

Давиденко А. А.

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-1542-8475>

Доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри загальнотехнічних дисциплін та креслення
Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка
(Чернігів, Україна) E-mail: davidenko_an@ukr.net

STEM ТА STEAM В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ З ФІЗИКИ: ІСТОРІЯ ТА СУЧАСНІСТЬ

Мета роботи полягає в ознайомленні зацікавлених науковців та вчителів з особливостями та проблемами сучасної школи, зокрема використання STEM- та STEAM-освіти у педагогічній практиці.

Методологія дослідження виходить з концепції сучасної освіти. Дослідження орієнтовано на задоволення запитів вчителів фізики, а також на науковців, які займаються проблемами розвитку освіти. Тривалий досвід роботи в школі вчителем фізики, підготовки завдань для Всеукраїнських відкритих турнірів юних винахідників і раціоналізаторів та керівництво роботою журі даного масового позаурочного заходу, наукове керівництво територіальним відділенням Малої академії наук України тощо, дозволяють зробити обґрунтовані висновки стосовно розвитку STEM- та STEAM-освіти в Україні та за її межами.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що автором вперше показана динаміка становлення STEM- та STEAM-освіти, її історія та перспективи подальшого розвитку. Результати дослідження доповідались на наукових конференціях України, Республіки Білорусь, Республіки Молдова та Російської Федерації. Вони також використовуються в освітньому процесі в Національному університеті «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка та в Чернігівському обласному інституті післядипломної педагогічної освіти імені К. Д. Ушинського.

Висновки. STEM- та STEAM-освіти мають свою історію розвитку в республіках колишнього Радянського Союзу. Вже понад 70 років тому в них діяли гуртки технічної творчості як у школах, так і в позашкільних закладах освіти. Виходячи з цього, слід говорити не про запровадження в нас STEM- та STEAM-освіти, а про її подальший розвиток із врахуванням педагогічного досвіду країн Заходу. Характерною ознакою розвитку вітчизняної STEM- та STEAM-освіти було те, що спочатку її запровадження здійснювалось на базі позашкільних закладів освіти, та в шкільних гуртках, які діяли у позаурочний час. Проте, згодом вона з'явилась на уроках з її логічним продовженням на заняттях гуртків та у вигляді самостійної домашньої роботи.

Подальший розвиток STEM- та STEAM-освіти доцільно здійснювати на основі власного педагогічного досвіду, існуючих наукових напрацювань та методичних рекомендацій вітчизняних авторів. Водночас, не слід залишатись осторонь досвіду її запровадження в інших країнах.

Ключові слова. STEM, STEAM, STEM-освіта, STEAM-освіта, технічна творчість, науково-технічна творчість, творча діяльність, дослідницька діяльність, освітній процес.

У наш час відбуваються такі зміни в системі освіти, що для їх усвідомлення необхідний час. «Вивчення технічних наук, математики, інженерії, – пише головний редактор платформи *«Дім інновацій»* Максим Писаревський, – самі по собі перестали бути важливими. Їхня значимість зростає в міру розуміння ролі кожної дисципліни у процесі створення готового продукту, за яким стоїть людина, що його використовує» [7].

Саме тому, для реалізації сказаного в США народилася концепція STEM (від англійської абрєвіатури Science, Technology, Engineering, Mathematics – «наука, технологія, інженерія, математика»). За цією концепцією, під час підготовки спеціалістів у їх свідомості повинні сформуватись чіткі уявлення стосовно ролі та місця кожного створюваного ними продукту. Можна погодитись з тим, що окремі методи STEM-освіти, зокрема ті, що залучають учнів до дослідницької діяльності, значно переважають традиційні методи передачі їм готових знань. До таких висновків досить давно прийшли й вітчизняні науковці та вчителі.

Згодом до суто технічної або ж логічної концепції STEM додали творчий компонент, в результаті чого прийшли до вищого рівня розвитку особистості. Так виникли системи, де поряд із наукою, технологією, інженерією і математикою присутні Art (від англ. «мистецтво»). STEM трансформувалась у STEAM.

«Основна мета STEM/STEAM-освіти, пише М. Писаревський, – розвиток творчого мислення, навичок використання інженерного підходу до розв'язання реальних завдань, розуміння важливості дизайну, усвідомлення ролі технологій у їхньому вирішенні. Під «мистецтвом» (Arts) у концепції частіше розуміють розвиток творчого сприйняття, навчання основам моделювання і художньо-технічного проектування, що дає змогу не тільки зробити освітній процес більш розмаїтим і насиченим, але також додатково підштовхнути учнів до креативного розв'язання поставлених завдань, розуміння принципів естетики» [7].

Хочеться звернути увагу на те, що частково той зміст, який вкладається в STEM-освіту, має свою історію розвитку в республіках бувшого Радянського Союзу. Вже понад 70 років тому в них діяли гуртки технічної творчості. Їх робота була організована як у школах, так і в позашкільних закладах освіти. У кожному райцентрі були надані приміщення для створення станцій юних техніків, палаців піонерів тощо.

Характерною ознакою розвитку вітчизняної STEM- та STEAM-освіти було те, що спочатку її запровадження здійснювалось на базі позашкільних закладів освіти, та в шкільних гуртках, які діяли у позаурочний час. Проте, згодом вона з'явилась на уроках з її логічним продовженням на заняттях гуртків та у вигляді самостійної домашньої роботи.

Згодом у школах з'явилися наукові товариства, які координували діяльність гуртків, організовували звіти учнів за виконану роботу (виставки, конференції та ін.). Дещо пізніше з'явилась Мала академія наук (МАН). Були започатковані масові позаурочні заходи: турнір юних фізиків (ТЮФ), турнір юних хіміків (ТЮХ), турнір юних біологів (ТЮБ), турнір юних винахідників і раціоналізаторів (ТЮВІР) [3,4] та ін. Варто нагадати, ТЮФ було започатковано групою співробітників фізичного факультету Московського державного університету ім. М. В. Ломоносова, яку очолював С. М. Юносов [понад 50 років тому, а ТЮВІР – з ініціативи автора статті у 1998 році. В Республіці Білорусь та Російській Федерації досить давно проводяться конкурси технічної творчості.

Розвитком науково-технічної творчості займалися і продовжують займатись відповідні фахівці, якими захищені кандидатські й докторські дисертації (тема докторської дисертації, яку, наприклад, захистив автор статті, – «Теоретичні та методичні засади розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики»). Систематично здійснюються публікації в журналах, збірниках [1-6,8]. Отож, як ми бачимо, в даний час слід говорити не про запровадження у вітчизняну систему освіти STEM (вона в нас вже існувала), а про її подальший розвиток із врахуванням відповідної концепції та педагогічного досвіду США.

Покажемо, як така робота проводиться у освітньому процесі з фізики в Україні. Приклади взяті із педагогічної практики автора.

Під час виконання у восьмому класі лабораторної роботи «Регулювання сили струму реостатом», окремі учні звертають увагу на те, що електричний струм у колі таким приладом регулюється не плавно, а стрибками.

При уважному вивченні конструкції даного приладу, виявляється, що під час переміщення його повзуна контакти додають до зовнішнього навантаження по половині витка дроту, який намотано на його барабан. Ці стрибки залежать від діаметру барабану, на якому намотаний дріт: чим більший діаметр, тим довші відрізки дроту вмикаються в електричне коло, і тому опір зовнішньої частини електричного кола змінюється на більшу величину. І навпаки, – зменшення діаметру барабана приведе

до того, що стрибки опору, а, значить, і електричного струму будуть меншими. Згодом учні впевнюються в тому, що найбільш точне регулювання електричного струму можна було б здійснювати реостатом, контакт повзуна якого проходив би всі точки його дроту, тобто ковзав по всьому провіднику. Актуалізувавши дану проблему, підводимо учнів до формулювання умови задачі стосовно створення реостату, який був би позбавлений даного недоліку:

Задача 1. «Реостат». Здійснити плавне регулювання сили електричного струму за допомогою шкільного реостату не вдається у зв'язку з тим, що його опір змінюється стрибками. Ступінчастість зміни опору даного пристрою зв'язана з його конструктивними особливостями: контакти повзуна перестрибують з одного витка намотаного на його барабан дроту на інший (наступний). Спарені та діаметрально протилежні контакти повзуна навантаження в електричне коло додають відрізками, довжина кожного з яких дорівнює половині витка дроту, навитого на барабан. Запропонуйте реостат, який би був позбавлений даного недоліку.

Розв'язання. Цілком зрозуміло, що опір реостата буде змінюватись плавно тоді, коли контакт його повзуна буде проходити всі точки дроту. На рисунку (рис. 1) зображено можливий варіант такого реостату. Обертання за коліщатко 1 барабану з дротом 2 навколо власної осі супроводжується поступальним рухом контакту повзуна 3, що дозволяє йому «пройти» всі точки дроту, а, значить, і задовольнити сформульовану в задачі вимогу. Пристрій запропоновано учнем Чернігівської середньої школи № 22 Ігорем Коньковим.

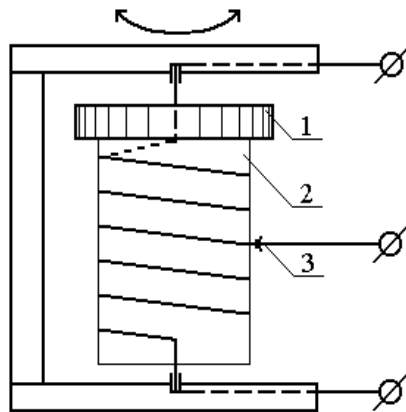


Рис. 1. Варіант реостату з можливістю плавної зміни опору:

1 – коліщатко; 2 – барабан з дротом; 3 – контакт повзуна.

Очевидно, що робота конструктора дозволить реалізувати ідею учня на практиці. Прикладом такої конструкторської розробки є реостат, який зображено на наступному рисунку (рис. 2). Обертальний рух барабану 1 пристрою зубчастими колесами 4 та 5 передається ходовому гвинту 2 гвинтового механізму. Унаслідок цього повзун 3 здійснює поступальний рух вздовж осі барабану, ковзаючи при цьому по намотаному на ньому дроту.

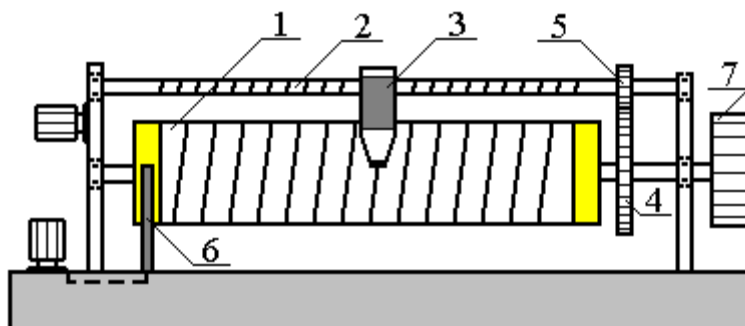


Рис. 2. Рисунок діючої моделі реостата:

1 – барабан з дротом; 2 – ходовий гвинт гвинтового механізму;
3 – повзун; 4, 5 – зубчасті колеса; 6 – контакт, виконаний у вигляді щітки;
7 – коліщатко приводу в рух барабану.

Після завершення роботи конструктора, даний пристрій може бути виготовлений на заняттях ремісничого гуртка або ж на заняттях з технічної праці у шкільній майстерні.

Звичайно, це є ідеальний варіант творчої діяльності учнів, який починається з відчуття проблеми і завершується виготовленням пристрою. Проте, до такого високо рівня творчої діяльності здатна не значна кількість учнів. Тому, в нашій практиці ми використовуємо готові задачі, тобто задачі, які є у відповідних посібниках [1, 2, 8] або ж взяті із власної винахідницької практики [2, 3]. Ось декілька таких задач.

Задача 2. «Будильник для водія». Тривале перебування за кермом автомобіля втомлює водія і нерідко приводить до його засинання. Вже створено пристрій, який подає водію звуковий сигнал про те, що він починає засинати («Наука и жизнь», 2004, № 2). Датчиком цього пристрою є закріплені на внутрішньому боці годинникового браслету дві металеві пластини, які фактично замикають електричне коло контролюючої системи (пристрою) відповідною ділянкою шкіри руки людини. Зміна опору шкіри, що має місце при засинанні людини, є сигналом, на який реагує електронна система пристрою й попереджує водія про небезпеку. Даний пристрій має ряд суттєвих недоліків, виявивши які, ви маєте прийти до знаходження кращого варіанту технічного розв'язання даної задачі.

Задача 3. «Мітла». Чимало клопоту водіям автомобілів завдають тонкі металеві, зокрема сталеві предмети, які знаходяться на проїжджій частині дороги (гвіздки, гвинти, шматки дроту та ін.). Виникає потреба в систематичному прибиранні доріг від таких предметів. Запропонуйте ефективний для цього пристрій або спосіб.

Задача 4. «Енергія спуску з гори». Кожна людина знає, що рухаючись по дорозі, яка йде вгору, вона стомлюється більше, ніж під час горизонтального руху. З точки зору фізики, рух вгору вимагає від людини більших витрат її власної енергії. При цьому частина цієї енергії перетворюється в потенціальну енергію тіла людини, яку вона втрачає при подальшому русі вниз (йдучи з гори). Проте, коли дорога йде вниз досить круто, людині знову доводиться витрачати свою енергію з метою стримування руху (людина «пригальмовує»). Створіть пристрій, який би дозволяв людині йти вниз без «пригальмовування» та ще й перетворював би частину її потенціальної енергії в електроенергію.

Задача 5. «Шкільна дошка». Звичайна шкільна дошка, по якій пишуть крейдою, уже довго залишається найпопулярнішим навчальним приладдям при проведенні уроків. Але багато незручностей виникає у процесі витирання нанесених написів. Маркерні дошки виявилися ще гіршими у цьому плані. Запропонуйте нову конструкцію шкільної дошки, позбавленої зазначеного недоліку.

Задача 6. «Лежачий поліцейський». Для обмеження швидкості руху транспорту на окремих ділянках дороги встановлюють «лежачих поліцейських» – підвищення на дорожньому покритті. Але такі пристрої створюють дискомфорт усім учасникам руху, навіть тим, хто не порушує швидкісний режим, а іноді стають причиною корків. Запропонуйте нову конструкцію «лежачого поліцейського», що створювала би перешкоду руху лише тим транспортним засобам, які перевищують дозволена швидкість руху.

Розв'язання таких задач вимагає від учня знань з різних предметів й, водночас сприяє розвитку їх творчих здібностей.

Оформлені належним чином описи розв'язань проектами, які можуть бути представлені до захисту на відповідних масових позаурочних заходах, подані до відповідних патентних установ на отримання патенту на винахід тощо. Окремі наші учні мають по декілька патентів на винаходи, які вже запроваджені у практику (Максим Дмитренко, наприклад, за час навчання в школі отримав 14 патентів на винаходи).

Очевидно, що дані задачі є винахідницькими і їх розв'язання сприяє розвитку творчих здібностей учнів. Водночас, для повноти розкриття даної проблеми не можна обійти і пропонувану ним дослідницьку діяльність.

Знову ж, почнемо із звичайних уроків і запропонуємо частину пропонуваних у навчальній програмі з фізики звичайних лабораторних робіт замінити на дослідницькі лабораторні роботи (вчитель має на це право). Це будуть учнівські експериментальні дослідження, що дозволять ним отримати відповідні знання з теми, яку їм повинен подати вчитель. Одна з таких лабораторних робіт – «Дослідження залежності сили пружності, що виникає в пружині (гумовій нитці) від її (його) деформації» опублікована автором у 1997 році [3]. «Дослідження залежності сили струму в провіднику від прикладеної до нього напруги», «Дослідження залежності сили струму в провіднику від його опору», «Дослідження залежності опору провідника від його довжини», «Дослідження залежності опору провідника від його поперечного перерізу», «Дослідження залежності опору провідника від його температури», «Дослідження залежності періоду коливання нитяного маятника від його довжини», «Дослідження залежності кута заломлення світлового променя від кута його падіння», – це лабораторні

роботи, які також ставились автором на уроках вивчення нового матеріалу під час його роботи вчителем фізики у школі.

Цікаві експериментальні дослідження можна запропонувати учням для виконання у позаурочний час: «Дослідження залежності температури води, що охолоджується, від часу», «Дослідження залежності тиску повітря в закритій посудині від його температури», «Дослідження явища іскрового розряду в повітрі за його треками» тощо. Описи перебігу виконання таких робіт та отриманих при цьому результатів учні можуть оформити у вигляді навчальних проєктів, що вимагається програмою з фізики, у вигляді науково-дослідницьких робіт МАН, тез доповідей на національних та міжнародних конкурсах тощо.

Як видно, результати досліджень даної проблеми вітчизняними науковцями та досвід роботи наших вчителів фізики не відставали від теорії й педагогічної практики західних, зокрема, американських фахівців. Водночас, хочеться звернути увагу та те, що ми маємо власну ментальність, дещо відмінні моральні цінності та культуру, більшість працюючих вчителів є плодами вітчизняної системи освіти та виховання, що повинне враховуватись при реформуванні освіти. Не можна вважати також доцільним відмову від окремого вивчення учнями та студентами таких важливих предметів, як математика, фізика, біологія, хімія тощо. Їх інтеграція веде за собою реальну загрозу зниження наукового потенціалу країни.

References

1. Альтов Г. С. И тут появился изобретатель: Научно-популярная книга. Москва: Детская литература, 1984. 126 с.
Altov, G. S. (1984) I tut poyavilsya izobretatel: Nauchno-populyarnaya kniga [And here the inventor appeared: A popular science book]. Moskva, Russia: Children's literature.
2. Давиден А. А. Изобретательские задачи в школьном курсе физики: Пособие для учителей. Чернигов: Деснянська правда, 1996. 96 с.
Daviden, A. A. (1996) Izobretatelskiye zadachi v shkolnom kurse fiziki: Posobiye dlya uchiteley [Inventive Problems in the School Course of Physics: A Handbook for Teachers]. Chernigov, Ukraine: Desnyanska Pravda.
3. Давиден А. А. Лабораторные работы в процессе обучения физике. *Физика: проблемы выкладки*. 1997. №6. С. 26-29.
Daviden, A. A. (1997). Laboratornyye raboty v protsesse obucheniya fizike [Laboratory work in the process of teaching physics]. *Fizika: problemy vykladannya. – Physics: Problems of Teaching*, 6, 26-29.
4. Давиденко А. А. Науково-технічна творчість учнів: навчально-методичний посібник для загальноосвітніх навчальних закладів. Ніжин: Аспект Поліграф, 2010. 176 с.
Davidenko, A. A. (2010) Naukovo-tekhnichna tvorchist uchniv: navchalno-metodychnyi posibnyk dlia zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv [Scientific and technical creativity of students: A textbook for general educational institutions]. Nizhyn: Aspekt Polihraf – Nizhyn, Ukraine: Aspect Polygraph Publishing House.
5. Давиденко А. А. Турниры юных изобретателей и рационализаторов. *Физика в школе*. 2001. № 7. С. 70-75.
Davidenko, A. A. (2001) Turniry yunyx izobretateley i ratsionalizatorov [Tournaments of young inventors and rationalizers]. *Fizika v shkole – Physics at school*, 7, 70-75.
6. Давиденко П. А. Роль учителя в организации деятельности учащихся при выполнении ими творческих проектов. *Et commentationes științe ale educației. revistă științifică*, 2018. №3. P.86–92.
Davidenko, P. A. (2018) Rol uchitelya v organizatsii deyatelnosti uchashchikhsya pri vypolnenii imi tvorcheskikh proyektov [The role of a teacher in the organization of students' activities in the implementation of their creative projects]. *Et commentation Education Sciences. Scientific journal Chisinau ET*, 3, 86–92.
7. Писаревский М. Образование: STEM и STEAM – добавьте немного творчества к науке! [Электронный ресурс]. *Дом инноваций. ua. Dom ynnovatsyi. ua*. URL: <https://innovationhouse.org.ua/ru/statti/obrazovanie-stem-i-steam-dobavte-nemnogo-tvorchestva-k-nauke/> (дата звернення 23.11.2019).
Pisarevskiy, M. Obrazovaniye: STEM i STEAM – dobav'te nemnogo tvorchestva k nauke! [STEM and STEAM – Add a little creativity to science]. *Dom ynnovatsyi. ua – House of Innovation. ua*. Retrieved from <https://innovationhouse.org.ua/ru/statti/obrazovanie-stem-i-steam-dobavte-nemnogo-tvorchestva-k-nauke/>
8. Саламатов Ю. П. Как стать изобретателем: 50 часов творчества: Книга для учителя. Москва: Просвещение, 1990. 240 с.
Salamatov, Yu. P. (1990) Kak stat izobretatelem: 50 chasov tvorchestva: Kniga dlya uchitelya [How to become an inventor: 50 hours of creativity: A book for a teacher]. Moscow, Russia: Prosveshcheniye.

Davidenko A.

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-1542-8475>

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Professor of the Department of General Technical Disciplines and Drawing,
T. H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
(Chernihiv, Ukraine) E-mail: davidenko_an@ukr.net

STEM AND STEAM IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF PHYSICS: HISTORY AND MODERNITY

Purpose of the work is to acquaint interested scholars and teachers with the features and problems of the modern school, in particular the use of STEM and STEAM education in pedagogical practice.

Research methodology is based on the concept of modern education. The research is focused on meeting the demands of physics teachers, as well as the scientists involved in the development of education. Long experience in school as a teacher of physics, preparation of tasks for All-Ukrainian open tournaments of young inventors and rationalizers and management of work of jury of this mass extracurricular event, scientific management of territorial branch of the Small Academy of Sciences of Ukraine, etc., allow to make STEM and STEAM education in Ukraine and beyond.

The scientific novelty of the study is that the author first showed the dynamics of formation of STEM and STEAM education, its history and prospects for its further development. The results of the study were reported at scientific conferences of Ukraine, the Republic of Belarus, the Republic of Moldova and the Russian Federation. They are also used in the educational process at the TG Shevchenko National University «Chernihiv College» and the KD Ushinskiy Postgraduate Pedagogical Education Institute in Chernihiv.

Conclusions. STEMs and STEAMs have their own history of development in the republics of the former Soviet Union. More than 70 years ago, there were circles of technical creativity in both schools and out-of-school educational establishments. Therefore, we should not talk about introducing STEM and STEAM education in our country, but about its further development, taking into account the pedagogical experience of the Western countries. A characteristic feature of the development of domestic STEM and STEAM education was that initially its introduction was carried out on the basis of extracurricular educational institutions and in school circles, which operated outside the school hours. However, she later appeared in lessons with her logical continuation in mug classes and in the form of independent homework.

Further development of STEM and STEAM education should be carried out on the basis of their own pedagogical experience, existing scientific achievements and methodological recommendations of domestic authors. At the same time, the experience of its implementation in other countries should not be left out.

Keywords. STEM, STEAM, STEM-education, STEAM-education, technical creativity, scientific and technical creativity, creative activity, research activity, educational process.

Стаття надійшла до редакції 20.11.2019

Рецензент: доктор педагогічних наук, професор Ю. О. Горошко