time, we found out that the implementation of STEM requires coordination of educational programs of various disciplines, provision of material resources, and development of educational programs for teacher training.

Keywords: STEM education; information and communication technology; computer oriented equipment; Arduino; project activity; teacher training.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] J. Larmer and J. R. Mergendoller, "Seven Essentials for Project-Based Learning," *Educ. Leadersh.*, vol. 68, no. 1, p. 34, 2010. (in English)
- [2] F. Banks, and D. Barlex, *Teaching STEM in the secondary school: Helping teachers meet the challenge*. London: Routledge, 2014. (in English)
- [3] D. Barlex, "The STEM Programme in England", in *Positioning Technology Education in the Curriculum*, vol.8, 2011. [Online]. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6091-675-5_6 (in English)
- [4] M. Bers, S. Seddighin, A. Sullivan, Ready for robotics: Bringing together the T and E of STEM in early childhood teacher education. *Journal of Technology and Teacher Education*, 21(3), 355–377., 2013. (in English)
- [5] M. Sanders, "STEM, STEM Education, STEMmania". *The Technology Teacher*, pp. 20–26, 2009. [Online]. Available: <https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.ttt.istem.ed.def.pdf> (in English)
- [6] J. Pitt. Blurring the boundaries – STEM education and education for sustainable development. *Design and Technology Education: An International Journal*, 14(1), 37–48, 2009. (in English)
- [7] G. Yakman and H. Lee, "Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea," *J. Korean Assoc. Sci. Educ.*, vol. 32, no. 6, pp. 1072– 1086, 2015. doi: <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>. (in English)
- [8] D. Bell, "The reality of STEM education, design and technology teachers' perceptions: A phenomenographic study", *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 26(1), pp. 61–79, 2016. (in English)
- [9] J. Radloff, and S. Guzey, "Investigating preservice STEM teacher conceptions of STEM education", *J. Sci. Educ. & Technol.*, vol. 25, pp. 759–774, 2016. doi: <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9633-5>. (in English)
- [10] J. Hallström, and K. Schönborn, "Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument", In: *J. STEM Educ.*, vol. 6, 2019. doi: <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0178-z>. (in English)
- [11] G. Couros. *The Principal of Change, Stories of learning and leading*, 2019. [Online]. Available: <https://georgecouros.ca/blog/the-innovators-mindset-book/introduction-resources> Last accessed 15.07.2022 (in English)
- [12] V. U. Bykov, "Theoretical and methodological principles of modeling of educational environment of modern pedagogical systems", In: *Information technology and learning tools*, pp. 5 – 15, Kyiv, 2005. (in Ukrainian)
- [13] S. H. Лутупова, "Поняття й основні характеристики хмаро орієнтованого навчального середовища середньої школи", *Information Technologies and Learning Tools*, vol. 40 (2), p.p.26-41, 2014. [Online]. Available: file:///C:/Users/HP/Downloads/ITZN_2014_40_2_5.pdf (in Ukrainian)
- [14] K. S Tang, and P. J Williams, "STEM literacy or literacies? Examining the empirical basis of these constructs", *Review of Education*, vol. 7, us.3, pp. 675-679, 2018. doi: <https://doi.org/10.1002/rev3.3162>. (in English)
- [15] Model educational program "STEM. 5-6 grades (interdisciplinary integrated course)" for institutions of general secondary education (Buturlina O.V., Artiemiya O.Ie.). [Online]. Available: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2021/14.07/Model.navch.prohr.5-9.klas.NUSH-poetap.z.2022/Mizhhal.intehr.kursy/STEM.5-6.kl.Buturlina.Artyemyeva.04.10.pdf> (in Ukrainian)
- [16] N. Olefirenko, V. Andriievska, V. Nosova, "STEM technology adoption in education: overseas experience." *Physical and Mathematical Education*. Issue 3(25). Part 1. pp. 62-67, 2020. (in Ukrainian)
- [17] N. Soroko. "The problem of creating a STEAM-oriented educational environment for the development of digital-digital competence of primary school teachers", *Academic notes. Series: Pedagogical Sciences*, vol.170, pp. 187-195, 2018. (in Ukrainian)
- [18] N. Tolokonnikova, and O. Vasylykiv. "The use of ICT in the implementation of STEM education in the lessons of the natural cycle", *Academic notes. Series: Problems of the method of physics, mathematical and technological education*, vol. 11 (IV), pp.99-103, 2017. (in Ukrainian)
- [19] O.V. Barna, and N.R. Balyk. "Implementation of STEM education in school: stages and models", in Proc. *I regional scientific-practical web-conference "STEM-education and ways of its introduction in educational process"*, Ternopil, 2017, pp.3-8. [Online]. Available: <http://elar.ippo.edu.te.ua:8080/bitstream/123456789/4559/1/Barna.pdf> (in Ukrainian)

- [20] O. O. Hrybiuk, V.L. Yunchyk. “Solving heuristic problems in the context of STEM education using the system of dynamic mathematics GeoGebra”, *Modern information technologies and innovative teaching methods in the training of specialists: methodology, theory, experience, problems*, vol. 27, pp. 138-155, 2015. (in Ukrainian)
- [21] S. O. Dotsenko, “STEM education: scientific discourse and educational practices.” *Native school*, 2021. №3. (in Ukrainian)
- [22] O. Y. Stryzhak, I.A. Slipukhina, N.I. Polikhun, and I.S. Chernetskiy, “Stem-education: main definitions.” *Information Technologies and Learning Tools*. V. 62, № 6, pp. 16-33, 2017. doi: <https://doi.org/10.33407/itlt.v62i6.1753>. (in Ukrainian)
- [23] D. F. McCormick, & M.S. Whittington. “Assessing academic challenges for their contribution to cognitive development”, *Journal of Agricultural Education*, vol. 41(3), pp. 114-122, 2000. doi: <http://doi.org/10.5032/jae.2000.03114>. (in English)
- [24] A. Fisher, *Critical thinking: An introduction*. London, UK: Cambridge University Press, 2001. (in English)
- [25] Y. Rahmawati, A. Ridwan, T. Hadinugrahaningsih, and Soeprijanto. “Developing critical and creative thinking skills through STEAM integration in chemistry learning”, *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1156, no.1, pp. 28-30, 2019. doi: <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1156/1/012033>. (in English)
- [26] *National Research Council: Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering and Mathematics*. The National Academies Press, Washington DC. 2011. [Online]. Available: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13158/successful-k-12-stem-education-identifying-effective-approaches-in-science>. (in English)
- [27] T. J. Devlin, C.R. Feldhaus, and K.M. Bentrem. “The evolving classroom: a study of traditional and technology-based instruction in a STEM classroom”. *J. Technol. Educ.*, vol. 25(1), pp. 34–54, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.21061/jte.v25i1.a.3>. (in English)
- [28] I. V. Salnyk. *Virtual and real in the learning physics experiment at the senior school: theoretical foundations*, Kirovohrad, Ukraine: FO-P Aleksandrova M.V., 2015. (in Ukrainian)
- [29] CTC Educators Brochure, 2018, p.6. [Online]. Available: https://content.arduino.cc/assets/CTCEducatorsBrochure_2018.pdf (in English)
- [30] D. V. Somenko. *Use of hardware and computing platform Arduino*, Kirovohrad, Ukraine: Ekskliuzyv – system, 2015. (in Ukrainian)

