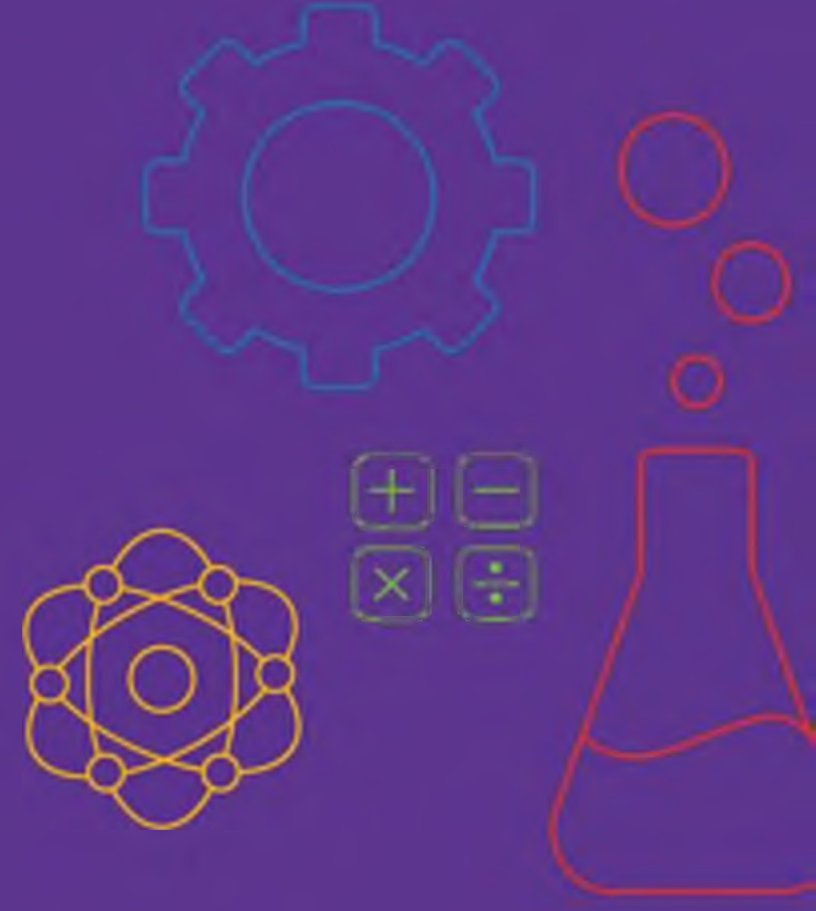


STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження

■ Навчально-методичний посібник

STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження

**Навчально-методичний
посібник**



STEM-book:

можливості та практичний
досвід упровадження

Навчально-методичний
посібник

Схвалено
для використання
в освітньому процесі

Київ
Національний центр
«Мала академія наук України»
2023

Рецензенти:

- R. Lamb* — Ph.D, USA, California, East Carolina University;
Н. Морзе — професорка кафедри комп'ютерних наук і математики факультету інформаційних технологій та управління Київського університету імені Бориса Грінченка, пані член-кореспондент НАН, д. пед. наук, професорка;
С. Горбенко — доцентка Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти», канд. психол. наук;
І. Сліпухіна — професорка кафедри загальної фізики НАУ, головна наукова співробітниця відділу створення навчально-тематичних систем знань Національного центру «Мала академія наук України», д. пед. наук;
Н. Поліхун — завідувачка відділу підтримки обдарованості Інституту обдарованої дитини НАПН України, канд. пед. наук, старш. наук. співр.;
Г. Дудіч — учителька гімназії імені Т. Г. Шевченка м. Кропивницького, учителька-методистка

*«Схвалено для використання в освітньому процесі»
Рішення експертної комісії з технологій МОН від 31 травня
2023 року (протокол № 4)*

*Зареєстровано в Каталозі надання грифів навчальній літературі
та навчальним програмам за № 3.0225-2023*

*Рекомендовано Вченою радою Національного центру
«Мала академія наук України» (протокол № 3 від 28 березня 2022 р.)*

STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження : навч.-метод. посіб. / Є. Б. Шаповалов, Ж. І. Білик, С. А. Усенко, В. Б. Шаповалов, П. Д. Антоненко ; за заг. ред. С. О. Довгого, О. Є. Стрижака. — Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2023. — 134 с.

У виданні подано відомості щодо застосування STEM-освіти, опис наукового та інженерного методу як базису для впровадження STEM-освіти і детальний опис роботи з інструментами, що можуть забезпечити імплементацію STEM-освіти, зокрема середовищем stemua.science та сучасними онтологічними засобами. Крім того, практичний посібник містить скорочені описи методик для проведення дослідницьких робіт у напрямі STEM. У посібнику наведено практичні інструкції для долучення до проєктів Scientix, Erasmus та Horizon у напрямі STEM. У додатках викладена структурована інформація у формі таблиць, що буде корисна для імплементації STEM.

Матеріали посібника стануть у пригоді вчителям, викладачам закладів вищої освіти, вчителям позашкільця, студентам педагогічного спрямування, а також можуть бути застосовані учнями для додаткового вивчення.

Вступне слово	6
1. Особливості впровадження STEM в освітній процес	7
1.1. STEM та наукова освіта як ключові напрями в освіті	8
1.2. Передумови розвитку STEM в освіті	10
1.3. STEM-професії	11
1.4. STEM-підхід та його похідні (STEM, STEAM, STREAM)	12
1.5. Стан упровадження STEM в українській освіті	13
1.6. Мульти- / міждисциплінарність у контексті STEM	14
1.7. Основні дефініції STEM в освіті	16
1.8. Зміна ролі учня та вчителя при впровадженні STEM в освітньому процесі	18
1.9. Роль STEM-середовища для STEM в освіті	20
2. Практичні аспекти впровадження STEM в освітньому процесі	21
2.1 Науковий та інженерний методи як інструменти впровадження STEM	22
2.1.1. Науковий метод як інструмент STEM-підходу	23
2.1.2. Наукова та дослідницька діяльність	28
2.1.3. Інженерний метод як підхід до запровадження STEM в освіті	29
2.1.4. Визначення використання наукового чи інженерного методу	30
2.2. Особливості імплементації STEM в освітньому процесі. Псевдо-STEM-заняття	33
3. Інструментарій STEM в освітньому процесі	35
3.1. Класифікація сучасного інструментарію	36
3.2. Програмне забезпечення для впровадження STEM-освіти, розроблене та адаптоване в НЦ «МАНУ»	38

3.2.1.	Єдине навчальне мережецентричне інформаційне середовище на базі ІТ-платформи Polyhedron	38
3.2.2.	Калькулятори процесів та моделюючі середовища	40
3.2.3.	Середовище всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру (stemua.science) як інструмент для реалізації STEM в освіті	41
3.2.4.	Специфічні сучасні інструменти, що є новими та мають потенціал до запровадження в межах STEM в освіті	43
3.3.	Дослідницькі роботи та методики як ключові елементи STEM в освітньому процесі	44
3.3.1.	Приклади дослідницьких робіт	45
3.3.2.	Методики, які можна застосовувати для реалізації STEM	46
4.	Онтологічні інструменти для забезпечення STEM в освітньому процесі	47
4.1.	Система добору робіт для учнів	49
4.2.	Система добору обладнання для дослідження в центрах колективного користування НАН України	50
4.3.	Система добору обладнання для дослідження у центрі колективного користування «МАНЛаб»	51
4.4.	Система добору методик для дослідження	52
4.5.	Система добору фахових журналів для публікацій результатів досліджень	53
4.6.	Система добору журналів, що індексуються наукометричною базою SCOPUS, для публікацій результатів досліджень	54
5.	Можливості учнівської молоді та викладацького складу України щодо STEM в освіті	55
5.1.	Навчальні проєкти НЦ «МАНУ»	56
5.1.1.	Проєкт «Моя аксіома нескінченності»	56
5.1.2.	Проєкт «Відкрита освітня лабораторія»	57

5.1.3. Центр колективного користування «МАНЛаб»	58
5.1.4. Системи дистанційного проведення експерименту на базі ІТ-рішень лабораторії «МАНЛаб»	59
5.2. STEM-орієнтовані навчальні системи НЦ «МАНУ»	60
5.2.1. Міждисциплінарна лабораторія «МАНЛаб»	60
5.2.2. Дитяча академія «Футурум»	61
5.2.3. Лабораторія «Ex Lab»	62
5.2.4. Школа іноземних мов «Brainy English»	63
5.3. Національні та міжнародні STEM-орієнтовані конкурси за участю НЦ «МАНУ»	64
5.3.1. Турнір «Відкрита природнича демонстрація» (ВПД)	64
5.3.2. Destination Imagination	65
5.3.3. ARCHIKIDZ! — перший спеціалізований фестиваль архітектури для дітей	66
5.4. Міжнародне співробітництво у сфері STEM-освіти	67
5.4.1. PISA	67
5.4.2. Дослідницькі програми для учнів: Scientix	69
5.4.2.1. Використання календаря вебінарів	70
5.4.2.2. Інструкція з добору програм Scientix	71
5.4.3. STEM Discovery Week / STEM Ahead Competition	72
5.5. Освітні програми для педагогів	73
5.6. Наукові програми в галузі STEM	76
Додатки	77
Список використаних джерел	124
Список ілюстрацій	129

Вступне слово

Шановні читачі, ми впевнені, що важливість освіти для будь-якої сучасної країни є незаперечним фактом. На сьогодні існує доволі багато підходів в освіті, але особливої уваги заслуговує STEM, оскільки він успішно забезпечує високу ефективність освітнього процесу.

Нині вже є значна кількість посібників, у яких подано навчальний матеріал і методичні рекомендації щодо організації освітнього процесу з використанням STEM. Однак, працюючи над цим посібником, колектив авторів намагався зробити все можливе, щоб досвід роботи з цим посібником став унікальним для педагога. Представлений у виданні матеріал структурований відповідно до вимог сьогодення, містить ілюстрації, схеми, діаграми, графіки.

Наявні посібники переважно оперують теоретичними, а не практичними вказівками до реалізації завдань STEM в освіті. Унікальність пропонуваного посібника полягає у тому, що застосування STEM в освіті представлено багатоаспектно, розглянуто причини виникнення цього підходу. Більшість положень посібника оперує традиційними поняттями, які використовує STEM-освіта, поряд наводиться українська адаптація цих понять. Такий унікальний підхід став можливий завдяки колективу авторів, один з яких є викладачем-практиком у напрямі STEM у США.

Посібник є практично орієнтованим та містить методичну складову і, починаючи з другого розділу, містить практичні вказівки щодо використання STEM в освітньому процесі. Окрім того, у третьому розділі визначено інструменти, які можуть бути застосовані для впровадження STEM, зокрема й ті, що розроблені у Національному центрі «Мала академія наук України». В четвертому розділі зазначено онтологічні інструменти для забезпечення STEM в освітньому процесі. П'ятий розділ присвячено представленню можливостей, що надає НЦ «МАНУ» для вчителів та учнів, за напрямом STEM, в ньому викладено відомості про можливості участі в міжнародних конкурсах, а саме: Pisa, Scientix, Erasmus та Horizon.

Не менш цінними є додатки, де викладено практичні таблиці, що будуть корисними для фахівців, які планують запроваджувати в освітній діяльності STEM-підхід у практичній площині. Таблиці містять перелік STEM-професій, додаткових міжнародних та українських документів щодо STEM-проектів (як практичні приклади реалізації STEM). Важливим є перший додаток, де викладено розроблені в НЦ «МАНУ» методики та дослідницькі роботи, які можуть бути застосовані для впровадження STEM.

Отже, шановний читачу, Ви тримаєте в руках унікальний, максимально практично орієнтований посібник, що висвітлює можливості впровадження STEM в освітньому процесі з урахуванням найкращих практик зарубіжного та українського досвіду.

Сподіваємося, що посібник буде корисний для організації освітнього процесу у Вашому закладі.

S – пов'язано з однією або кількома науковими дисциплінами (Science);

T – ґрунтується на використанні сучасних технологій (не лише комп'ютерних, а й інших, що можуть бути корисними для розв'язання проблем; наприклад технології виробництва продукції);

E – включення інженерії. Наприклад, проектування та побудова конструкцій задля досягнення заданої мети;

A – застосування методів дизайну та креативності у технологічній, інженерній та науковій діяльності;

M – використання математичних розрахунків.

Однак в українському підході доволі часто інтеграцію розуміють як застосування різних дисциплін (фізики, хімії, біології тощо). Отже, доцільно чітко розрізняти оригінальний підхід до STEM та українську адаптацію.

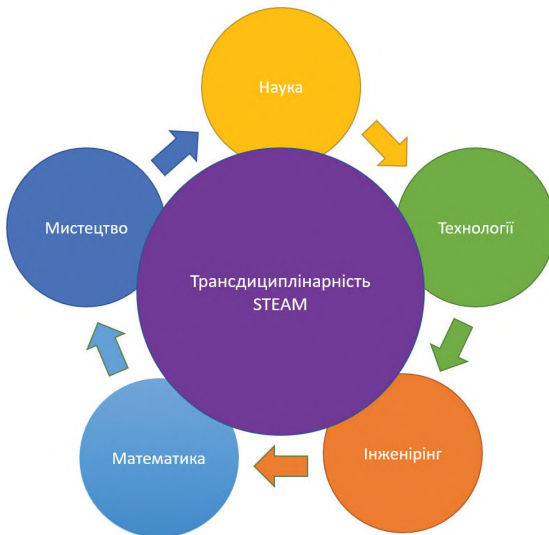


Рис. 5. Трансдисциплінарність у розумінні STEAM

3.2.2. Калькулятори процесів та моделюючі середовища

До розрахункових застосунків належать різні калькулятори, розроблені для спрощення розрахунків у різних галузях, наприклад хімії та електрофізики. Такими застосунками є CircuitCalc та Resistors Code, Multisim (рис. 15).

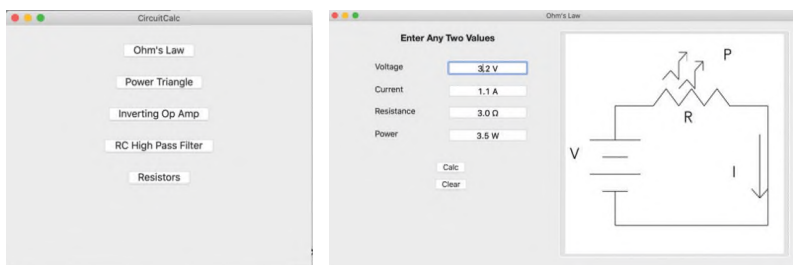


Рис. 15. Інтерфейс CircuitCalc

Також існують програми, здатні забезпечити моделювання експерименту – моделювальні середовища. На сайті Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру (stemua.science) [33] викладені методичні рекомендації до робіт, які виконують з використанням моделюючих програм. На рисунку 16 представлено загальний вигляд моделюючого вебсередовища «Human Biodigital».



Рис. 16. Загальний вигляд вебсередовища «Human Biodigital»



4.1. Система добору робіт для учнів



Призначення:

швидкий пошук дослідницького
проєкту для реалізації учнями.

Специфіка / опис: система побудована на основі психологічно-опитувальника, розробленого в Інституті обдарованої дитини, та дослідницьких робіт, представлених на сайті Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру (stemua.science).

Як використовувати: користувач вводить у систему інтереси учня та генерує список робіт, відранжований відповідно до запиту. Можливе застосування фільтрів: напрям, складність, безпечність, доступність використовуваних матеріалів, час виконання роботи.

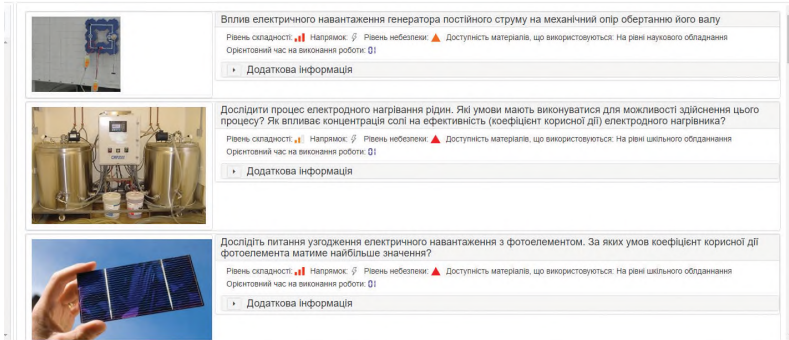


Рис. 24. Загальний вигляд системи
добору робіт учнів

Приклад 7. Вирішення проблеми відсутньої деталі з використанням 3D-принтера



Експериментальна процедура

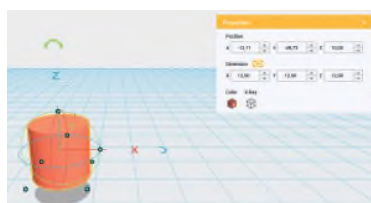
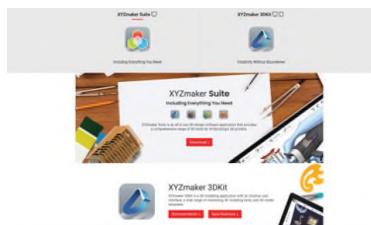
1 Вимірювання розміру деталі
За допомогою штангенциркуля виміряйте ширину, довжину та порожнини деталі.

2 Моделювання деталі
Установіть програму XYZmaker на Android, iOS або PC за лінком: <https://www.xyzprinting.com/en/software-series/DESIGN/xyzmaker-suite>

Оберіть необхідний тип фігури. Перетягніть фігуру на робочу поверхню.

Налаштуйте розміри фігури відповідно до вимірних розмірів.

Вставте додаткову фігуру, що буде відповідати порожнинам деталі (у нашому випадку – призма) та налаштуйте розмір.



№	Назва проекту	Тип проекту	Стислий опис
66	EUse science to STEAM up your school	Erasmus+ (KA2), 2018	Передбачає культурний обмін з метою проведення уроків з урахуванням STEM
67	Standardizing the Education Via Processing STEM	Erasmus+ (KA2), 2018	Передбачає проведення заходів щодо впровадження STEM у школах
68	STEM Education	Erasmus+ (KA2), 2018	Метою було запровадження програми обміну учнями для покращення рівня володіння італійською та французькою мовами
69	STEM+A AROUND US	Erasmus+ (KA2), 2018	Метою була оцінка рівня обізнаності учнів віком від 10 до 14 років до початку проекту та після його завершення. Також у проекті було передбачено проведення різних STEM-орієнтованих конкурсів
70	Partnerstwo europejskie w edukacji STEM	Erasmus+ (KA2), 2018	Метою було застосування: <ul style="list-style-type: none"> – проектних методів у викладанні природничих наук та математики (Польща); – навчальних ігор як методу опанування природознавства та математики (Латвія); – соціальних медіа у навчанні STEM (Латвія); – робототехніки в навчанні STEM (Естонія); – експериментів у навчанні STEM (Болгарія); – методологій викладання предметів STEM через навчальні екскурсії (Болгарія). У школах-партнерах заплановано створення навчальних STEM-лабораторій
71	STEM en action	Erasmus+ (KA2), 2018	Метою проекту був розвиток співпраці між різними країнами для обміну досвідом зі STEM, заохочення учнів до вивчення STEM-дисциплін
72	Okullar Kodluyor, Robotlar Buluşuyor	Erasmus+ (KA2), 2018	Метою проекту є розробка методів навчання кодування та робототехніки під час вивчення інших предметів крім інформатики. Результати представлено на сайті та в соціальних мережах: http://egemenyildizortaokulu.meb.k12.tr/ (турецькою мовою), https://www.facebook.com/SchoolsCodingRobotsMeeting/
73	STEAM: Attractive Gateway In Classroom	Erasmus+ (KA2), 2018	Метою є: <ul style="list-style-type: none"> – обмін практиками, методами та прийомами в галузі STEAM; – розроблення міждисциплінарних навчальних планів уроків STEAM; – розвиток у студентів навичок та компетентностей, інноваційних здібностей, креативності, необхідних на європейському ринку праці; – розвиток критичного та творчого мислення; – розвиток амбіцій, спрямованих на досягнення результатів у навчанні. Із результатами можна ознайомитися на сайті: http://www.steamagic.org/
74	SySTEM 2020	Horizon Europe	Передбачає організацію заходів, спрямованих на розвиток обізнаності зі STEM-предметами в учнів у 19 країнах. Із результатами можна ознайомитися на сайті: https://system2020.education/

Список використаних джерел

1. Ключові уміння 21-го століття : типова освітня програма / Бри-танська рада в Україні ; Міністерство освіти і науки України. 2019. URL: https://www.britishcouncil.org.ua/sites/default/files/programa_klyuchovi_uminnya_21-go_stolittya.pdf (дата звернення: 13.01.2023).
2. Adedokun O. A. et al. Research skills and STEM undergraduate research students' aspirations for research careers: Mediating effects of research self-efficacy. *Journal of Research in Science Teaching*. 2013. 50 (8). Pp. 940–951. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21102>.
3. Delaney N. Science Education (European commission). In Companion to the History of Modern Science. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003070818-70>.
4. Dong A., Agogino A. M. Design principles for the information architecture of a SMET education digital library. *Proceedings of the ACM International Conference on Digital Libraries*. 2001, January. Pp. 314–321. DOI: <https://doi.org/10.1145/379437.379699>.
5. Burke L. M., McNeill J. B. “Educate to Innovate”: How the Obama Plan for STEM Education Falls Short. *Backgrounder*. 2011. № 2504. Pp. 1–8. URL: <http://report.heritage.org/bg2504> (дата звернення: 22.12.2022).
6. Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) Careers. *Minnesota State*. 2019. URL: <https://careerwise.minnstate.edu/careers/stemcareers> (дата звернення: 03.12.2021).
7. Класифікатор професій ДК 003:2010 : затверджено наказом Держспоживстандарту України від 28.07.2010 р. № 327. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va327609-10#Text> (дата звернення: 19.07.2022).
8. Бабчук Ю. М., Грицак А. В., Коломієць Д. І. STEM/STEAM/STREAM – інноваційні підходи в трудовому навчанні. *Графічна підготовка як складова професійної освіти вчителя трудового навчання і технологій* : збірник матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. Вінниця, 2018. С. 13–15.
9. Badmus O. T., Omosewo E. O. Evolution of STEM, STEAM and STREAM Education in Africa: The Implication of the Knowledge Gap. *International Journal on Research in STEM Education*. 2020. № 2 (2). Pp. 99–106. DOI: <https://doi.org/10.31098/ijrse.v2i2.227>.
10. Godsk M. STREAM: a Flexible Model for Transforming Higher Science Education into Blended and Online Learning. The Underlying Incentives and Ambitions of the Model. *Proceedings of E-Learn 2013 World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*. 2013. Pp. 722–728.

Навчальне видання

**STEM-book:
можливості та практичний
досвід упровадження**

*Навчально-методичний
посібник*

Редагування: *І. Браташук, О. Нечипоренко,
З. Пономаренко, Т. Рябокiнь,
Верстання О. Чекановська
Дизайн обкладинки О. Чекановська*

Формат 84×108/16. Папір офс. 80 г/м².
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 7,79.
Наклад 300 прим.

Видавництво:
Національний центр «Мала академія наук України»,
Кловський узвіз, буд. 8, м. Київ, 01021

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 6999 від 04.12.2019 12.2019