

Подальші пошуки вбачаємо у впровадженні тестових технологій у поточний освітній процес, у самостійну роботу та в новому поколінні підручників і посібників. Таке масштабне використання широких педагогічних можливостей тестових технологій дозволяє досягти нових результатів у підвищенні якості освіти. З переходом на дистанційне або змішане навчання основною формою контролю знань студентів стало тестування.

**Ключові слова:** тести, тестування, студенти, фізика, освітній процес, контроль навчальних досягнень.

УДК 378:37

DOI 10.5281/zenodo.8032238

В. М. Базурін

ORCID ID 0000-0002-6614-4889

Державний торговельно-економічний університет

### РОЗРОБЛЕННЯ УЧНЯМИ МОДЕЛЕЙ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ЯК ОДИН З ШЛЯХІВ РЕАЛІЗАЦІЇ STEAM-ПІДХОДУ В ОСВІТІ

Впровадження підходу STEAM у шкільну освіту є одним із шляхів підвищення мотивації учнів до вивчення природничо-математичних дисциплін, а також дотримання принципів науковості, зв'язку навчання з життям, діяльністю. У статті обґрунтовано застосування одного із шляхів реалізації підходу STEAM до навчання студентів, а саме створення комп'ютерних моделей фізичних явищ на заняттях гуртка «Інформатика».

У статті обґрунтовується вибір мови програмування C#, враховуючи відносну простоту та популярність цієї мови програмування. Об'єктами роботи студентів є комп'ютерні моделі таких фізичних явищ: електролізу, експерименту з визначення коефіцієнта тертя, математичного маятника, а також динамічна бібліотека функцій для обчислення основних фізичних величин. Складні проекти доцільно створювати кількома учнями. У той час як одні студенти розроблятимуть динамічні бібліотеки та налагоджуватимуть їх, інші розроблятимуть інтерфейс програмного засобу. Завдяки такому підходу стає можливим створювати програмне забезпечення, яке буде важливим і яке можна буде використовувати для вирішення важливих практичних завдань. Надалі планується розробити та апробувати методику організації спільної роботи студентів над програмними засобами та динамічними бібліотеками, які використовуватимуться для вирішення важливих завдань.

На основі аналізу результатів написання і захисту науково-дослідних вихованцями гуртка можна зробити такі висновки: створення учнями комп'ютерних моделей фізичних явищ сприяє їх зануренню у відповідну проблематику (фізика: досліджуване явище, закон, процес; алгебра: перетворення формул; геометрія: декартова система координат, тригонометричні функції, співвідношення сторін у прямокутному трикутнику); для одного учня створення повнофункціонального програмного засобу часто є важким. Спрощення програмного засобу веде до зменшення його цінності; якщо це навчальна модель фізичного досліду, то учні потребують пояснень керівника гуртка щодо того, які дані є вхідними і як правильно перевірити розрахунки; створення будь-якої комп'ютерної програми, яка матиме практичну цінність, вимагає від учня поглиблення його знань у певній галузі (наприклад, в криптографії і теорії чисел). Тому створення таких програм являє собою цінність і для самого учня; у процесі розроблення прикладних програм, які вирішують важливі практичні завдання, учні досягають як об'єктивних результатів (створення програми, яка має практичну користь), так і суб'єктивних (набувають компетентностей, які у подальшому будуть корисні; поглиблюють знання в певних галузях людської діяльності; розвивають уміння планувати свою діяльність).

**Ключові слова:** STEAM, освіта, програмування, проект, гурток, Мала академія наук.

**Постановка проблеми.** Вимоги суспільства до рівня компетентностей випускників закладів загальної середньої освіти постійно зростають. Для того, щоб відповідати цим вимогам, шкільна освіта потребує постійного розвитку та модернізації. Одним з напрямів модернізації освіти є її цифровізація.

Як зазначає О. Шпарик, цифровізація освіти є однією з найбільш вадливих і стійких тенденцій розвитку системи освіти в більшості країн світу [9, с.33].

Цифровізація усіх сторін шкільної освіти неможлива без застосування відповідних апаратних та програмних засобів. Важливу роль відіграє програмне забезпечення під час викладання більшості шкільних предметів. Особливо гостро проблема цифровізації викладання таких предметів, як алгебра, геометрія, фізика, хімія, постала в умовах карантину та війни. Для алгебри та геометрії проблемно записувати формули та розрахунки в середовищі тих програмних засобів, які використовуються під час дистанційного навчання. Для фізики та хімії проблемою стало виконання відповідних дослідів, які замінялись моделями – не завжди якісними і не завжди зрозумілими. Для моделювання дослідів використовувалося, в основному програмне забезпечення іноземних розробників, наприклад моделі фізичних дослідів від університету Колорадо Боулдер [13]. Це прекрасні інтерактивні моделі, розміщені на сайті університету. Але в один прекрасний момент доступ до них може бути закритий.

Отже, існує проблема, пов'язана з моделюванням фізичних і хімічних дослідів під час вивчення учнями фізики та хімії.

З іншого боку, в освітній процес вже понад 8 років впроваджуються елементи STEAM-освіти, яка поєднує в собі науку, техніку, інженерію, математику, мистецтво. Існують різні форми STEAM-освіти, у тому числі й гурткові заняття. Один з таких прикладів – гуртки робототехніки, під час занять у яких учні створюють прилади, роботів і програмують їх роботу.

Інший варіант застосування основних підходів STEAM-освіти у шкільному освітньому процесі – це створення програмних засобів, які виконуватимуть важливу роль. Учні знайомі в основному з однією сферою людської діяльності – навчанням у школі. Розробляючи відповідний програмний засіб, вони можуть бачити проблему під іншим кутом зору, ніж це буде робити дорослий розробник. Розробляючи комп'ютерні моделі фізичних дослідів, учні реалізовуватимуть їх на тому рівні, на якому вони мислять самі, уникаючи зайвого їх ускладнення. Крім того, під час розроблення такої програми учні поглиблюватимуть свої знання з фізики, алгебри і геометрії. А ці науки і є базою STEAM-освіти.

Отже, з одного боку існує об'єктивна потреба у комп'ютерних моделях фізичних дослідів для застосування у шкільній освіті, з іншого – існують, але не використовуються у повній мірі можливості STEAM-освіти для розв'язування важливих практичних завдань.

**Аналіз актуальних досліджень.** Проблему впровадження STEAM-освіти в освітній процес закладів загальної середньої та позашкільної освіти досліджували науковці як в Україні, так і за кордоном.

Teplá, M., Terplý, P. & Šmejkal, P. аналізують вплив тривимірних моделей і анімацій на мотивацію учнів у процесі навчання хімії [14], а точніше – на такі складники мотивації: інтерес, намагання брати активну участь у навчальному процесі, компетентність, розуміння корисності предмета. У результаті дослідження вчені з'ясували, що застосування 3D моделей і анімацій позитивно впливає на мотивацію учнів до вивчення природничих дисциплін.

Buckley, J., Gumaelius, L., Nyangweso, M. досліджували вплив країни навчання та статі на уявлення учнів про професію інженера, а також інтерес до цієї професії [12]. Дослідження здійснювалося в трьох країнах: Ірландії, Кенії та Швеції.

E. Baran, S. Canbazoglu Bilici, C. Mesutoglu, C. Ocaк досліджували вплив позашкільних освітніх програм STEM-освіти на ставлення учнів до дисциплін STEM і майбутньої кар'єри у цій галузі [11]. Дослідниками було розроблено навчальну програму, яку було реалізовано в державному дослідницькому університеті. Особливості цієї програми:

автентичні авторські контексти, процеси проектування та інтеграція контенту. На основі дослідження з'ясовано, що розроблена даними дослідниками програма сприяла розвитку інтересу учнів до галузі STEM і допомогла їм встановити зв'язок навчання у школі і навколишнім середовищем.

У дослідження Yanez, G. A., Thumlert, K., De Castell, S., & Jenson, J. розкрито вплив поспішного впровадження STEM-освіти в освітній процес шкіл Північної Америки, який відбувся завдяки тому, що були відсутні попереднє обговорення проблеми впровадження STEM-освіти і експеримент в школах [16]. Як зазначають науковці, STEM-освіта створює нові відносини між навчанням і наукою та технікою. Виникають нові, непередбачувані умови для втілення наукових практик поза стандартизованою навчальною програмою STEM. STEM-освіта – це зовсім інша орієнтація навчання на навчання в галузі науки і техніки, яка зменшує роль фундаментальних знань і збільшує роль практики.

Дослідження І.В.Адамович присвячено розкриттю ключових аспектів STEAM-освіти, основним етапам STEAM-підходу, основним компонентам формування середовища STEAM-освіти [0].

Ю.М.Александрова розкриває основні переваги STEAM-освіти перед традиційною моделлю освіти [2].

У статті В.М.Андрієвської описано особливості реалізації міжпредметного проекту «Симетрія» для учнів початкових класів. Цей проект органічно поєднує знання і вміння учнів з математики, природознавства, трудового навчання [3].

У дослідженнях О.В.Барної і Н.Р.Балик розроблено моделі та основні етапи впровадження STEAM-освіти в природничо-математичну та інженерну освіту в Україні [4].

Дослідження Ю.Ю.Матвійчук розкриває особливості організації міжпредметних проектів учнів у процесі STEAM-освіти [6].

Особливості STEAM-освіти у процесі дистанційного навчання було досліджено А.С.Капітон і С.Кукубою [5].

**Мета статті** – розкрити особливості STEAM-підходу на прикладі розроблення комп'ютерних моделей фізичних явищ учнями гуртка «Інформатика».

**Виклад основного матеріалу.** STEM освіта передбачає широку інтеграцію навчальних дисциплін природничо-математичного напрямку та інженерію (тобто проектування і розроблення певних пристроїв, апаратів тощо). Зарубіжні дослідники відносять комп'ютерне моделювання різних явищ з фізики, хімії, навколишнього життя також до STEAM-освіти [14]. Саме тому розроблення комп'ютерних моделей фізичних явищ, на нашу думку, є актуальним напрямом діяльності учнів. Розробляючи моделі фізичних явищ, учні мають пройти такі етапи:

- 1) аналіз предметної галузі (що це за дослід, що досліджується, які дані змінюються);
- 2) побудова математичного апарату досліду (опис явища за допомогою формул, визначення співвідношень, визначення вхідних і вихідних даних, побудова геометричної схеми);
- 3) створення функцій (або класів і методів) для виконання потрібних обчислень;
- 4) тестування функцій (методів);
- 5) розроблення інтерфейсу програмного засобу;
- 6) написання функції (метода) для анімації;
- 7) складання проекту в одне ціле і його тестування;
- 8) виправлення помилок у програмі і нове тестування.

Слід зазначити, що перші два етапи роботи учнів над проектом не пов'язані з програмуванням: спочатку вони вивчають відповідне фізичне явище (закон, процес), виписують всі потрібні формули, константи, відмічають закономірності, записують межі допустимих значень величин, які використовуються в формулах. Другий етап пов'язаний з перетворенням формул – а це алгебра. За потреби будується схема досліду (а це геометрія). Якраз на перших двох етапах задіюються міжпредметні зв'язки з фізикою, алгеброю і геометрією.

Всі інші етапи – в основному, програмування.

Оскільки розглядувана проблема безпосередньо пов'язана з навчанням учнів програмуванню, то спочатку розглянемо особливості навчання програмування в загальноосвітній школі.

Елементи програмування вивчаються, починаючи з 2 класу. Спочатку – візуальне програмування в середовищі Scratch, потім – програмування на мові Python. Python є порівняно простою для вивчення мовою програмування, проте для створення анімацій необхідно викачувати з Інтернету і підключати додаткові модулі. Вони зазвичай у шкільній програмі не вивчаються, тому їх доцільно вивчати на гурткових заняттях. Мова Python надає широкі можливості для створення додатків для машинного навчання, штучного інтелекту тощо.

Якщо оцінювати можливості Python для створення додатку для операційної системи MS Windows (на рівні учнів), то можливості цієї мови обмежені. Python – це інтерпретована мова програмування, тому написана на ній програма для свого запуску потребує встановлення на комп'ютері інтерпретатора мови Python.

Альтернативою Python є застосування мови C#. Питання навчання учнів програмуванню на мові C# присвячені дослідження П.Г.Шевчука [7; 8]. В них доведено доцільність вивчення цієї мови програмування у закладах середньої освіти, розкрито зміст і методи навчання учнів програмуванню на цій мові.

Інші дослідники (B. G.Al-Bastami і S. S. A. Naser) вважають доцільним розробляти навчальні програми саме на мові C# [10]. У своєму дослідженні вони розкривають особливості архітектури розумних навчальних систем на мові C#, модель роботи студентів, модель навчання, особливості інтерфейсу користувача, структуру модуля експерта.

Аналогічних поглядів дотримуються S. Xiang і L. C. Wang, які розробили і впровадили в освітній процес віртуальну геофізичну лабораторію, створену за допомогою мови C#. У статті [15] описано функціонал та інтерфейс цієї програми, а також особливості її застосування в геофізичній освіті.

Отже, створення моделей фізичних явищ на мові C# є цілком виправданим і рекомендовано науковцями, які досліджували це питання. З іншого боку, доцільним є вивчення мови C# учнями загальноосвітньої школи. Оскільки вивчення програмування на мові C# має свою специфіку, то доцільніше вивчати цю мову на заняттях гуртка. Гурткова форма роботи є одним з шляхів реалізації STEAM-освіти у старшій школі [4, с. 6-7].

У процесі роботи гуртка «Інформатика» Глухівського центру позашкільної освіти Глухівської міської ради Сумської області учні вивчали мову програмування C#, яка надає широкі можливості для створення програм, що є комп'ютерними моделями фізичних явищ. Гуртківцями було розроблено кілька моделей фізичних явищ, які потім були представлені на відповідних конкурсах (конкурс-захист наукових робіт Малої академії наук України, конкурс «Перший крок у науку»). Крім того, було розроблено динамічну бібліотеку функцій для обчислення основних фізичних величин (табл. 1).

Таблиця 1

**Тематика наукових робіт учнів гуртка «Інформатика», поданих на конкурси**

Рік	Назва роботи	Учень
2020	Комп'ютерна модель явища електролізу	Шкільний Олександр
2021	Комп'ютерна модель досліду з визначення коефіцієнта тертя	Москаленко Кирило
2022	Комп'ютерна модель математичного маятника	Боков Максим
2023	Динамічна бібліотека функцій для здійснення обчислень з фізики	Боков Максим
2023	Програма для шифрування текстових повідомлень різними шифрами	Базуріна Софія

Як це видно з таблиці, остання робота – «Програма для шифрування текстових повідомлень різними шифрами» – випадає з логічної послідовності розроблених моделей. Проте цю тему запропонувала сама учениця, тому вчителем було ухвалено рішення працювати саме над цією темою.

Слід зазначити, що в процесі створення програми для шифрування текстових повідомлень учениці довелося самостійно дослідити різні шифри (Цезаря, Гронсфельда, Атбаша, Віженера, Вернама, DES, Ель Гамалія та інші) і вибрати з них такі, які простіші в реалізації. Написання методів для шифрування і дешифрування повідомлень потребувало від учениці ознайомлення з криптографією, теорією чисел, а також використання у програмі типів даних для обробки великих значень. Тобто, учениця мала поглибити свої знання з математики.

У результаті виконання цих проектів було удосконалено методику організації роботи учнів над проектом, навчання учнів основам наукової діяльності, створення презентації та постера для доповіді, підготовки учнів до доповіді на конкурсі-захисті наукових робіт.

**Висновки та перспективи подальших наукових розвідок.** На основі аналізу результатів написання і захисту науково-дослідних вихованцями гуртка можна зробити такі висновки:

1) створення учнями комп'ютерних моделей фізичних явищ сприяє їх зануренню у відповідну проблематику (фізика: досліджуване явище, закон, процес; алгебра: перетворення формул; геометрія: декартова система координат, тригонометричні функції, співвідношення сторін у прямокутному трикутнику);

2) для одного учня створення повнофункціонального програмного засобу часто є важким. Спрощення програмного засобу веде до зменшення його цінності;

3) якщо це навчальна модель фізичного досліду, то учні потребують пояснень керівника гуртка щодо того, які дані є вхідними і як правильно перевірити розрахунки;

4) створення будь-якої комп'ютерної програми, яка матиме практичну цінність, вимагає від учня поглиблення його знань у певній галузі (наприклад, в криптографії і теорії чисел). Тому створення таких програм являє собою цінність і для самого учня;

5) у процесі розроблення прикладних програм, які вирішують важливі практичні завдання, учні досягають як об'єктивних результатів (створення програми, яка має практичну користь), так і суб'єктивних (набувають компетентностей, які у подальшому будуть корисні; поглиблюють знання в певних галузях людської діяльності; розвивають уміння планувати свою діяльність).

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES**

1. Адамович, І. (2022). Завдання ефективного розвитку напрямів STEAM-освіти. Науковий вісник Ужгородського університету : Педагогіка. Соціальна робота, 2(51), 9–12. Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/47166>. (Adamovych, I. (2022). The task of effective development of STEAM education. Scientific Bulletin of Uzhhorod University: Pedagogy. Social Work, 2(51), 9–12. Retrieved from: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/47166>).
2. Александрова, Ю. М. (2021). Наукова освіта, STEM та STEAM: до питання термінологічної взаємодії. Освітній дискурс, 38 (11–12), 73–84. Режим доступу: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/36954>. (Aleksandrova, Yu. M. (2021). Science education, STEM and STEAM: to the question of terminological interaction. Educational Discourse, 38 (11–12), 73–84. Retrieved from: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/36954>).
3. Андрієвська, В. М. (2017). Проект як засіб реалізації STEAM-освіти у початковій школі. Науковий вісник Ужгородського національного університету : серія Педагогіка. Соціальна робота. 2(41), 11–14. Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/18242>. (Andrievska, V. M. (2017). The project as a means of implementing STEAM education in elementary school. Scientific Bulletin of the Uzhgorod National University: Pedagogy series. Social work. 2(41), 11–14. Retrieved from: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/18242>).

4. Барна, О. В., Балик, Н. Р. (2017). Впровадження STEM-освіти у навчальних закладах: етапи та моделі. STEM-освіта та шляхи її впровадження в навчально-виховний процес (сс. 3–8). Видавництво ТОКІППО. Режим доступу: <http://elar.ippo.edu.te.ua:8080/bitstream/123456789/4559/1/Barna.pdf>. (Barna, O. V., Balik, N. R. (2017). Implementation of STEM education in educational institutions: stages and models. STEM education and ways of its implementation in the educational process (pp. 3–8). TOKIPPO Publishing House. Retrieved from: <http://elar.ippo.edu.te.ua:8080/bitstream/123456789/4559/1/Barna.pdf>).
5. Капітон, А. М., Кукоба, С. (2021). STEAM-освіта в умовах розвитку інформаційного простору. Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні»: збірник наукових праць (сс. 236–237). Режим доступу: <http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/10054>. (Kapiton, A. M., Kukoba, S. (2021). STEAM education in the context of information space development. Materials of the 4th All-Ukrainian scientific and practical Internet conference of students, postgraduates and young scientists on the topic "Modern computer systems and networks in management": a collection of scientific papers (pp. 236–237). Retrieved from: <http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/10054>).
6. Матвійчук, Ю. Ю. (2020). STEAM-освіта як інструмент реалізації інтегрованого природничо-математичного навчання. Educational Challenges, (62), 144–152. (Matviychuk, Yu. Yu. (2020). STEAM education as a tool for implementing integrated science and mathematics education. Educational Challenges, (62), 144–152).
7. Шевчук, П. Г. (2011). Оцінювання ефективності навчання програмування на основі різних мов та парадигм написання. Інженерія програмного забезпечення, 6(2), 79–79. (Shevchuk, P. G. (2011). Evaluating the effectiveness of teaching programming based on different languages and writing paradigms. Software Engineering, 6(2), 79–79).
8. Шевчук, П. Г. (2009). Використання платформи Microsoft. NET та мови C# для навчання програмування в середніх загальноосвітніх навчальних закладах. Нові інформаційні технології в освіті для всіх: інноваційні методи та моделі, 2009, 378–387. (Shevchuk, P. G. (2009). Using the Microsoft platform. NET and C# languages for teaching programming in secondary general educational institutions. New information technologies in education for all: innovative methods and models, 2009, 378–387).
9. Шпарик, О. (2022) Цифрова трансформація середньої освіти: спільні стратегічні вектори США та країн ЄС. Український педагогічний журнал, 3, 33–43. (Shparyk, O. (2022) Digital transformation of secondary education: common strategic vectors of the USA and EU countries. Ukrainian Pedagogical Journal, 3, 33–43).
10. Al-Bastami, B. G., Naser, S. S. A. (2017). Design and Development of an Intelligent Tutoring System for C# Language. European Academic Research. IV (10), 8795–8809. (Al-Bastami, B. G., Naser, S. S. A. (2017). Design and Development of an Intelligent Tutoring System for C# Language. European Academic Research. IV (10), 8795–8809).
11. Baran, E., Canbazoglu Bilici, S., Mesutoglu, C., Ocaak, C. (2019). The impact of an out-of-school STEM education program on students' attitudes toward STEM and STEM careers. School Science and Mathematics, 119(4), 223–235. (Baran, E., Canbazoglu Bilici, S., Mesutoglu, C., Ocaak, C. (2019). The impact of an out-of-school STEM education program on students' attitudes toward STEM and STEM careers. School Science and Mathematics, 119(4), 223–235).
12. Buckley, J., Gumaelius, L., Nyangweso, M. et al. (2023) The impact of country of schooling and gender on secondary school students' conceptions of and interest in becoming an engineer in Ireland, Kenya and Sweden. IJ STEM Ed 10, 28. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00416-9>.
13. PhET interactive simulations (2023, 9 April). <https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?subjects=physics&type=html,prototype>.
14. Teplá, M., Teplý, P., Šmejkal, P. (2022). Influence of 3D models and animations on students in natural subjects. IJ STEM Ed 9, 65 <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00382-8>.

15. Xiang, S., Wang, L. C. (2017). VGLS: A virtual geophysical laboratory system based on C# and viustools and its application for geophysical education. *Computer Applications in Engineering Education*, 25(3), 335–344.
16. Yanez, G. A., Thumlert, K., De Castell, S., Jenson, J. (2019). Pathways to sustainable futures: A “production pedagogy” model for STEM education. *Futures*, 108, 27–36.

**Bazurin V. M. Development of models of physical phenomena by students as one of the ways of implementing the STEAM approach in education.**

*Summary.* The implementation of the STEAM approach in school education is one of the ways to increase the motivation of students to study natural and mathematical disciplines, as well as to observe the principles of scientificity, the connection of learning with life, and activity. The article substantiates the application of one of the ways of implementing the STEAM approach to student learning, namely the creation of computer models of physical phenomena in the classes of the "Informatics" group. The article substantiates the choice of the C# programming language, taking into account the relative simplicity and popularity of this programming language. The objects of students' work are computer models of the following physical phenomena: electrolysis, an experiment to determine the coefficient of friction, a mathematical pendulum, as well as a dynamic library of functions for calculating basic physical quantities. It is advisable to create complex projects by several students. While some students will develop dynamic libraries and debug them, others will develop the interface of the software tool. With this approach, it becomes possible to create software that will be important and can be used to solve important practical problems. In the future, it is planned to develop and test the method of organizing students' joint work on software tools and dynamic libraries that will be used to solve important tasks.

On the basis of the analysis of the results of writing and defense of scientific research students of the circle, the following conclusions can be drawn: students' creation of computer models of physical phenomena contributes to their immersion in the relevant problems (physics: the studied phenomenon, law, process; algebra: transformation of formulas; geometry: Cartesian system coordinates, trigonometric functions, ratio of sides in a right triangle); for a single student, creating a full-featured software tool is often difficult. Simplifying a software tool leads to a decrease in its value; if this is an educational model of a physical experiment, then the students need explanations from the group leader about what data are input and how to correctly check the calculations; creating any computer program that will have practical value requires the student to deepen his knowledge in a certain field (for example, in cryptography and number theory). Therefore, the creation of such programs is a value for the student himself; in the process of developing applied programs that solve important practical tasks, students achieve both objective results (creating a program that has practical benefit) and subjective results (acquiring competencies that will be useful in the future; deepening knowledge in certain areas of human activities; develop the ability to plan their activities).

**Key words:** STEAM, education, programming, project, circle, Junior Academy of Sciences.