



УДК 373.5:375.5.02:373.3/5.016(070.432)

УПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ STEM (STEAM)-ОСВІТИ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ ЧЕРЕЗ AR- І 3D-ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРОЄКТНО-ДОСЛІДНИЦЬКУ ДІЯЛЬНІСТЬ

Т. С. Шостак

Проаналізовано проблематику впровадження STEM-освіти на уроках математики в закладах загальної середньої освіти шляхом реалізації STEM-проектів, базованих на AR- і 3D-технологіях – цифрових інструментах для створення тривимірних зображень та доповненої реальності, які є основою таких інноваційних форм організації навчального процесу, як онлайн-експерименти, електронні віртуальні лабораторії, наукові музеї тощо. На допомогу вчителю наведено приклади проектно-дослідницьких STEM-проектів у 5–9 класах, які можна реалізувати із використанням AR- і 3D-технологій; схарактеризовано можливості низки додатків (застосунків, віртуальних середовищ) під час STEM-уроку.

Доводиться, що описані новітні технології при використанні у STEM-проектах мають значний потенціал для підвищення ефективності навчання здобувачів освіти, оскільки забезпечують діяльнісний підхід під час індивідуальної та групової форм роботи з учнями, підтримують навчання дітей з особливими потребами, сприяють формуванню в учнів цілісного, системного світогляду, актуалізують у дітей особистісне ставлення до проблем, допомагаючи їм емоційно й системно сприймати поняття і явища навколишнього світу, цілісно розглядати його, забезпечують успішну реалізацію навчальної програми з математики у Новій українській школі та є вагомим чинником підготовки конкурентоспроможного, креативного випускника.

Ключові слова: STEM-освіта, інновація, проектно-дослідницька діяльність, AR- і 3D-технології, Нова українська школа.

Tetiana Shostak. Implementation of STEM (STEAM) Education Elements in Mathematics Lessons With AR- and 3D-Technologies and Research Project Activities

In this paper author discusses some aspects of implementing STEM education in mathematics lessons in general secondary education institutions through the STEM projects based on AR and 3D technologies, using digital tools for creating three-dimensional images and augmented reality, which are the basis of such innovative forms of organizing the educational process as online experiments, electronic virtual laboratories, science museums, etc. Author proposes examples of STEM research project using AR and 3D technologies for 5–9 grades and characterizes some applications, virtual environments those could be useful at STEM lesson.

It is proven that these technologies, when used in STEM projects, have a significant potential for increasing the effectiveness of education for students, as they provide an active approach during individual and group forms of work with students, support the education of children with special needs, and contribute to the formation of a holistic, systemic worldview, actualize children's personal attitude to problems, helping them to emotionally and systematically perceive the concepts and phenomena of the surrounding world, to consider it holistically, ensure the successful implementation of the mathematics curriculum in the New Ukrainian School and are an important factor in the preparation of a competitive, creative graduate.

Keywords: STEM education, innovation, research project activity, AR- and 3D-technologies, New Ukrainian school.

*Ми в Apple переконані, що самих лише технологій замало.
Лише альянс технологій із мистецтвом і гуманітарними
знаннями дає результат і змушує наші серця співати.
Стів Джобс*

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку суспільства внаслідок змін функцій і формату освіти змінюється роль вчителя: він не лише передає знання, а й допомагає учням сформуванню системи soft skills, тобто гнучких навичок – дослідниць-

кої роботи, розвитку власної кар'єри тощо. Учитель нині стає ментором, фасилітатором, створює оптимальні умови для прогресу та навчання учнів.

Одним із завдань сучасної школи та вчителів є створення умов для розвитку саме

Шостак Тетяна Сергіївна, учитель математики Полтавської загальноосвітньої школи І–ІІІ ступенів № 9 Полтавської міської ради Полтавської області

тих умінь і навичок учнів, що необхідні для набуття затребуваних у сучасному світі STEM-професій (ІТ-спеціалісти, технологи, науково-інженерні кадри та математики), а саме: уміння бачити проблему комплексно та нестандартно; використовувати ІКТ; спілкуватися рідною та іноземними мовами; здійснювати дослідницьку діяльність; працювати в команді; брати на себе відповідальність.

Якісне впровадження елементів STEM-освіти забезпечує успішну реалізацію навчальної програми з математики у Новій українській школі та стає вагомим чинником підготовки конкурентоспроможного, креативного випускника.

STEM – це напрям в освіті, у якому посилюються природничо-науковий компонент та інноваційні технології. STEM – це інтеграція наук, інженерій, технологій та математики. Оскільки чотирма складниками STEM є S – наука (science), T – технології (technology), E – engineering (інженерія, технічна творчість), M – mathematics (математика) [8], ключовий аспект упровадження STEM-освіти полягає не лише у її застосуванні на окремих уроках, а й під час усього освітнього процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питання впровадження STEM-освіти у природничо-математичному та загальнопедагогічному контексті досліджували багато науковців, зокрема: І. А. Сліпухіна (сучасний фізичний експеримент у дидактиці STEM-орієнтованого навчання, цифровий вимірвальний комплекс як формувальний чинник STEM-орієнтованого освітнього середовища), О. В. Барна (шляхи та методи впровадження STEM-освіти у навчально-виховний процес), Н. О. Гончарова (використання ігрових технологій у STEM-освіті), Д. В. Васильєва (реалізація STEM-підходів на уроках математики), О. В. Бутурліна (мотиваційна та технологічна готовність учасників навчально-виховного процесу до впровадження STEM-освіти), Т. Л. Бережна (STEM-освіта як елемент професійної компетенції вчителя), С. Л. Горбенко (STEM-освіта й обдарована молодь), І. Стеценко (STEM-освіта для дошкільників).

Погоджуємося з дослідницями О. В. Барною, Н. Р. Балик, що діяльність STEM-учителя не обмежується викладанням власного предмета, оскільки STEM-учитель – це фахівець нового формату, який навчає молодь у контексті соціокультурного простору, між-

дисциплінарних зв'язків [1]. Важливим є його вміння організувати освітній процес як педагогічну взаємодію, спрямовану на розвиток особистості дитини, її підготовку до розв'язування завдань життєтворчості. Тому набуває ваги проблема розвитку професійних компетентностей STEM-педагога.

Застосування моделі проектно-дослідницької діяльності під час STEM-уроку змінює роль учителя на менеджера й консультанта, а учня – на дослідника. Учитель пропонує необхідний інструментарій, спостерігає за ходом наукового пошуку дітей, стимулює їх до висновків, допомагає зрозуміти й усунути недоліки. Учні, генеруючи цікаві ідеї, втілюють їх, планують свою діяльність, виходячи з поставленого завдання і наявних ресурсів. А використання ІКТ в освітньому процесі дає вчителю змогу доступно пояснити теоретичний матеріал, підвищити інтерес учнів до навчання, краще утримувати їхню увагу, а також проводити лабораторні експерименти за допомогою смартфона.

Мета цієї статті – розкрити практичні аспекти впровадження елементів STEM-освіти на уроках математики в закладах загальної середньої освіти.

Виклад основного матеріалу. У контексті впровадження проектно-дослідницької діяльності на уроках математики розглянемо такий елемент STEM-освіти, як AR- і 3D-технології.

3D (Three-dimensional) і AR (Augmented Reality) – це цифрові інструменти для створення тривимірних зображень та доповненої реальності. За оцінками дослідників, ці технології набувають популярності: смартфони та планшети нині постійно з їхніми користувачами, а занурення у віртуальну чи змішану реальність поступово стає звичним способом дозвілля, роботи та навчання.

3D-технології уможливають для дизайнерів і розробників моделювання будь-яких об'єктів (наприклад, молекули кисню чи двигуна автівки), а користувачам допомагають роздивлятися об'єкти з усіх боків на екрані гаджетів. AR-технології дають змогу розташовувати ці віртуальні об'єкти в реальному просторі, застосовуючи камеру на смартфоні чи планшеті. Часто застосунки з доповненою реальністю супроводжують зображення звуками та різними додатковими ефектами для більшого занурення користувачів у той чи інший контент, зокрема навчальний.

3D- і AR-технології здебільшого асоціюються з іграми та розвагами. Проте нині ці інструменти активно використовують у медицині, бізнесі, військовій справі, дослідженні космосу та освіті (початковій, середній, вищій): за їх допомогою можна і навчити дитину рахувати, і допомогти студентам засвоїти складну тему з анатомії.

Можливості, що надають 3D- і AR-технології під час STEM-уроку:

- розвивають увагу – учні більше зосереджені, якщо завдання виконується особисто, на власному гаджеті, у власному темпі;
- поліпшують ефективність запам'ятовування – візуалізація процесів сприяє покращенню ефективності навчання;
- активують усі органи чуття – мультисенсорне навчання (слух, зір, тактильність) допомагає підвищити якість індивідуалізованого навчання;
- покращують ефективність сприйняття, розуміння, допомагаючи учням поліпшити якість навчання;
- розвивають моторику;
- стимулюють мислення, допомагаючи учням набути необхідних навичок 21 століття.

Доповнена реальність (AR, Augmented Reality) – поняття, яке описує процес доповнення існуючої реальності віртуальними об'єктами. Комунікація з віртуальною реальністю виконується в режимі online, а для забезпечення необхідного ефекту має бути лише вебкамера, зображення з якої доповнюється віртуальними об'єктами. Використання такого засобу ІКТ під час вивчення нового матеріалу сприятиме кращому його засвоєнню та формуванню практичних навичок, причому використання AR відбувається за допомогою смартфона. У разі наведення на маркер смартфона рисунок «оживає», на екрані з'являється його тривимірна модель, яку можна обертати, збільшувати, переглядати під різними кутами для кращого усвідомлення її будови, принципу дії тощо.

Так, інноваційним та захопливим способом вивчення геометрії за допомогою візуалізації та взаємодії є додаток CleverBooks, [7] який легко запускається на планшеті чи смартфоні (на базі Android чи Apple). За допомогою колекції флешкарт (рис. 2) можна вивчати прості геометричні фігури. У програмі представлено 3D-моделі з доповненою реальністю для основних геометричних фігур (рис. 1). Діти можуть взаємодіяти з фігурами, що сприяє розвитку в школярів просторового мислення та уяви.

Математика і мистецтво пов'язані здавна. Математику описували як мистецтво, мотивоване красою. Математика пов'язана з такими видами мистецтва, як музика, хореографія, архітектура, ткацтво, художня культура тощо. Тому, залучаючи школярів до проєк-

Математика і мистецтво пов'язані здавна. Математику описували як мистецтво, мотивоване красою. Математика пов'язана з такими видами мистецтва, як музика, хореографія, архітектура, ткацтво, художня культура тощо. Тому, залучаючи школярів до проєк-

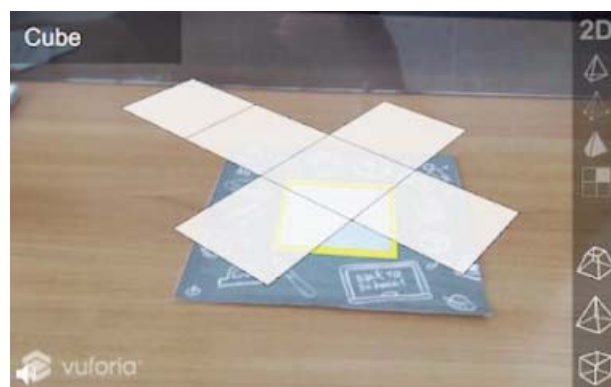
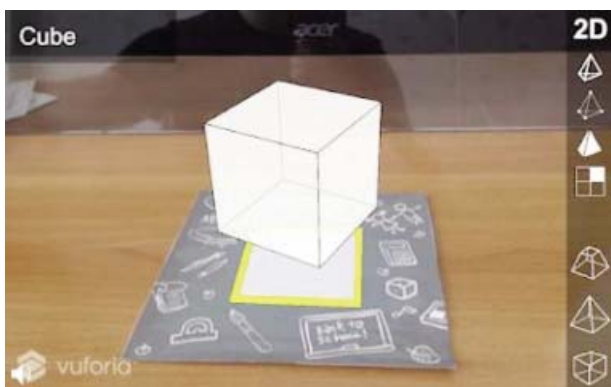


Рис. 1. Ілюстрація 3D-моделей з доповненою реальністю для основних геометричних фігур додатка CleverBooks



Рис. 2. Флешкарти (скріншот з додатка CleverBooks)

тно-дослідницької діяльності, доцільно, наприклад, у 9 класі розширити уявлення учнів про геометричні фігури та розглянути тему «Многокутники в архітектурі та будівництві» із використанням додатка CleverBooks.

Одним із застосунків від українських розробників є AR_Book, створений для діджиталізації освітнього процесу. Він допомагає унаочнити тему уроку, проілюструвати ті чи інші процеси за допомогою практичних дослідів і зафіксувати результати роботи в зручному форматі. Застосунок має 6 основних розділів за шкільними предметами: фізика, хімія, астрономія, біологія, математика та географія. Розділи містять експерименти, що ілюструють теми уроків. Кожен експеримент – це набір тривимірних моделей приладів, пристроїв чи природних об'єктів, з якими можна взаємодіяти. У межах тієї чи іншої теми учень або учениця покроково знайомляться з усіма процесами, виконують аудіо-вказівки та власноруч активують реакції і взаємодії: запускають двигун, змішують речовини чи підсвічують частини тіла тварин. Також застосунок містить додаткові розділи, наприклад, у розділі «Енциклопедія» діти можуть розглядати тривимірні моделі тварин. Окрема частина функціоналу AR_Book, що має назву AR_Teacher, призначена для освітян. Завдяки їй учителі можуть створювати тести, проводити експерименти в групах і відстежувати прогрес учнів у режимі реального часу.

Додаток AR_Book, на нашу думку, задовольняє принцип «розумної інтеграції», що є важливим критерієм STEM-освіти для вчителів математики, оскільки особливою формою STEM-навчання є інтегровані уроки, які спрямовуються на встановлення міжпредметних зв'язків, формуючи в учнів цілісний, системний світогляд, актуалізуючи особистісне ставлення до проблем, що розглядаються на уроці, вносять новизну в традиційну систему навчання, усуваючи кордони предметного викладання, допомагаючи дітям емоційно й системно сприймати деякі поняття і явища, цілісно сприймати навколишній світ.

Інтегровані уроки проводяться на основі об'єднання схожих тем кількох навчальних предметів: математика-фізика, математика-біологія, математика-географія, математика-

природознавство і навіть математика-література. Так, наприклад, робота у проєктах із застосуванням доповненої реальності AR_Book «Математичний орнамент. Рукавички для Герди» або «Математичні подарунки Снігової королеви» активізує роботу п'ятикласників у новому середовищі та дає змогу реалізувати багато цікавих природничо-технологічних процесів. Учні не лише розроблятимуть орнамент для рукавичок героїні, а й створюватимуть флористичні композиції. Дев'ятикласникам цікаво буде вивчати твір Джонатана Свіфта «Мандри Гуллівера», розвивати логічне та креативне мислення, здійснюючи математичні розрахунки щодо кількості їжі, потрібної Людині-горі, та досліджуючи географічне розташування країни Ліліпутії й особливості біологічного годинника Людини-горі.

Спілкування учителя з колегами при підготовці до таких уроків збільшує його багаж знань, занурюючи у міжпредметну єдність, змінюючи педагогічну і фахову філософію мислення. Так, під час вивчення, наприклад, рівноприскореного руху використовується інформація про лінійну функцію, при вивченні електричних явищ – інформація про пряму і обернену пропорційності. При вивченні механіки потрібно володіти векторними і координатними методами, а при вивченні оптики – знаннями про властивості симетрії тощо. Тісна комунікація з учителями іншого фаху впливає на послідовність розташування тем курсу, забезпечуючи своєчасну підготовку до вивчення інших предметів.

Віртуальні середовища GeoGebra і Desmos дають учителю математики змогу проводити математичні хакатони (hack – зламувати та marathon – марафон) – заходи, що беруть свій початок у ІТ-сфері і під час яких учнівські команди розв'язують певну проблему в обмежений період часу, представляючи здобуті результати перед учасниками освітнього процесу. Переможці отримують як винагороду не тільки оцінки, а й підтримку створених ними проєктів у вигляді їх подальшого практичного використання в освітньому процесі.

На думку американських учених, спроба активізувати освіту в напрямку науки без паралельного розвитку Arts-дисциплін може призвести до того, що молоде покоління позбудеться навичок креативності. Саме інтерактивні форми роботи під час вивчення

матеріалу з математики мають стати дотичними і до впровадження елементів STEM-освіти, і до STEAM- чи STREAM-освіти, що є відгалуженнями загального терміна STEM.

У цьому контексті є доцільним застосування додатків доповненої реальності AR_Book, GeoGebra під час дослідження та розроблення STEM-проектів, наприклад, такої тематики:

1. Проект «Мoje рідне місто» (9 клас). У його рамках можна запропонувати учням створити віртуальну модель центральної вулиці міста та оздобити її частину макетом українського орнаменту, виконавши потрібні математичні розрахунки. Мета проекту полягає в зацікавленні учнів історією рідного міста; вихованні почуття патріотизму й гордості за свою країну та рідне місто; об'єднанні учнів спільною ідеєю; вихованні інтересу до вивчення математики; використанні знань учнів із геометрії про обчислення площ многокутників для оздоблення вулиці; реалізації наскрізних ліній «Підприємливість і фінансова грамотність» та «Громадянська відповідальність» за допомогою роботи в проекті; виробленні у школярів практичних дизайнерських навичок; створенні за допомогою сучасного програмного забезпечення макету оздоблення та презентації проекту.

2. Проект «Розумна ферма» (6–9 класи) може бути представлений на прикладі вирощування домашньої птиці. Інтеграція таких

предметів, як біологія (визначення кормів, необхідних для, скажімо, курей, визначення можливостей запобігання захворюванням птиці, формування режиму дня); хімія (визначення корисних елементів, що містяться в курячих яйцях; використання яєчної шкаралупи для домашнього вжитку); географія (дослідження часу сходу сонця); фізика (розроблення механізму на основі важелів, наступаючи на який, кури могли б відкрити годівниці, поїлки); технології (виготовлення годівниці та поїлки для курей); інформатика (розроблення макету приміщення для утримання птиці); мистецтво (виготовлення крашанок, писанок, драпанок); математика (розв'язування задач на обчислення обсягу кормів, необхідного для певної кількості курей, вартості та об'єму кормів, що їх може вмістити годівниця; визначення відсоткового відношення між ціною 1 десятка домашніх яєць та 1 десятка яєць, придбаних у супермаркеті) дає змогу переконатися, що елементи STEM-освіти через призму AR- і 3D-технологій та проектно-дослідницької діяльності формують в учнів цілісний, системний світогляд, актуалізуючи особистісне ставлення до проблем, допомагаючи дітям емоційно і системно сприймати деякі поняття і явища, цілісно розглядати навколишній світ.

3. Проект «Швидкість капання краплі води» (5–6 клас).

Крапельниці (або внутрішньовенні вливання) використовують для введення ліків та рідин пацієнтам.



Медичним сестрам потрібно вміти розраховувати швидкість капання D (у краплях за хвилину).

Для цього вони користуються формулою $D = kV/60t$, де

k – коефіцієнт капання, який дорівнює кількості крапель на мілілітр.

V – об'єм розчину в мілілітрах (мл).

t – час (у годинах), за який має бути введено розчин.

Рис.3. Ілюстрація до проекту «Швидкість капання краплі води» (5–6 клас)

Основою цього проєкту є проблемне питання, пов'язане з тим, що медична сестра хоче вдвічі збільшити час уведення розчину. Учням та ученицям ставиться завдання описати, як саме зміниться величина D , якщо t збільшиться вдвічі, а k і V при цьому залишаться тими самими. Медичним сестрам також доводиться обчислювати об'єм розчину V відповідно до заданої швидкості капання D . Розчин, який уводять зі швидкістю 50 крапель на хвилину, необхідно ввести пацієнту впродовж 3-х годин. Коефіцієнт капання для цього вливання дорівнює 25 крапель на мілілітр. Учні мають визначити об'єм розчину (у мл).

Висновки та перспективи подальших досліджень. Завдяки своїй фантазії педагог може створити багато прикладів STEM-проєктів та сформулювати різні задачі з елементами STEM (STEAM, STREAM)-освіти й реалізувати їх за допомогою AR- і 3D-технологій. Новітні технології для розроблення освітнього контенту мають величезний потенціал для підвищення ефективності навчання здобувачів освіти. З допомогою цих технологій можна забезпечити діяльни-ий підхід до різних форм роботи – індивідуальної та групової, підтримувати навчання учнів з особливими потребами. Неперервний доступ до освітнього AR-контенту, простота його використання здатні забезпечити підтримку безперервного процесу навчання, що сприяє підвищенню інтересу дітей як до конкретного навчального предмета, так і до освіти загалом.

Отже, на концептуальному рівні використання засобів доповненої реальності в освітньому процесі з метою підвищення рівня візуалізації освітнього змісту має задовольняти технологічні та контентні потреби здобувачів освіти й педагогів. Але все ще залишається недостатньою кількість розроблених програм і тренінгів для навчання педагогів, що уповільнює впровадження нових підходів у навчанні.

Проблемою залишається інтеграція AR-об'єктів і змісту освіти: здобувачі готові використовувати імерсивні технології, але ні підручники, ні робочі зошити, ні роздатко-

вий матеріал не містять таких об'єктів. Попередньо здійснений аналіз теорії та практики використання засобів доповненої реальності в освітній практиці засвідчує, що в закладах освіти можуть з'явитися і вказаний контент, і підготовлені до такої діяльності педагоги, якщо поліпшити підготовку майбутніх учителів. Подальшого дослідження потребують розроблення змісту навчальних тренінгів, а також визначення місця AR у навчальній літературі для здобувачів освіти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барна О. В., Балик Н. Р. Впровадження STEM-освіти у навчальних закладах: етапи та моделі / Ольга Барна, Надія Балик. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи. Матеріали I-ої Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції з міжнародною участю. – Тернопіль, 2017.
2. Концепція «Нова Українська школа» [Електронний ресурс]. – URL : <http://mon.gov.ua>
3. Король С. В. Використання методу проєктів для посилення професійної спрямованості гуманітарних дисциплін у підготовці майбутніх інженерів / С. В. Король [Електронний ресурс]. – URL : www.irbis-nbuv.gov.ua
4. Лист ІМЗО від 22.08.2019 № 22.1/10-2876 – «Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти у закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2019/2020 навчальному році».
5. Національний звіт за результатами міжнародного дослідження якості освіти PISA-2018 / кол. авт. : М. Мазорчук (осн. автор), Т. Вакуленко, В. Терещенко, Г. Бичко, К. Шумова, С. Раков, В. Горох та ін. Український центр оцінювання якості освіти. – Київ : УЦОЯО, 2019. – 439 с.
6. GeoGebra [Електронний ресурс]. – URL : www.geogebra.org
7. CleverBooks: доповнена реальність для STEM-освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: Освітній міст у майбутнє – CleverBooks
8. STEM-освіта // Інститут модернізації змісту освіти. – URL : <https://imzo.gov.ua/stem-osvita>
9. STEM освіта – світовий освітній тренд // Марафон в-ва «Основа». – URL : <https://www.youtube.com/watch?v=esIN32U06B4>
10. STEM-освіта – шлях до майбутнього // Педагогічна майстерність. – 2017. – № 9.

Цитувати: Шостак Т. С. Упровадження елементів STEM (STEAM)-освіти на уроках математики через AR- і 3D-технології та проєктно-дослідницьку діяльність / Т. С. Шостак // Постметодика. – 2022. – № 1–2. – С. 53–58.

© Т. С. Шостак, 2022. Стаття надійшла в редакцію 6.12.2022 ■