

<https://doi.org/10.52256/2710-3560.97.2023.97.06>

УДК: 371.38:371.315.5: 372.853

Андрій Давиденко,
професор, доктор педагогічних наук, професор кафедри
природничо-математичних дисциплін та
інформаційно-комунікаційних технологій,
Чернігівський обласний інститут післядипломної
педагогічної освіти імені К. Д. Ушинського, м. Чернігів
davidenko_an@ukr.net
ORCID ID 0000-0003-1542-8475

ДОСЛІДНИЦЬКА СКЛАДОВА STEM

Стаття присвячена проблемі використання STEM-підходів в освіті. Окрім екскурсу в історію введення цього акроніму в освітній процес, автор виокремлює в ньому ті його складові, на які треба звернути увагу під час його запровадження в педагогічну практику. В статті розглядається дослідницька складова STEM.

У статті розглянуті приклади одержання учнями знань у процесі власних наукових досліджень із фізики. Учні мають можливість перевірити дію фізичних законів. Автор наголошує на тому, що такі вправи можуть суттєво змінити ставлення учнів до природничих предметів та сприяти вибору відповідної професії.

Відомо, що людина не може засвоїти до рівня запам'ятовування всього відомого на сьогодні науці. Для професійної діяльності достатньо засвоїти базові знання. Але необхідно отримати навички дослідження явищ та процесів самостійно.

Автор аналізує проблему та пропонує її розв'язання на основі власних наукових досліджень та педагогічної практики. Цьому ж сприяє його постійна участь у міжнародних наукових конференціях, а також систематичне проведення для вчителів деяких європейських країн вебінарів із запровадження STEM, які є частиною його авторських курсів на цю тему.

Ключові слова: STEM, запровадження, навчання, розвиток, дослідницька складова, учні.

Andrey Davidenko. Research Component of STEM

The article is devoted to the problem of using STEM approaches in education. In addition to an excursion into the history of the introduction of this acronym into the educational process, the author singles out its components that should be paid attention to during its introduction into pedagogical practice. This article, in particular, considers the research component of STEM.

The article examines the applications of academic knowledge in the course of high-level scientific research in physics. Students may be able to revise the laws of physics. The author has respect for those who have the right to completely change the placement of studies in natural subjects and the choice of a related profession.

It means that people cannot achieve complete memorization of everything known at this time of science. For this professional activity, it is enough to acquire basic knowledge. It is also necessary to learn the skills of investigating events and processes on your own.

The author analyzes the problem and makes proposals for its solution on the basis of his own scientific research and pedagogical practice. This is facilitated by his constant participation in international scientific conferences, as well as the systematic holding of webinars on the implementation of STEM for teachers in some European countries, which are part of his author's courses on this issue.

Key words: STEM, introduction, training, development, research component, students.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. Зараз уже, мабуть, немає жодного педагогічного працівника, який би не знав про те, що до сучасних інновацій належить те, що позначено акронімом STEM. Проте в багатьох випадках розуміння цієї інновації не виходить за межі інтерпретації кожної точності складової аббревіатури STEM. Одні вважають, що, якщо буквою S в ньому позначено науку (а правильніше – науки), то все має зводитися до реалізації давно відомих міжпредметних зв'язків. Хочеться запитати: «А хто забороняв це робити раніше, до початку розмов про STEM, адже це вже настільки відомо, що

сприймається та виконується вчителями як обов'язкове?» Інші стверджують, що STEM навчить учнів працювати в командах, формуючи лідерські якості в учнів. До того ж все це є не лише в системі нашої освіти, а й за її межами [6]. Ще одні пропонують процес навчання зробити реверсивним. На їхню думку, традиційний освітній процес, який полягає в тому, що спочатку учням дають теоретичні знання, а потім знайомлять з їхнім практичним застосуванням, є малоефективним. З огляду на це вони пропонують йти у зворотному напрямку. Учень має спочатку знайомитись із технічними пристроями і, розбираючи їх на деталі, одержувати теоретичні знання. Таким же корисним вважається і збирання моделей технічних пристроїв з деталей різноманітних конструкторів. І все це вважається майже революційним.

Мета. Стаття присвячена дослідженню проблеми використання STEM-підходів в освіті, зокрема виокремленню, розгляду та описанню дослідницької складової STEM.

Аналіз основних досліджень і публікацій із зазначеної проблеми. Зі STEM (частіше звучить, як STEM-освіта) окремо проводяться різноманітні «внутрішньогалузеві» конкурси, семінари та вебінари, орієнтовані на залучення педагогічних працівників до названої вище STEM-освіти. Спочатку на таких заняттях інтерпретують цей акронім. До того ж відбувається це не завжди коректно. Щоб не бути голослівним, пропоную розглянути кадр (рис. 1), взятий з відео одного з вебінарів. Не можна залишитися осторонь від того, що спікер пропонував учасникам заходу. Тим паче, що відео розміщене на YouTube.

На цьому вебінарі йшлося про розширений акронім STREAM, проте ми звернемо увагу лише на неправильне тлумачення «спікера» аббревіатури STREAM .

Акронім STEM (англ. science, technology, engineering and mathematics – природничі науки, технологія, інженерія та математика) – використовують як узагальнювальний термін для угруповання цих тісно пов'язаних між собою дисциплін з метою опису освітньої політики установи або відповідної навчальної програми [5]. Термін був запропонований у 2001 році для позначення тренду в освітній та професійній сферах Національним науковим фондом США (незалежне агентство при уряді США, яке забезпечує фундаментальні дослідження й освіту в усіх галузях науки).

Варто звернути увагу на те, що гуманітарні, соціальні науки та мистецтво згруповані та класифікуються іншим акронімом HASS [2].

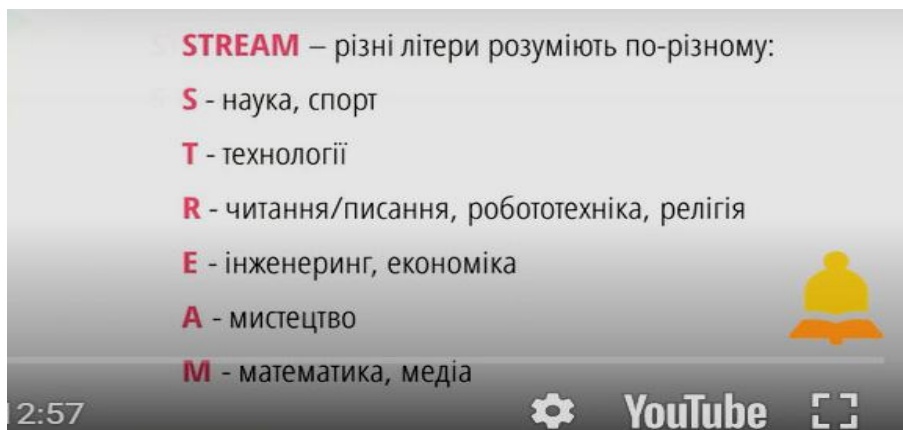


Рис. 1. Кадр із відео вебінару по STEAM

Джерело: сформовано авторами на основі [2].

Цікаво, що починаючи з 2010 року почали говорити про поєднання науки та мистецтва. Згодом до обговорюваного терміну додали мистецтво і утворився акронім STEAM. Але ж, як зазначено вище, мистецтво офіційно входить до іншого класифікатора навчальних дисциплін – HASS [4].

Пізніше вже термін охоплював й інші дисципліни. І, як видно на рисунку (рис.1), дійшли до акроніма STREAM. І це ще, мабуть, не останнє, що може бути запропоноване для демонстрації активного освітнього процесу. Хоча тим, хто хоче виявити себе у цій справі «новатором», варто ознайомитись зі змістом статті директора дослідницького центру неформальної освіти (CREI)

Національного музею науки і техніки Леонардо да Вінчі в Мілані (Італія) Марії Ксантудакі: «Від STEM до STEAM (освіти): необхідна зміна чи «теорія чого завгодно?»» [7].

Виклад основного матеріалу з обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Одним з ініціаторів залучення до STEM мистецтва та дизайну стала школа дизайну Род-Айленду з її Програмою «STEM у STEAM». Для обґрунтування причин такого кроку наводять різні непрямі докази, наприклад, те, що у Федерації творчих індустрій Великої Британії 36,5% провідних інженерів цікавляться мистецтвом чи дизайном (відвідують виставки, а дехто з них і сам пише картини. 35,4% з них відвідують концерти і грають на музичних інструментах. Виходячи з цього, і з'явилась пропозиція стосовно включення до вихідного акроніму букви «А» до навчальних планів шкіл мистецтва.

Стверджують також, що на цей момент у Google за ключовим словом STEAM можна знайти понад 65 000 000 результатів, де обговорюються плюси та мінуси того, що очікувалось від доданої до основного акроніма STEM букви «А». Це питання обговорюється на науковому рівні. Крім того, в цьому обговоренні беруть участь не лише представники дидактики природничо-математичних дисциплін, а й ті, що мають відношення до мистецтва.

Вважаю, що науковцям цікаво буде ознайомитись зі статтею Марії Ксантудакі. Глибоко проаналізувавши проблему, вона пропонує повернутися до основ (STEM). З властивою їй образністю у виразах та красою викладу вона наголошує: «Остерігайтесь скорочень!». Аббревіатури, пише вона, можуть бути небезпечними <... >, вони швидкі, але через це часто стають порожніми та безглуздими словами, чим завгодно [7].

Аналогічна ситуація була свого часу із запропонованою Г. С. Альтшуллером так званої «Теорії розв'язування винахідницьких задач» (ТРВЗ). Створені ним «інструменти» – (алгоритми) пошуку нових технічних розв'язань призначалися для винахідників, тобто, людей, які створюють нову техніку та технології. Розрекламована ТРВЗ була підхоплена її прихильниками, які працювали в різних галузях і відомствах. З'явилася вона, як відомо, і в освіті. Є й захищені кандидатські дисертації щодо методики її застосування в освітньому процесі. Але, чи стало воно тим, що підняло систему освіти на вищий щабель? Дочекаймося результатів впровадження в педагогічну практику STEAM. Людству відомі факти, які свідчать про те, що, наприклад, науковці, інженери та лікарі активно займалися та займаються різноманітними видами мистецтва і показують досить високі результати.

STEM не заперечує та не пропонує вилучити з педагогічної практики все те, що позитивно зарекомендувало себе раніше. Його підходи не заперечують використання будь-яких нових технічних пристроїв і технологій. Навряд чи якась педагогічна інновація може обійтися без застосування інформаційно-комунікаційних технологій (в акронімі це буква "Т"). Реальністю стала робототехніка. Але вона не замінить того, що вже існує у дидактиці фізики, хімії, біології. Вона може лише доповнити. А поки що, окремо проводяться інтелектуальні та творчі змагання з фізики та робототехніки. Хоча остання швидше належить до технічних предметів, а не до фізики. З огляду на це автор навряд чи погодиться з пропозицією вивчати закони фізики під час створення чогось із деталей конструктора. Знання в цьому випадку можна лише закріплювати.

Така вільна інтерпретація поняття, яке увібрав у себе акронім STEM, не сприяє справі, адже вчитель, як і будь-який фахівець, буде якісно навчати, якщо він буде чітко розуміти те, що від нього вимагають, та опановувати відповідну методику для досягнення мети. І ця методика повинна спиратись на результати наукових досліджень та плідну педагогічну практику.

Понад дванадцять років автор працював учителем фізики у середній школі. Є членом журі національного етапу міжнародного конкурсу Intel-Tehno та головою журі Всеукраїнського турніру юних винахідників і раціоналізаторів. Крім того, з 1990 року я працюю у системі підвищення кваліфікації вчителів. Це дозволяє порівнювати навчальні досягнення учнів упродовж тривалого часу. І я не можу стверджувати, що за час впровадження в систему освіти STEM рівень навчальних досягнень учнів з природничих предметів, зокрема, з фізики, підвищився. Можливо це суб'єктивна думка, тому хотілось би побачити щось інше у звітах чи в публікаціях відповідних фахівців. Але на цей час ми бачимо не результат, а активний процес організаційної та педагогічної діяльності. Хоча за результат іноді пропонується вважати перемоги на різноманітних конкурсах та фестивалях із робототехніки. Завуальований результат...

І все ж таки, якщо звернутися до змісту цього акроніма, то в ньому можна побачити сконцентровані вимоги до навчання учнів (для зручності я не буду називати їх здобувачами освіти) та

студентів. З'явилися вони не просто. Причиною стало те, що у всьому світі не все гаразд з природничо-математичною та технічною освітою, що знизився інтерес до оволодіння тими професіями, які мають безпосередній вплив на розвиток промисловості, а, значить, і економіки. Відома на це й реакція уряду нашої країни. Його розпорядженням від 5 серпня 2020 року №960-р була схвалена Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) [1]. Її назва також підтверджує, що до STEM належать лише природничо-математичні предмети.

Що ж головного в розглядуваному акронімі? На що слід звертати увагу в освітньому процесі з природничо-математичних дисциплін? Візьмемо за мету розглянути це докладніше.

Якщо літерою «S» у ньому позначено науки, то в освітньому процесі хочеться бачити ознайомлення учнями з методами дослідження певних явищ та процесів. Фахівці з дидактики природничо-математичних дисциплін про це говорять давно. Виконано й відповідні дисертаційні дослідження. Схвальні відгуки отримав методичний посібник «STEM/STEAM-проекти з фізики» [3], який видано у 2022 році румунською мовою і ним користуються як у Республіці Молдова, так і в Румунії. У жовтні 2023 року ця книга відзначена нагородою – Бронзовою медаллю Міжнародного салону винаходів та інноваційної підприємливості. Для педагогів названих вище країн автором проводяться вебінари. Для вчителів області проводяться авторські курси з цієї проблеми. Певних зрушень вдасться досягнути після схвалення урядом Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) [4]. Проте ще до цього часу як у загальноосвітніх, так і у закладах вищої освіти переважає навчання, в основі якого лежить передача учням готових знань.

Водночас слід відзначити, що ідея одержання учнями знань у процесі власних наукових досліджень не є новою і свого часу вона вже запроваджувалась у педагогічну практику. Для усвідомлення такого підходу розглянемо приклад з освітнього процесу з фізики. На відповідному занятті з фізики можна дати формулювання закону Ома для ділянки електричного кола у вже наявному вигляді. Але можна запропонувати учням виконати дослідження, як це відображено в одному з підручників Республіки Молдова [2], та спонукати їх до самостійного формулювання залежності сили струму в провіднику від прикладеної до нього напруги та його опору. В якому разі більше користі? Звісно, у другому. Учні не просто здобувають нові знання, а й знайомляться з науковими методами. Окрім того, це має важливе значення і з точки зору психології. Учні починають вірити у свої можливості (адже я відкрив те саме, що раніше відкрив Ом!) і в них може сформулюватись настанова, яка може відіграти роль у виборі майбутньої професії. А чи не на це орієнтує нас STEM?

Наша стаття присвячена саме дослідницькій складовій STEM. Тому ми й продовжили розгляд аналогічних прикладів, на основі яких і прийдемо до певних висновків. Залучення учнів до дослідницької діяльності можна вже в початковій школі. Так, наприклад, знайомлячи їх з явищами



Рис. 2. Дві дуги веселки

Джерело: сформовано авторами на основі [3].

природи, можна розглянути фотознімок веселки (рис. 2). При цьому їх слід навчати у звичайному бачити незвичайне. Якщо хтось із них зверне увагу на те, що у нижній дузі веселки червоний колір вгорі, а в другій внизу, то це може перетворитись на цікавий дослідницький проект з орієнтовною назвою «Розподіл кольорів у дугах веселки». Для того щоб упевнитись у тому, що це місце можна спостерігати і в інших веселках, учню слід завантажити з відповідних електронних ресурсів певну кількість аналогічних зображень. Їх аналіз дозволить зробити відповідний висновок. Якщо ж за таке дослідження візьметься старшокласник, то ми маємо право очікувати від нього й пояснення такого розподілу кольорів.

Цікаво, що ознайомлення з даним знімком дозволяю сформулювати й тему наступного дослідницького проекту. Йому можна дати таку назву; «Дослідження розподілу яскравості ділянок неба під час веселки» Знову ж, в результаті аналізу серії подібних знімків, учень молодших класів можливо лише зробить висновок про такий розподіл яскравості неба, а старшокласник вже спробує й встановити причини даного явища.

Наступний приклад. Розглядаючи знімок (рис. 3), ми здогадуємось, що спочатку краплини роси утворюються на верхівці травинки, а потім переміщуються вниз. Впевнившись у цьому під час особистого спостереження за перебігом такого явища в природі, учні можуть виконати серйозне його дослідження з метою одержання відповіді на попередньо поставлене запитання: «Чому саме так?». Але ж знову до такого дослідження можна дійти лише за умови сформованого уміння – у звичайному бачити незвичайне. Саме так відбувається у реальній роботі науковця.

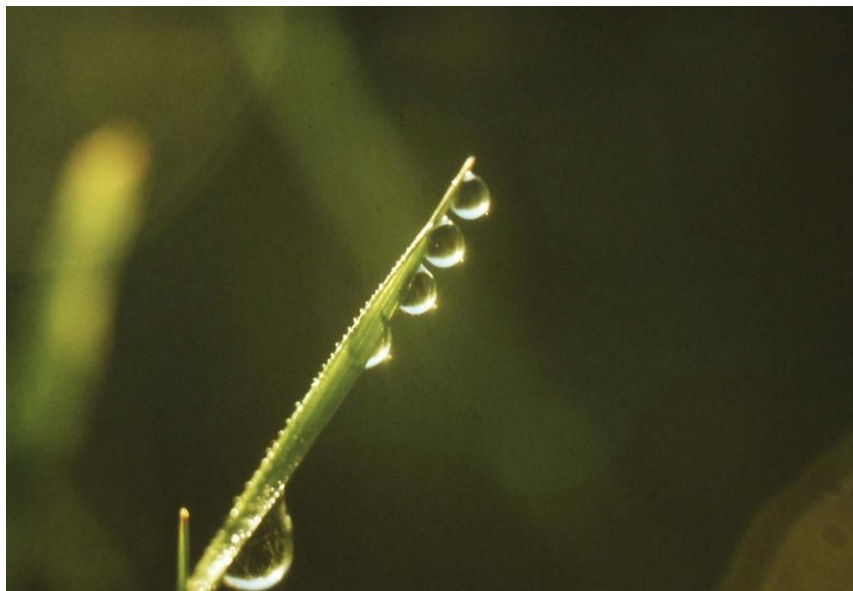


Рис. 3. Утворення роси на травинці

Джерело: сформовано авторами на основі [3].

Зрозуміло, що учнів слід знайомити і з експериментальним методом дослідження. З наявними для цього приладами. Наприклад, під час проведення фізичного експерименту учні побачили, що полум'я свічки відхиляється вбік від зарядженого електрода електрофорної машини (рис. 4). Відразу ж висувається гіпотеза: "У полум'ї свічки містяться заряджені частинки". Гіпотезу треба перевірити! Для цього слід виконати серію дослідів, змінюючи прилади та умови перебігу цього явища. На це й орієнтує написаний методичний посібник [3].



Рис. 4. Дія електричного поля на полум'я свічки

Джерело: сформовано авторами на основі [3].

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у визначеному напрямі. Як бачимо, дослідницька складова STEM орієнтована на опанування учнями методів наукових досліджень, що може суттєво змінити їхнє ставлення до природничих предметів та сприяти вибору відповідної професії. Для цього необхідно освітній процес організувати так, щоб учні отримували знання не в готовому вигляді, а здобували їх у процесі власних досліджень. Як учителі, так і учні мають знати, що людина не може засвоїти до рівня запам'ятання все те, що відоме на цей час науці. Навіть, у конкретній галузі знань. Для професійної діяльності достатньо володіти базовими знаннями. Але при цьому треба вміти досліджувати відповідні явища та процеси самостійно.

За такого підходу зникає проблема обрання тем навчальних проєктів, окремі з яких можуть згодом перетворитись у серйозні науково-дослідні роботи з подальшим їх представленням на міжнародних конкурсах.

Інженерну або ж творчу складову STEM, яка в акронімі позначена буквою «Е», ми розглянемо в іншій статті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). Кабінет Міністрів України, №960-р, від 5 серпня 2020 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-p/print#n8>.
2. Botgros I., Bocancea V., Constantinov N. Fizica. Manual pentru clasa a VIII-a. Cartier, 2003. 128 p.
3. Davidenko A., Bocancea V. Proiecte STEM/STEAM la fizica. Ghid metodic. Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova, Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare, Universitatea Pedagogică de Stat "Ion Creangă". Chișinău: S. n., 2022 (CEP UPSC). 62 p.
4. General education: core & humanities, arts and social sciences (HASS) 24 credits required: 12 credits from Core & 12 credits from HASS 2018-2019. URL: <https://www.mtu.edu/registrar/pdfs/core-and-hass-list-18-19-v2.pdf>.
5. Gonzalez H. B., Kuenzi J. J. Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A Primer. 38 p. URL: <https://sgp.fas.org/crs/misc/R42642.pdf>.

6. Kim H., Cha J. The Effect of STEAM Camp Program for Gifted High School Students on Their Creative Leader Competency and STEAM Literacy. *Journal of Science Education*, 45(2), 2021. P. 231–246. URL: <https://doi.org/10.21796/jse.2021.45.2.231>.

7. Xanthoudaki M. From STEM to STEAM (education): a necessary change or ‘the theory of whatever’? *ResearchGate*, 2017. P. 1–9. URL: https://www.researchgate.net/publication/315893720_From_STEM_to_STEAM_education_A_necessary_change_or_the_theory_of_whatever'.

REFERENCES

1. Kontsepsiia rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity). Kabinet Ministriv Ukrainy, №960-r, vid 5 serpnia 2020 roku. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-p/print#n8>.

2. Botgros I., Bocancea V., Constantinov N. *Fizica. Manual pentru clasa a VIII-a*. Cartier, 2003. 128 p. [in Romania].

3. Davidenko A., Bocancea V. *Proecte STEM/STEAM la fizica. Ghid metodic*. Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova, Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare, Universitatea Pedagogică de Stat "Ion Creangă". Chișinău: S. n., 2022 (CEP UPSC). 62p. [in Romania].

4. General education: core & humanities, arts and social sciences (HASS) 24 credits required: 12 credits from Core & 12 credits from HASS 2018-2019. URL: <https://www.mtu.edu/registrar/pdfs/core-and-hass-list-18-19-v2.pdf>. [in English].

5. Gonzalez H. B., Kuenzi J. J. *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A Primer*. 38 p. URL: <https://sgp.fas.org/crs/misc/R42642.pdf>. [in English].

6. Kim H., Cha J. The Effect of STEAM Camp Program for Gifted High School Students on Their Creative Leader Competency and STEAM Literacy. *Journal of Science Education*, 45(2), 2021. P. 231–246. URL: <https://doi.org/10.21796/jse.2021.45.2.231>. [in English].

7. Xanthoudaki M. From STEM to STEAM (education): a necessary change or ‘the theory of whatever’? *ResearchGate*, 2017. P. 1–9. URL: https://www.researchgate.net/publication/315893720_From_STEM_to_STEAM_education_A_necessary_change_or_the_theory_of_whatever'. [in English].

Матеріал надійшов до редакції 20.09.2023