

models in the students of the upper classes of secondary schools. The author considers the problems of improving the quality of basic knowledge formation based on physical modelling. Model formation levels are presented, namely, imaginary, computer, physical conceptual, mathematical, practically oriented. The research model is considered. It should contain an information model of the phenomenon, which includes visual, experimental and theoretical data on the basis of which the student makes a hypothesis about the physical phenomenon or process. The hypothesis includes

testing the logical consequences, measurement errors, basic provisions of model construction. Based on the analysis of the hypothesis, the student draws conclusions about the physical phenomenon or process he is exploring.

**Key words:** theory and methodology of teaching physics, physical models, teaching of physics, basic knowledge, physical phenomena, concept formation, subject competence, high school.

Отримано: 11.05.2019

УДК 37.018:004.9]:001.89

DOI: 10.326626/2307-4507.2019-25.61-64

О. С. Мартинюк

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки  
e-mail: oleksandr\_lutsk@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4473-7883

## ТРИВИМІРНЕ ПРОТОТИПУВАННЯ ЯК СКЛАДНИК STEM-ТЕХНОЛОГІЙ У КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНІЧНІЙ І НАУКОВО-ДОСЛІДНІЙ РОБОТІ СТУДЕНТІВ ТА УЧНІВ

У статті представлено спроектований та виготовлений принтер для тривимірного прототипування. Обґрунтовано необхідність впровадження STEM-технологій для оновлення освітньо-методичної та технологічної бази й реалізації інноваційних підходів. Проаналізовано результати досліджень вітчизняних і зарубіжних учених та нормативно-правову базу у сфері використання й впровадження засобів адитивних технологій у освітній і науковій галузях. За результатами аналізу було розроблено висновки, що основною проблемою у активному впровадженні та використанні адитивних технологій є низький рівень матеріального забезпечення, відсутність відповідного обладнання та невміння працювати з такою технікою. Описано спроектований та виготовлений учнями та студентами 3D-принтер, який пройшов успішну апробацію на практиці. Представлено етапи створення принтера, використовуване програмне забезпечення, узагальнено послідовність налаштування принтера та деякі проблеми, які можуть виникнути під час друку. Робота над проектуванням та виготовленням навчального обладнання з фізики відкриває широкі можливості для активізації пізнавальної діяльності учнів та студентів.

**Ключові слова:** STEM-технології, освітня робототехніка, тривимірне прототипування, 3D-принтер.

Успішне економічне зростання держави залежить від наявності кваліфікованих фахівців, їх здатності та готовності працювати в усіх галузях народного господарства. Особливо актуальною є проблема кадрового забезпечення інноваційних галузей. Тому високий рівень навчання, компетентність учителів, їх обізнаність у предметних галузях мотивує учнів до якісного вивчення природничих дисциплін та до вибору майбутньої спеціальності, пов'язаної з IT-технологіями, біоінженерією, приладобудуванням, робототехнікою, нанотехнологіями та іншими перспективними сферами діяльності сучасної людини. Сучасна освітня модель має містити педагогічні технології, які ґрунтуються на здобутті знань з результатом, що відображається у практичній, науково-дослідницькій, проектній чи конструктивно-технічній діяльності.

Одним із складників такої моделі є система STEM-технологій навчання (Science – наука, Technology – технологія, Engineering – інженерія, Mathematics – математика). Їх впровадження передбачає міждисциплінарний та проектний підходи, поєднання різних природничо-наукових знань у єдине ціле. Зміни, які відбуваються нині у системі освіти з урахуванням впровадження STEM-технологій прогнозують модернізацію концептуальних засад підготовки фахівців у кожній конкретній галузі. Тому актуальною є проблема оновлення освітньо-методичної та технологічної бази для реалізації інноваційних підходів.

Аспекти впровадження технологій STEM-освіти розглядали вітчизняні науковці: П. Атаманчук [1] (STEM-інтеграція, як важлива інноватика сучасної освітньої парадигми), І. Василяшко [2] (актуальність розвитку STEM-навчання в сучасних закладах освіти в новій українській школі), Н. Гончарова [3] (професійна компетентність в системі STEM-навчання), О. Кузьменко [5] (навчання фізики студентів технічних закладів вищої освіти на основі технологій STEM-освіти), М. Садовий, О. Трифонова [7] (методика навчання фізики з вико-

ристанням STEM-технологій), І. Сліпухіна, О. Стрижак І. Чернецький [9] (особливості застосування мультидисциплінарного підходу у STEM-навчанні, науковий та інженерний методи процесів дослідження у навчанні природничо-математичних дисциплінах), В. Шарко [10] (методика навчання природничо-математичних дисциплін у середніх та закладах вищої освіти з використанням технологій STEM-освіти) та інші.

Ефективне впровадження нових технологій, експлуатація обладнання з високим рівнем електронного забезпечення потребує відповідної підготовки кваліфікованих фахівців. Звісно, підготовка інженерних кадрів здійснюється у спеціалізованих технічних вишах. Проте якісна підготовка спеціаліста неможлива без певних попередніх фундаментальних і політехнічних знань, які забезпечують у закладах загальної середньої освіти педагогічні кадри, у тому числі вчителі фізико-математичних дисциплін та технологій. Важливу місію серед стратегічних напрямів реформування освіти покладено на *інноваційне навчання* [4], а відтак, постає завдання відповідного рівня підготовки фахівців на основі сучасних методик та технологій навчання.

*Метою статті* є аналіз можливостей, технології виготовлення та перспективи впровадження й використання засобів адитивних технологій (як складників STEM) в конструктивно-технічній та науково-дослідницькій роботі учнів закладів загальної середньої освіти та студентів – майбутніх учителів фізики та інформатики.

Науково-дослідна та конструктивно-технічна робота повинні захоплювати, а займатися наукою має бути цікаво та доступно. Залучення до наукових та технічних досліджень на основі STEM-технологій не лише забезпечує розвиток креативного мислення та формування цифрової компетентності дослідника, а й розвиває такі навички, як співробітництво, комунікативність та творчість. Нині спостерігається підвищена зацікавленість до

навчання з використанням STEM-технологій в багатьох українських закладах загальної середньої освіти, гуртковій конструктивно-технічній роботі. Проте потрібне удосконалення усього освітнього процесу, запровадження *системних* змін, встановлення зв'язку між *освітніми вимогами та потребами економіки*. В результаті такої роботи вдасться підвищити інтерес учнів до вивчення природничих наук, будуть сформовані можливості для розвитку наукового напрямку в освіті.

На наше глибоке переконання, перспективним складником STEM є 3D-технології (адитивні технології). 3D-друк – одна з форм адитивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється 3D-принтером шляхом послідовного програмованого накладання шарів матеріалу. 3D-технології – частина майбутнього, що стає важливою складовою нашого життя. Проблема вивчення технологій тривимірного моделювання, можливостей самостійного проектування та виготовлення 3D-принтерів та вміння їх обслуговувати нині є особливо *актуальною*. Перевагами 3D-прототипування в першу чергу у тому, що користувач має змогу експериментувати, миттєво отримувати результати та впроваджувати ідеї в реальні проекти та конструкції. Тривимірні технології є ще достатньо новими. Тому їх впровадження (до речі, так само як і засобів освітньої робототехніки, графічного програмування, віртуальної реальності тощо) в навчальний процес та науково-дослідну роботу вітчизняних закладів середньої та вищої освіти відбувається достатньо повільно через низьку компетентність та сповільнену дієвість чиновників, які керують та приймають рішення в галузі освіти. Проте, попри усі труднощі, такі технології необхідно популяризувати та впроваджувати, оскільки найбільшим їх пріоритетом є заохочення (мотивація) до навчання, підвищення інтересу до природничо-математичних дисциплін. Результат моделювання, а це закінчена конструкція (прототип), можна не тільки використати для передбачуваних потреб, але й у перспективі практично використати здобуті знання та вміння на практиці.

Безсумнівними є можливості тривимірного моделювання для реалізації міжпредметних зв'язків. Важко назвати навчальні дисципліни, де б ці технології не знайшли застосування. «Роздруковані» за допомогою 3D-принтера конструкції є хорошим джерелом *оновлення та модернізації* навчального обладнання, інструментом, що забезпечує виготовлення переважної більшості наочності та допоміжних засобів для навчального експерименту більшості навчальних предметів. *Математики* можуть використовувати на уроках математичні моделі, графічні залежності, об'ємні геометричні фігури та форми тощо. Без *програмування* неможливо «оживити» апаратне забезпечення. Робота з принтером вимагає знань та навичок роботи з програмним кодом, основним завданням якого є зчитування і відтворення G-коду (спеціальний код для верстатів із програмним керуванням). Не менш важливим є вміння запрограмувати мікроконтролерну платформу, відкалібрувати механіку, налаштувати температурні режими, узгодити розмірності рухомих деталей, розрахувати швидкості руху осей. Таким основним багажем знань з *інформатики* та *програмно-апаратного забезпечення* комп'ютерної повинен володіти користувач, що займається тривимірним прототипуванням. Успішними є приклади застосування створених на 3D-принтері *геологічних* форм в масштабі, яких неможливо побачити на двомірному зображенні. При викладанні *географії* та *геології* вже використовують наочні тривимірні моделі причин і наслідків гідророзривів пластів при розробці родовищ нафти і газу. Особливо швид-

кими темпами нині розвивається *3D-біопрінтинг* – технологія створення об'ємних прототипів на клітинній основі з використанням 3D-друку, при якій зберігаються функції та життєздатність клітин. Технології 3D-біопрінтингу матимуть застосування при вирощуванні органів і продукуванні інноваційних біоматеріалів. *Історія* та *археологія* мають низку переваг від впровадження 3D-друку. У музеях по всьому світу починають з'являтися високоточні копії експонатів, які не відрізняються від оригіналів, що буде можливим і у закладах освіти. З великим успіхом застосовують 3D-прототипування на уроках *образотворчого мистецтва, графіки та дизайну*, оскільки учні можуть відразу роздрукувати свої спроектовані моделі в тривимірному варіанті [6].

3D-прототипування вимагає затрат чималих коштів. Тому нами запропоновано власну концепцію універсального 3D-принтера (рис. 1).

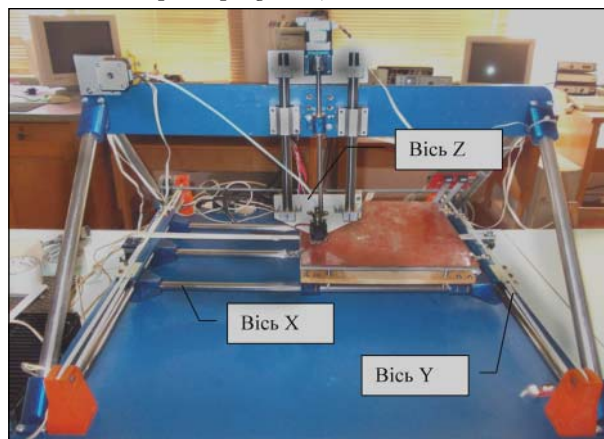


Рис. 1. Самостійно виготовлений 3D-принтер

Платформа розробленого та виготовленого нами 3D-принтера, здійснює рухи по осях X та Y, екструдер – по осі Z. Екструдер має кріплення для фіксації на каретці осі Z. Для руху по осі Z пропонуємо використовувати декілька лінійних валів чи рейок, по яких рухатиметься перпендикулярно до осі закріплена коротка рейка. Для друку термопластиком на робочу поверхню закріплено платформу з підігрівом та додаткові опори для осі Y для збільшення точності.

Основою корпусу розробленого нами 3D-принтера є лист фанери, розмірами 750×750×10 мм. Для зміцнення основи, до двох протилежних її сторін прикріплено по два бруски, що разом зі сторонами утворюють два рівнобедрені трикутники, перпендикулярні до площини основи. Вісь Y – дві закріплені на протилежних сторонах основи пари розміщених один над одним валів. Вали – хромовані релінги з діаметром 16 мм. По кожній з пар рухається за допомогою ремінної передачі по три закріплені між собою каретки. Обидві ремінні передачі приводяться в рух двома кроковими двигунами. Вісь X виконана трьома лінійними валами (релінгами), що закріплені на трьох парах кареток, які рухаються по осі Y. Рух по осі X здійснюється одним кроковим двигуном із ремінною передачею, проведеною через центральну пару кареток осі Y. На валах осі X закріплені п'ять кареток, до яких кріпиться платформа. Каретки розміщено симетрично відносно центру платформи. Кінцеві датчики початкового положення (координати X, Y, Z – 0, 0, 0) сопла екструдера розміщені на кріпленнях лінійних валів для осей X, Y і на лінійному валі для осі Z. У процесі роботи з принтером в автоматичному режимі можна відрегулювати:

- максимальну та мінімальну межі температури для екструдера та нагрівального столика;

- початкові положення відносно кінцевих вимикачів;
- швидкості та кроки моторів, діаметр прутка;
- режими автоматичного підігріву для певних видів пластику;
- перевірити керування всіма системами в режимі реального часу та робочу здатність принтера, тощо.

Під час роботи з принтером на його дисплеї відображаються температури екструдера та нагрівального столика на даний момент часу і їх цільові значення, а також інформація про те, чи працює кулер для обдування хотенда, бачимо швидкість друку у відсотках, яку в режимі реального часу можна змінити. Використовується середовище для програмування Arduino IDE останньої версії та програма для створення 3D моделей OpenScad (або аналогічні). Програмне налаштування полягає у внесенні у створену в середовищі Arduino IDE програму всіх опцій принтера. В нашому випадку проводилась програмна інверсія двигунів, кінцевих вимикачів, також редагування швидкості передачі даних, внесення розмірів області в якій може друкуватись певний виріб, внесення значень швидкостей, інформація про керуючу плату, типи терморезисторів та температурні межі. Також була проведена українізація меню принтера, оскільки у наявній програмі не існувало коду з українською мовою. Для нашої програми використано прошивку Marlin 1.1.0-RC3. Після завантаження в плату відредагованої прошивки принтер підключено по USB кабелю до комп'ютера, що забезпечило можливість успішно працювати в програмному середовищі Repetier Host. Програма має вмонтований слайсер – програму, що ділить задану 3D-модель, завантажену в STL форматі, на шари. Кожен шар це своєрідні траєкторії, по яких буде рухатись кінчик сопла екструдера, щоб надрукувати задану деталь. Усі ці траєкторії записуються автоматично в G-код. Для завантаження G-коду моделі на карту пам'яті для забезпечення можливості роботи принтера в автоматичному режимі потрібно користуватись окремим слайсером.

Аналізуючи «Типовий перелік навчального обладнання для кабінетів фізики загальноосвітніх навчальних закладів» [9] та можливості адитивних технологій, продуктами 3D-прототипування можна наповнити кабінет фізики майже усім необхідним обладнанням для демонстраційних дослідів та фундаментальних фізичних експериментів. 3D-принтером можна роздрукувати практично повний комплект для виконання експериментального практикуму з фізики. Оцінивши матеріально-технічне забезпечення фізичних кабінетів, можна зробити висновок про необхідність та доцільність застосування адитивних технологій у проектуванні, виготовленні та модернізації навчального обладнання.

Отже, використання 3D-прототипування здешевлює затрати на виготовлення несерійних елементів чи приладів, а робота над проектуванням та виготовленням навчального обладнання з фізики відкриває широкі можливості для вирішення завдань виховного характеру та активізації пізнавальної діяльності учнів. У процесі виготовлення засобів навчального призначення розвиваються конструкторські й творчі здібності. Об'єктами учнівських та студентських проектів може бути прототипування нового навчального обладнання, або модернізація наявного.

#### Список використаних джерел:

1. Атаманчук П., Атаманчук В. STEM-інтеграція як важлива інноватика сучасної освітньої парадигми. *STEM-освіта – проблеми та перспективи: матеріали II Міжнар. науково-практичного семінару*, 25-26 жовтня 2017 р. Кропивницький : КЛА НАУ, 2017. – С. 9-10.

2. Василяшко І., Білик Т. Упровадження STEM-навчання – відповідь на виклик часу. *Управління освітою*. Київ, 2017. № 2 (386). – С. 28-31.
3. Гончарова Н. Понятійно-категоріальний апарат з проблеми дослідження аспектів STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України: зб. наук. праць*. Київ, 2017. Вип. 10. – С. 104-114.
4. Закон України «Про інноваційну діяльність». URL: zakon5.rada.show/40-15gov.ua/laws/
5. Кузьменко О. Сутність та напрямки розвитку STEM-освіти. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кіровоград, 2016. Вип. 9. Ч. 3. – С. 188-190.
6. Мартинюк О. Тривимірне моделювання: крок у майбутнє науки, технологій, освіти. *Моделювання в навчальному процесі: матеріали. Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф.* (3-4 бер. 2017 р.) / уклад. Н. Головіна. – Луцьк: Вежа-Друк, 2017. – С. 7-10.
7. Садовий М., Трифонова О., Хомутенко М. Методика формування уявлень про сучасну наукову картину світу в шмаро орієнтованому навчальному середовищі. *Вісник Черкаського національного університету. Серія: Педагогічні науки: зб. наук. пр.* – Черкаси, 2016. – Вип. 7. – С. 8-16.
8. Стрижак О., Сліпухіна І., Поліхун Н., Чернецький І. Ключові поняття STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України: зб. наук. праць*. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2017. Вип. 10. – С. 89-103.
9. Типовий перелік засобів навчання та обладнання навчального і загального призначення для кабінетів природничо-математичних предметів загальноосвітніх навчальних закладів. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1050-16>
10. Шарко В. Методична підготовка вчителя фізики в умовах неперервної освіти: монографія. Херсон: ХДУ, 2006. – 400 с.

А. С. Мартинюк

*Восточноєвропейский национальный университет имени Леси Украинки*

#### ТРЕХМЕРНОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО STEM-ТЕХНОЛОГИЙ В КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ И УЧИТЕЛЕЙ

В статье представлен спроектированный и изготовленный принтер для трехмерного прототипирования. Обоснована необходимость внедрения STEM-технологий для обновления образовательно-методической и технологической базы для реализации инновационных подходов. Проанализированы результаты исследований отечественных и зарубежных ученых и нормативно-правовую базу в сфере использования и внедрения средств аддитивных технологий в образовательной и научной сферах. По результатам анализа были разработаны выводы, что основной проблемой в активном внедрении и использовании аддитивных технологий является низкий уровень материального обеспечения, отсутствие соответствующего оборудования или неумение работать с такой техникой. Описан спроектированный и изготовленный учениками и студентами 3D-принтер, который прошел успешную апробацию на практике. Представлены этапы создания принтера, используемое программное обеспечение, последовательность настройки принтера и некоторые проблемы, которые могут возникнуть во время печати. Работа над проектированием и изготовлением учебного оборудования по физике открывает широкие возможности для активизации познавательной деятельности учащихся и студентов.

**Ключевые слова:** STEM-технологии, образовательная робототехника, трехмерное прототипирование, 3D-принтер.

O. S. Martyniuk

*Lesia Ukrainka Eastern European National University*

### THREE-DIMENSIONAL PROTOTYPING AS A COMPONENT OF STEM- TECHNOLOGIES IN STRUCTURAL AND TECHNICAL AND RESEARCH WORK OF STUDENTS AND PUPILS

The article presents a designed and developed printer for three-dimensional prototyping. The necessity of introduction of STEM-technologies for updating of educational-methodical and technological base for realization of innovative approaches is substantiated. The results of researches of domestic and foreign scientists are analyzed, as well as the legal framework in the field of use and implementation of the means of additive technologies in the educational and scientific fields. According to the results of the analysis, it was concluded that the main problem in the active implementation and use of additive technologies is the low level

of material support, the lack of appropriate equipment or the inability to work with such equipment. Described and designed by students and students 3D-printer, which has been successfully tested in practice. The steps involved in setting up the printer, the software used, a generic sequence of setting up the printer, and some problems you may encounter while printing. Analyzing the state of logistical support, we can conclude on the necessity and expediency of using additive technologies in the design, manufacture and modernization of training equipment. The use of 3D-prototyping reduces the cost of manufacturing non-serial items or accessories. Working on the design and production of physics training equipment offers great opportunities for enhancing the cognitive activity of students and students.

**Key words:** STEM-technologies, educational robotics, three-dimensional prototyping, 3D-printer.

Отримано: 17.03.2019

УДК 371.315.7

DOI: 10.326626/2307-4507.2019-25.64-67

T. Pylypiuk

*Kamianets-Podilskyi National Ivan Ohiienko University**e-mail: t-myh@i.ua*

### NEW LESSON DESIGN APPROACHES

The article is devoted to modern technologies of creation of pedagogical software tools of educational purpose. Tools for creating educational materials for teachers who know computer technologies are presented in the article. Among the technologies for creating educational software for educational purposes, the authors identify the program for the formation of lessons Easy School Book and the program MasterTool for the creation of interactive educational materials.

**Key words:** pedagogical software tools, creation tools, educational process, lesson designer, interactive learning materials.

Pedagogical software tools (PST) are software packages, which are designed to solve different training tasks and a program documentation that determines the order of application of software. Different types of PST can be used in the learning process.

They differ in program realization, goals and methods of application in the educational process.

The modern PST is an electronic multimedia tutorial that contains audiovisual materials and auxiliary texts with a set of different learning tools (visibility, model of mechanisms, instructional and technological material, control and self-control cards of knowledge, skills and abilities, etc.).

The purpose of the use of PST is:

- figurative and dynamic presentation of educational information, its systematization, constant and prompt recovery;
- development and consolidation of different skills and abilities;
- control over the acquisition of knowledge [1; 3].

The use of a computer as a means of training puts forward the task of developing a scientifically sound typology of programs both at the level of didactics and at the level of private methods, taking into account the specifics of each subject.

There are many different approaches to the classification of PST, but there is no single opinion about general classification, as noted by most authors [2; 5].

There is interesting classification, which is based on differences in approaches to drawing up programs. According to this classification there are linear, branched, generative programs, modelling and simulation programs, games, problem solving programs, free-choice programs, and dialog systems [5].

Linear programs can be used at the initial stage of training. They are based on the idea of linear programming by American psychologist B. Skinner. Their main advantages are step-by-step delivery of material, operational support (the

issuance of answers at each stage), individualization of study (each student can perform tasks at a rate that corresponds to his individual peculiarities and capabilities).

In the history of programmed learning, the creation of branched programs (the idea of American psychologist N. Crowder) has been a step forward compared with linear, although the student does not construct an answer in them, but make a choice from the set of proposed ones. The main differences between this program and the linear one are: the author of the program does not proceed from the fact that the student's answer must necessarily be correct; the student receives a comment on his answer and either adjusts his work or moves further in a certain sequence [6; 7].

The programs of the mathematical model of learning, simulation programs, computer games and dialogue systems are most popular among teachers and students.

Program of free choice are popular among students because students have the opportunity to choose programs from the central computer's bank, to make requests for information of interest to them. Communication with the central data bank is carried out within the local network or using the Internet [7].

The use in the educational process of PST improves its efficiency significantly affect the content, forms, methods and means of training.

Pedagogical software envisages various forms of organization of work: collective, group, individual, which allows teachers to plan classes with maximum consideration of individual characteristics of students.

PST may be as for teachers also for students.

A significant number of PST has already been developed today. Their use allows to solve with a computer a wide range of tasks of different levels of complexity from all disciplines [3; 4].

Some of the simple and popular software tools such as MS PowerPoint, MS Publisher, SMART Notebook software, Easy School Book as lesson's designer, MasterTool software