

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ОБДАРОВАНОЇ ДИТИНИ



STEM/STEAM - освіта
від
теорії
до практики

Київ 2023

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ОБДАРОВАНОЇ ДИТИНИ

**STEM/STEAM-освіта:
від теорії до практики**

методичний посібник

**Київ
2023**

DOI: <https://doi.org/10.35668/978-617-7734-44-3>

УДК 373.5.091.313-044.247:[004:5:62:7](072)

С 79

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Інституту обдарованої дитини НАПН України
(протокол № 12 від 27 грудня 2023 р.)*

Рецензенти:

Тименко Володимир Петрович, доктор педагогічних наук, професор, головний науковий співробітник відділу діагностики обдарованості Інституту обдарованої дитини НАПН України;

Лозова Оксана Володимирівна, начальник відділу STEM-освіти Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти».

С 79 STEM/STEAM-освіта: від теорії до практики: методичний посібник /
Н. І. Поліхун, К. Г. Постова, Г. В. Онопченко, О. В. Онопченко,
І. М. Шевченко. – Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України,
2023. – 121 с.

ISBN 978-617-7734-44-3

Рух від STEM до STEAM пускає коріння протягом останніх десяти років і розвивається як ефективний освітній підхід із перспективою на становлення нової освітньої системи затребуваної майбутнім.

Посібник пропонує систематизовану інформацію з методології STEAM-освіти і спрямований на формування більш глибокого розуміння новітніх тенденцій в освіті, що покликані підготувати нове покоління до вимог сучасності. Розділи посібника віддзеркалюють широкий спектр питань: від теоретичних аспектів становлення STEM/STEAM-освіти до конкретних практичних інструментів.

Видання призначено для вчителів, викладачів, методистів, управлінців, студентів закладів вищої освіти педагогічного профілю та всіх зацікавлених у розбудові STEM/STEAM-освіти, освіти обдарованих, профільної освіти Нової української школи.

УДК 373.5.091.313-044.247:[004:5:62:7](072)

© Н. І. Поліхун, К. Г. Постова, Г. В. Онопченко,
О. В. Онопченко, І. М. Шевченко, 2023

ISBN 978-617-7734-44-3

© Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ I. STEAM-ОСВІТА, ЗАРОДЖЕННЯ ТА КЛЮЧОВІ ПОЗИЦІЇ СТАНОВЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ.....	6
1.1. Що таке STEAM, особливості та основні функції STEAM.....	7
1.2. Як пов'язані між собою науки?	13
1.3. Взаємозв'язок наукового та художнього пізнання світу	18
1.4. STEAM і нейронауки	27
1.5. STEM/STEAM-освіта і перспективи економічного розвитку	32
1.6. Використання штучного інтелекту в STEM/STEAM-освіті	38
РОЗДІЛ II. ГЕНЕЗА ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ STEM/STEAM-ОСВІТИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ.....	42
2.1. Шлях від STEM до STEAM.....	42
2.2. Інтегративні моделі STEAM-освіти	44
2.3. Міжнародний досвід освітньої політики STEM/STEAM.....	49
2.4. Приклади міжнародних STEAM-проєктів.....	55
2.5. Становлення освітньої політики та нормативно-правове забезпечення STEM/STEAM-освіти України.....	57
2.6. Мережа закладів STEM/STEAM-освіти (проблеми створення STEM/STEAM-центрів і STEM-лабораторій тощо)	62
2.7. Професійна підготовка та професійний розвиток педагогічних кадрів у галузі STEM/STEAM-освіти	66
РОЗДІЛ III. ДИДАКТИЧНІ РОЗВІДКИ STEM/STEAM-ОСВІТИ	70
3.1. Принципи та закономірності STEAM-освіти	70
3.2. STEAM-компетентності	72
3.3. Розвиток основних компетентностей Нової української школи в STEAM-середовищі.....	74
3.4. Форми та методи реалізації STEM/STEAM-освіти	83
3.5. Методи STEM/STEAM-навчання	88
3.6. Поетапна модель предметної інтеграції мистецтва і STEAM	100
3.7. Оцінювання навчальних STEM/STEAM-проєктів.....	104
ДОДАТКИ.....	111

ВСТУП

Перспективними освітніми підходами підготовки фахівців із широким спектром трендових навичок у багатьох країнах світу стала STEM/STEAM-освіта. STEM/STEAM – глобальний підхід, що необхідний для реформування та розвитку національної освіти, зокрема природничо-математичної, інформатичної, технологічної в межах формальної освіти, а також освіти обдарованих дітей і молоді в неформальній освіті. Основні принципи STEM/STEAM-освіти відповідають суспільним вимогам і головним завданням Плану відновлення України (посилення інтеграції науки та інновацій у навчальний процес, відшкодування освітніх втрат у зв'язку з воєнними подіями в Україні, посилення інтеграції України в міжнародні мережі знань, синхронізації стандартів STEM/STEAM-підходу з освітніми програмами ЄС тощо).

Обидва підходи, STEM і STEAM, мають свої переваги та є ефективними для розвитку і набуття перспективних компетентностей для майбутньої реалізації в цифровому, високотехнологічному суспільстві. Їх впровадження пов'язано з практикоспрямованістю, що реалізується через дослідження, проєктну діяльність, з використанням штучного інтелекту (ШІ), віртуальної та доповненої реальності, 3D-друку, робототехніки та інших інструментів для створення інтерактивного та захопливого навчального середовища, а також із залученням експертів із реального сектору до формування початкових професійних навичок та актуальних знань, що є необхідними на ринку праці.

Перспективним результатом впровадження STEM/STEAM в освіті є можливість ефективної реалізації творців нових знань, фахівців і новаторів, здатних на концепціях сталого розвитку формувати громадянське суспільство, яке активно використовує різноманітні технології, зокрема цифрові, має сформовану наукову грамотність, комплексно розвинену систему гнучких навичок, включаючи креативність, критичне мислення, адаптивність, інноваційність, здатність до співпраці, відкритої комунікації тощо.

Освітній підхід STEAM – більш об'ємне поняття, бо інтегрує ширше коло дисциплін, пропонує значні можливості здобувачам освіти для творчого самовираження та розвитку різноманітних навичок, що враховує особливості та потреби кожного учня/учениці і застосування адаптивних методів навчання. Наразі вибір між STEM та STEAM у світовій освітній практиці схиляється до напряму STEAM, однак він залежить від конкретних цілей навчання та ресурсів освітнього закладу.

STEAM сформувався на основі освітнього підходу STEM, додаючи творчий, естетичний і соціальний компоненти, через встановлення зв'язків між предметами STEM та іншими навчальними дисциплінами, насамперед

соціально-гуманітарними, творчими та мистецькими практиками, що є критично важливим для розбудови інноваційної економіки, креативних індустрій і подолання викликів цифрового суспільства.

У STEAM успішно використовуються елементи дизайн-освіти – комплексної міждисциплінарної проєктно-художньої діяльності, яка синтезує елементи наукових, технічних і гуманітарних знань, інженерного конструювання і творчого мислення, практичні уміння, застосування методів, матеріалів, знарядь та інструментів, зокрема аутентичних для української нації. Отриманий навчальний досвід буде затребуваним у будь-якій галузі знань, для учнів з різноманітними інтересами і можливостями оскільки дає змогу практикувати розв'язання реальних проблем у співпраці та творчості, будувати інклюзивне середовище навчання.

Навчання на принципах STEAM сприяє педагогічній творчості освітян гармонізації навчального процесу в контексті виявлення та розвитку схильностей, здібностей, формування необхідних у житті навичок, у результаті чого зароджується нова дидактика STEAM. Перспективи STEAM-освіти пов'язують із можливостями актуалізувати національні архетипи духовності, багатогранність надбань українського народу, його культурного розвитку в умовах свободи і незалежності.

У цьому посібнику авторським колективом зосереджено увагу здебільшого на представленні дидактики STEAM-освіти, ґрунтуючись на результатах досліджень, реалізованих моделях і розробках інноваційних практик STEM-освіти, методологія якої є більш довершеною та реалізованою, випереджає в часі методологію STEAM і є більш поширеною у світі та Україні зокрема. Це насамперед зумовлено історичним контекстом, оскільки освітній напрям STEM з'явився раніше і вже був досить поширеним підходом, коли виникла ідея збагатити його мистецькими та соціально-гуманітарними дисциплінами. Окрім того, ми позиціонуємо STEAM як логічне продовження STEM, що звертає ще більше уваги і популяризує серед здобувачів STEM-освіту і надає можливість створювати більшу різноманітність навчальних програм, зокрема для обдарованих дітей.

Авторський колектив, продовжуючи власні дослідження з освітнього напрямку STEM,¹ має надію, що методичний посібник «STEM/STEAM-освіта від теорії до практики», де широко розкрито потенціал освітнього напрямку STEAM, буде також затребуваним освітянами, стимулюватиме педагогічну творчість і зробить певний внесок у розбудову профільної освіти Нової української школи.

¹ Поліхун Н. І., Постова К. Г., Сліпучіна І. А., Онопченко Г. В. Онопченко О. В. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів: методичні рекомендації. Київ. 2019. 80 с. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/718661/>.

РОЗДІЛ І.

STEAM-ОСВІТА, ЗАРОДЖЕННЯ ТА КЛЮЧОВІ ПОЗИЦІЇ СТАНОВЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ

STEM – це аббревіатура, яка розшифровується як Science (природничі науки), Technology (технології), Engineering (інженерія) та Mathematics (математика). STEM-підхід до освіти фокусується на інтеграції означених чотирьох дисциплін природничо-математичного та техніко-технологічного напрямів, а також спрямований на розвиток критичного мислення, навичок розв'язання проблем і підготовки учнів до майбутніх професій наукового, науково-технічного та технологічного напрямів.

STEAM – це розширення STEM, де «А» означає Art (мистецтво, дизайн). Поряд із цим, «А» може означати All (усі інші шкільні дисципліни, зокрема суспільно-гуманітарного напрямку (історія, філософія, політологія, суспільствознавство, мистецтвознавство, правознавство, економіка, економічна географія, мови, літератури тощо).

STEM/STEAM-підходи до освіти в навчальному процесі реалізуються як *інтегративна педагогічна технологія, що базується на поєднанні програмного змісту природничих наук, технологій, інженерії, математики, а також мистецтва, соціально-гуманітарних дисциплін для організації освітнього процесу (рис. 1.1).*



Рис. 1.1. Складові STEM/STEAM-освіти

STEM і STEAM-освіта нерозривно взаємопов'язані, оскільки поява STEAM базується, розвивається і поширюється як креативний напрям STEM, збагачуючи його творчими мистецькими дисциплінами, різновидами дизайну, промислової естетики, архітектури, музичної творчості, художньої пластики тощо, торкаючись своїми глибинами втілення в навчальний процес вікової ідеї синтезу науки та мистецтва на основі взаємодоповнення, збагачення і пошуку гармонічних підходів до навчання та розвитку дитини. Напрямок STEAM покликаний заохочувати допитливість, провокувати креативні ідеї, ставити серйозні запитання для дослідницького пошуку і конструкторських рішень реальних проблем оточуючого світу.

Початкова ідея STEAM базується на «STEM + Arts Integration», тобто еволюційній інтеграції галузей STEM із мистецтвом та активному вивченні та дослідженні найкращих можливостей щодо її реалізації. Поступово пишеться історія, накопичуються базові знання та розуміння освітнього підходу STEAM, його особливостей, відмінностей від STEM, переваг і майбутніх перспектив.

З часом з'являються критичні питання щодо змісту STEAM, форм і методів його реалізації для різних форматів освіти, впровадження міждисциплінарних інтегрованих підходів та різних моделей міжпредметної інтеграції, формування нової системи оцінювання, пошук відповідей, які наближають нас до народження нової освітньої системи, що спрямована на підготовку здобувачів освіти, які творчо мислять, швидко адаптуються, володіють високими громадянськими та підприємницькими якостями, виявляють людяність.

Для пошуку відповідей спробуємо поглянути на STEM/STEAM-освіту з акцентом на STEAM, звернемо увагу на її різнобічність, що допоможе ширше представити цей освітній підхід для розуміння й здійснення подальших кроків на шляху розробки системної дидактики STEAM-освіти та педагогіки загалом.

1.1. Що таке STEAM, особливості та основні функції STEAM

Що таке STEAM?

STEAM визначають як багатоцільовий і широкомасштабний інтегрований освітній підхід, що може бути реалізований на всіх освітніх рівнях (дошкільна, загальна середня, позашкільна, професійно-технічна, вища, післядипломна тощо), у різних формах навчання: інституційна (очна (денна, вечірня), заочна, дистанційна, мережева та індивідуальна). На його основі розробляється зміст, створюються відповідні навчальні технології, форми, методи, засоби STEAM тощо. Водночас, спираючись на визначення поняття «система освіти» в Законі України «Про освіту», можна зголоситися з поняттям *STEAM-освіта*, яка наразі перебуває на стадії становлення, розроблення перспективної дидактичної системи. Попереду очікується формування стандартів STEAM, освітніх програм, ліцензійних умов, нормативної бази тощо.

З огляду на багатозадачність маємо різні визначення та пояснення поняття «STEAM-освіта» і широкий вибір його змістового наповнення.

Засновниця освітнього напрямку STEAM, Жоржетта Якмен (Yakman, Georgette), визначає його як *міждисциплінарне вивчення природничих наук та технологій через інженерію (технічну творчість) і ліберальні мистецтва, на основах математики*. Вона також зазначає, що STEAM – це більше, ніж об'єднання образотворчого мистецтва та дизайну з галузями STEM. *Гуманітарні науки (ліберальні мистецтва) – відповідають на питання «хто і чому?», аргументація стосовно «що і як?» – належить природничим та технічним наукам. Спектр гуманітарних наук контекстуалізує STEM.*²

² Yakman G. STEAM- An Educational Framework to Relate Things To Each Other And Reality. 2019. URL: <https://www.k12digest.com/steam-an-educational-framework-to-relate-things-to-each-other-and-reality/>.

Директорка Інституту інтеграції мистецтв і STEAM, Сьюзен Райлі (Susan Riley), визначає STEAM як *освітній підхід, який поєднує будь-яку навчальну програму з природничих наук, технології, інженерії та математики з мистецтвом, що створює точки доступу для навчання на основі допитливості (IBL – inquiry-based learning) та розв'язання реальних проблем (PBL – problem-based learning), діалогу і розвитку креативності та критичного мислення.*³

Згідно з визначенням українських дослідників у галузі дизайн-освіти, STEAM – це *інтердисциплінарний підхід до змісту сучасної освіти, що полягає у взаємодоповненні артдисциплін (мистецьких і гуманітарних), природничих наук, технологій, інженерії, математики і надає можливість вченим, інженерам, підприємцям, художникам і дизайнерам налагоджувати діалог, запропонувати широкий спектр можливостей та ідей в академічній та соціальній сферах, проведення експериментів, розроблення/проектування інноваційних рішень.*⁴

З точки зору освітньої конвергенції, STEAM – це *мульті-, між- та трансдисциплінарний освітній підхід поєднання академічних знань STEM з проблемами реального світу, на основі використання мистецтва, технічної творчості і технологій, що сприяє встановленню зв'язків між школою і громадою, іншими освітніми установами, промисловістю, бізнесом тощо.*

STEAM також визначають як *освіту для стійкості з альтруїстичною метою, яка допомагає розкрити людяність. Арткомпонент у STEAM пов'язаний із «виразністю, викликом емоцій, емпатією, стимулюванням уяви, що руйнує стереотипи, сприяє відкритості та свідомому ставленню до себе та світу».*⁵

Найкоротшим та універсальним визначенням є таке: STEAM-освіта – це *освітній підхід, який сприяє міждисциплінарному викладанню дисциплін STEAM у відповідному наборі практик.*⁶

Які особливості STEAM-освіти?

– STEAM-підхід пропонується як спосіб модернізації освіти для здобуття теоретичних (концептуальних) знань через міждисциплінарні підходи та реалізацію практичного навчання в інтегрованих «креативних освітніх просторах».

³ Institute for Arts Integration and STEAM. URL: <https://artsintegration.com/>.

⁴ Бровченко А. І., Тименко В. П. Інформаційні технології візуалізації у дизайні. Digital transformations in culture: Scientific monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2023. P. 142–162.

⁵ Handbook of the Arts in Qualitative Research: Perspectives, Methodologies, Examples, and Issues / in J.G. Knowles, & A.L. Cole (Eds.). Los Angeles, CA: Sage Publications, 2008. P. 3–12. DOI: <http://dx.doi.org/10.4135/9781452226545.n1>.

⁶ Jefferson Rodrigues-Silva, Ángel Alsina Conceptualising and framing STEAM education: what is (and what is not) this educational approach? *Texto Livre*. 2023. Vol. 16. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-3652.2023.44946>.

- Включення мистецтва у STEAM ґрунтується на реальних наукових або інженерних проблемах, та їх розв'язання через практики різного виду дизайну, креативних рішень тощо.
- STEAM-підхід орієнтований на соціально-конструктивістську педагогіку, на активне, спільне, соціально-емоційне, продуктивне, автентичне та усвідомлене навчання, зорієнтоване на учня/ученицю.
- STEAM-підхід реалізовує дидактичні моделі проблемного навчання (PBL), дослідницького навчання базованого на допитливості (IBL), проєктного навчання (PjBL), ігрового навчання, гейміфікації тощо, використовуючи мистецтво як засіб сприяння викликам STEM.
- STEAM-освіта наголошує на прагматичному зв'язку навчання з життям через залучення здобувачів до розв'язання реальних проблем у трьох контекстах: локальному, регіональному, глобальному.
- Діяльність STEAM комплексно розвиває у здобувачів навички XXI століття, що є необхідними для майбутнього, більш ефективно формує затребувані особистісні якості та навички творчості.
- Освіта STEAM створює особливий інтегрований простір, коли творча діяльність здобувачів освіти виходить за межі предметних кордонів у межі трансдисциплінарності.
- STEAM, як і STEM, міцно базується на дисциплінах, які їх складають і не намагаються відійти від предметності у навчанні, а навпаки – підсилює кожен з інтегрованих предметів, зміцнюючи дисциплінарні знання і досліджуючи їхні перетини на практиці.
- STEAM-підхід має можливості для реалізації партнерства освітньої установи з командами професіоналів, співпраці з іншими інституціями, науковими установами, мистецькими, бізнес-структурами тощо.
- STEAM-підхід узгоджується з принципами універсального дизайну для навчання, має широкий спектр варіативності для реалізації талантів, зменшує бар'єри для всіх учнів, зокрема учнів з особливими потребами, а також для учнів із проблемами навчання, сприяє подоланню освітніх втрат.
- STEAM має значний потенціал для індивідуалізації навчання, реалізує інклюзивний підхід для учнів із різними можливостями, забезпечує цілісний розвиток дитини, має можливості до персоналізації навчання, повної залученості, об'єднуючи думки, почуття і дії в навчальному процесі.
- STEAM-діяльність або урок є окремим елементом освіти STEAM і не обов'язково відповідає всім її умовам, тобто є практикою міждисциплінарного викладання принаймні двох дисциплін STEAM.

– STEAM залучає педагогічну спільноту до формування нового бачення освіти XXI століття, зорієнтованої на дитину та розкриття її потенціалу.

Які функції покладаються на мистецтво (Art) у STEAM-освіті?

– *Дизайнерське мислення та креативність* є ключовою умовою для здійснення інновацій, а їх розвиток є важливим завданням STEAM.

– Мистецькі практики, що інтегровані в навчальний процес, підвищують *інтерес і мотивацію* до вивчення предметів STEM, сприяють взаємодії та спілкуванню учасників освітнього процесу.

– Мистецтво в STEAM допомагає реалізувати ідею дитиноцентризму. (кожен може знайти і проявити себе).

– Мистецтво виконує практичну функцію в проєктах STEM завдяки *застосуванню різних видів дизайну* (художнього, промислового, комп'ютерного) для створення, покращення чи презентації навчальних продуктів.

– *Візуальне* представлення складних предметів у вигляді схеми, малюнка, інтелект-карти допомагає учням візуалізувати та осмислити нові ідеї.

– Успішна інтеграція мистецтва в навчальну діяльність STEAM ефективніше залучає *учнів соціально незахищених категорій*, що призводить до покращення їх загального розвитку, підвищує ймовірність успіху.

– Енергія мистецького самовираження впливає на емоційний стан, *здоров'я та функціональну ефективність мозку*.

– Освоєння навичок *дизайн-мислення* та їх використання надає здобувачам освіти цінний досвід, що відкриває шлях до майбутньої професії в галузях STEM+Arts.

Особливості освітньої практики STEAM

Освітня *практика STEAM* суттєво не відрізняється від *практики STEM* і безпосередньо пов'язана з *практиками наукової освіти*, зокрема:

– об'єднує природничі науки, технології, інженерію, мистецтво та математику, акцентуючи на важливості комплексного навчання та міждисциплінарних і прикладних підходах;

– базується на *особистісно орієнтованих методах навчання*, що надають можливість здобувачам продемонструвати власні навчальні досягнення в різних формах (виступи, презентації, дебати, доповіді, тези, моделі, проєкти, стартапи тощо);

– базується на підходах до навчання: *проєктування, дослідження, експериментування, конструювання, винахідництво та застосування знань у реальних ситуаціях*, що сприяє творчості, інноваціям і співпраці учасників освітнього процесу;

- пов'язує природничі науки, математику та мистецтво з *сучасними технологіями, цифровими інструментами та програмними засобами*;
- увага зосереджується на *формуванні «твердих навичок»* (мислити і діяти як вчений, інженер, винахідник) і *розвитку «м'яких навичок»*, креативності, критичного мислення, спілкування, співпраці, гнучкості та пластичності мислення, адаптивності тощо (навички XXI століття);
- педагоги виконують функції фасилітатора, підтримують учнів для досягнення успіху;
- до навчального процесу в ролі менторів можуть долучатися *фахівці (вчені, інженери, мистецтвознавці, майстри народної творчості та ін.)*.

Деякі критичні питання і обмеження STEM/STEAM-освіти

Попри численні зусилля, спрямовані на те, щоб зробити освіту STEAM успішною, існує багато обмежень і проблемних питань, особливо в умовах формальної освіти:

- недостатньо наукових досліджень щодо ефективності моделей інтегрованих підходів до навчання;
- фрагментарність дидактики STEM/STEAM-освіти;
- відсутність системної підготовки вчителів до реалізації ідей STEM/STEAM-освіти;
- ідеї STEM/STEAM-освіти краще сприймаються вчителями початкової школи за рахунок досвіду викладання різних дисциплін;
- учителі старшої школи здебільшого націлені на підготовку учнів до предметних тестів незалежного оцінювання, що зумовлює певне консервативне ставлення до нововведень STEAM;
- дидактика STEAM вимагає створення особливого навчального середовища, що викликає труднощі та деколи знижує мотивацію до впровадження STEAM;
- впровадження STEAM, як і STEM, вимагає багато часу, матеріальних, технологічних і освітніх ресурсів;
- STEAM-освіта не має спеціальної навчальної програми, тому це створює додаткове навантаження для педагогів, щодо розробки міжпредметних занять, уроків, заходів, проєктів тощо;
- реалізація заходів STEAM іноді потребує зміни розкладу, місця проведення, окремої аудиторії тощо;
- критичною є проблема оцінювання навчальних досягнень, набутих компетентностей і продуктів навчальної діяльності STEAM;
- необхідність розробки комплексних навчальних матеріалів і науково-методичних та навчальних посібників для реалізації STEAM-освіти;

– адаптація освітніх програм, що передбачає включення доменів STEM, STEAM і відповідних педагогічних практик до модельних навчальних програм, програм підвищення кваліфікації вчителів; вихователів, викладачів позашкільної освіти та ЗВО.

Проблема змісту STEM/STEAM у системі освіти України

Дослідники Національної академії педагогічних наук України розглядають STEM/STEAM-освіту, з одного боку, як природничо-математичну освіту відповідно до Державного стандарту загальної середньої освіти та нормативно-правових актів, а з іншого – як таку, що має відношення до спеціалізованої освіти наукового спрямування (СОНС), норми якої визначені відповідним стандартом СОНС (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Особливості змісту STEM/STEAM-освіти

Особливість змісту STEM/STEAM-освіти полягає в тому, що його поділяють на такі категорії⁷:

– для *базової середньої освіти* зміст є однаковим для всіх здобувачів освіти, що ґрунтується на базових знаннях і обов'язкових результатах навчання, визначених стандартами відповідних предметів (математика, фізика, хімія, біологія, природознавство, технологія, інформатика, мистецтво), але різним для кожного учня/учениці за обсягом і глибиною опанування;

– для *профільної середньої освіти* зміст STEM/STEAM має бути різний, залежно від напрямку (академічний або професійний), а також від освітніх потреб здобувачів освіти (поглиблений рівень, «світоглядний», фахово орієнтований) (рис. 1.3);

– для академічного напрямку профільної освіти зміст більш теоретизований, націлений на поглиблення знань у відповідній сфері.

Професійний напрям – фахово орієнтований, пріоритетом його є підготовка кадрів до обслуговування техніки і використання інноваційних технологій, промислового, графічного дизайну, артдизайну та дизайну середовища (рис. 1.4).



Рис. 1.3. Подвійна мета STEM/STEAM-освіти

⁷ Ляшенко О. А. STEM-освіта: поступ від узгодження навчальних програм до дидактичної системи. Концепція формування природничо-наукової компетентності та світогляду майбутнього фахівця в умовах STEM-освіти: матеріали міжнарод. наук. конф. (Кам'янець-Подільський, 6–7 жовт. 2021 р.). С. 64–66. URL: https://lib.iitta.gov.ua/731293/1/Liashenko_STEM_CNPU_2021.pdf.



Рис. 1.4. Особливості змісту STEM/STEAM-освіти

Особливістю дидактики STEM/STEAM-освіти є реалізація міжпредметних зв'язків в умовах предметної інтеграції. Зокрема міжпредметні зв'язки:

1) сприяють набуттю політехнічних навичок учнів, дають змогу, не скорочуючи специфіки окремих предметів, здійснювати системний аналіз техніки і технології промислового виробництва, що є

важливим для профільної школи;

2) сприяють формуванню наукового світогляду, єдиної картини світу, розуміння сутності явищ, закономірності їх розвитку та їх взаємозв'язку;

4) спонукають до оволодіння загальними методами мислення, формування розумових операцій, прийомів самостійного здобуття знань;

5) сприяють формуванню позитивних мотивів до навчання, пізнавальних інтересів, ціннісно-сміслових орієнтацій.⁸

Предметна інтеграція допомагає подолати формалізм у навчанні, підвищує свідоме засвоєння знань, сприяє їхній системності (створенню внутрішньо взаємопов'язаних знань не лише в межах одного предмета, а й у межах певного циклу предметів).

Запитання і завдання:

1. Назвіть основні відмінності між STEM і STEAM? У чому, на Вашу думку, полягає цінність STEAM-освіти?

2. Які функції покладаються на вчителя в умовах STEAM-освіти?

3. Якою, на Вашу думку, має бути система підготовка вчителів до реалізації STEAM-підходу до навчання?

1.2. Як пов'язані між собою науки?

Для більш поглибленого розуміння інтеграційних ідей у STEM/STEAM-освіті варто доторкнутися до історії науки та освіти, бо вже в давні часи існувало прагнення об'єднувати різні аспекти знань для кращого розуміння навколишнього світу.

⁸ Парадигми розвитку та тенденції реформування шкільної освіти в Україні у добу незалежності: монографія / кол. авт.: Н. П. Дічек, П. Ю. Саух, М. Б. Євтух, М. І. Бойченко, Н. Б. Антоненко, А. А. Загородня, С. М. Шевченко; за заг. ред. Н. П. Дічек. Київ: Педагогічна думка, 2022. 507 с.

Наука давнього світу базувалася на єдиному, системному, раціональному підході до пояснення світу загалом. Давні науковці комплексно вивчали природні явища, людську діяльність, соціальні проблеми та політику. Не випадково рання спільна історія природничої науки та гуманітарних наук дійшла до нас під назвою «філософія». Цікаво, що логічною частиною філософії була також математика Евкліда.

Багато стародавніх цивілізацій створювали власні системи науки як цілісну філософію, вивчали явища природи, космосу, а також взаємозв'язки між різними аспектами життя. Наприклад, єгипетська медицина поєднувала фізичні методи лікування з релігійними і магічними практиками, а китайська з давніх часів використовує лікування голками (акупунктура) та припіканням, а її світоглядна основа спирається на вчення інь і ян (темне і світле). В індійській традиції давня ведична медицина спирається на аспекти духовності та астрологічні знання і передбачення.

Ключем до праць античних вчених була не лише сила думки, а й сила уяви, не випадково давні вчені були філософами і митцями одночасно. Цю ранню історію науки можна простежити від давньогрецької філософії та «академії» Платона в Афінах з історією понад 1000 років. Навчання в Академії принципово орієнтувалося на абсолютну істину, де концентрувалися всі відомі знання та шанувувався культ Муз – покровительок наук і мистецтв.⁹

Інші «академії» в Європі почали свою діяльність у XVII ст. та мали філософські наукові праці з акцентом на природничі науки.

Орієнтовно після 1800 р. спостерігалася дедалі більше розгалуження знань, де відокремлювалися гуманітарні та соціальні науки від природничих і поділялися на підгалузі. Філософію вже вважали частиною сучасних «гуманітарних наук», цілком відокремлених від природничої науки, яка розділилася на фізику, астрономію, хімію, біологію тощо.¹⁰

Сьогодні в різних сферах наукових досліджень виокремлюються нові галузі та підгалузі знань. «Філософію» продовжують розглядати як «гуманітарну науку», французькою «*Sciences humaines*», італійською «*Studi umanistici*», німецькою «*Geisteswissenschaften*» («науки про людський дух»), на відміну від «*природничих наук*», які скорочено називають «*наука*» (*science*).

Протиставлення чи протистояння окремих наук між собою, зокрема природничих і гуманітарних наук, часто обмежує можливості, які може дати наука для практики. Глибинним історично та далекосяжним є бачення того, що

⁹ Волинка Г. І., Гусев В. І., Мозгова Н. Г., Огородник І. В. [та ін.] Історія філософії в її зв'язку з освітою: підручник для студентів вищих навчальних закладів / за ред. Г. І. Волинка. Київ: Каравела, 2006. 480 с.

¹⁰ Кремень В. Г., Ільїн В. В. Філософія: Логос, Софія, Розум : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ: Книга, 2006. 432 с.

кожна природнича наука по суті міждисциплінарна, зокрема в проявах єдності щодо об'єктів природи, методів дослідження, концептуальних положень тощо. Ця ідея прослідковується в історичній лінійці через думку відомих у науці постатей. Наведемо деякі з них.

Рене Декарт (1596–1650) – французький філософ, фізик, фізіолог, математик, основоположник аналітичної геометрії, стверджував: «Усі науки пов'язані між собою настільки, що набагато легше вивчати їх усі одразу, ніж відокремлюючи одну від інших. Отже, якщо хтось серйозно хоче дослідити істину речей, він не повинен вибирати якусь окрему науку, адже всі вони пов'язані між собою і залежні одна від одної».¹¹

Ян Амос Коменський (1592–1670) – чеський мислитель, науковець, педагог, письменник підкреслював: «Окремі науки складно викладати, якщо перед цим не буде надано простий і загальний огляд основ знань. Усе, що перебуває у взаємному зв'язку, має викладатися в такому ж зв'язку».¹²

Жан-Жак Руссо (1712–1778) – франко-швейцарський філософ-просвітник, письменник, композитор, наполягав, що: «науки пов'язані одна з одною серією положень, де кожна з них залежить від деяких загальних і ряду часткових принципів».¹³

Йоган Генріх Песталоцці (1746–1827) – швейцарський вчений, педагог-гуманіст, який у своїй теорії елементарної освіти акцентував на гармонійному розвитку дітей, а для цього їм потрібно займатися різними видами діяльності. Стверджував, що навчання має бути спрямоване на комплексний фізичний, моральний і розумовий розвиток. Лише розвиток усіх складових гарантує досягнення високих результатів.

Йоган Фрідріх Герbart (1776–1841) – німецький філософ, психолог, педагог, один із засновників наукової педагогіки, який акцентував на міждисциплінарних дослідженнях (географія, математика, природничі науки та історія в єдності). Пропонував надати молоді весь фонд накопиченого досвіду в концентрованій формі – це вища послуга, яку людство може передати своїм наступникам.

Михайло Максимович (1804–1873) – український учений, мовознавець, етнограф, фольклорист, археолог. У своїх дослідженнях зробив теоретичне узагальнення різних галузей знань із позиції новітніх філософських вчень. На його думку, завдання філософії – проникнути у внутрішнє знання та єдність

¹¹ Декарт Р. Міркування про метод (щоб правильно спрямувати свій розум і відшукати істину в науках). Психологія і суспільство. 2015. № 2. С. 37–46. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Psis_2015_2_8.

¹² Коменський Я. А. Вибрані педагогічні твори: у трьох томах. Т. 1. Велика дидактика / за ред. А. А. Красновського. Київ: Рад. школа. 1940. 248 с.

¹³ Rousseau J.-J. Discourse on the Arts and Sciences URL: <https://www.stmarys-ca.edu/sites/default/files/2023-03/arts.pdf>.

предметів, а роль філософа – звести головні галузі знання до загального початку і розвинути їх у струнку систему для пізнання.

Чарльз Персі Сноу (1905–1980) – англійський письменник-реаліст, фізик, хімік і державний діяч, який у своїй праці «Дві культури» виступав саме за інтеграцію природничих та гуманітарних наук і стверджував, що відсутність міждисциплінарності є однією з причин основних перешкод для розв’язання світових проблем.

Мартін Кварк (народився 1948 р.) – професор фізичної хімії, Швейцарської вищої технічної школи в Цюриху. Він реалізував ідею інтегрованого вивчення природничих наук в університеті: «Насправді існує лише одна наука про природу, як і океан. Однак інколи може бути корисним провести приблизні межі, як у випадку з океанами, як-от кордони, проведені між Атлантичним, Тихим, Індійським і Південним океанами є повністю відкритими кордонами. Ці межі використовуються для окреслення та організації навчання, викладання та дослідження. Їх не варто сприймати серйозно і їх потрібно перетинати, коли це необхідно».

Олександр Стрижак (народився 1953 р.) – доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Національного центру «Мала академія наук України», який досліджує ідеї трансдисциплінарності в освіті. Він зазначає, що: «сучасний фахівець має орієнтуватися в суміжних галузях професійної діяльності. Вміти консолідувати зміст різних наративів, у яких описуються новітні рішення, зі своєю свідомістю, й розуміти як ці досягнення використовувати у своїй професійній діяльності. Фактично трансдисциплінарність є парадигмою сучасного розвитку освіти».¹⁴

Наприкінці ХХ ст. почала розвиватись ідея трансдисциплінарності в науці та освіті, яка відзначається переходом від традиційного поділу на наукові дисципліни до їх інтеграції з метою розв’язання складних проблем і викликів, які постають перед людством у сучасному світі. Трансдисциплінарний підхід об’єднує різні галузі знань під час комплексного розгляду проблеми, передбачає комунікацію, обмін ідеями та взаємодію між вченими, фахівцями, експертами, колективами, урядовими структурами та ін. Головна мета трансдисциплінарності – генерування конкретних практичних рішень, користуючись методами, ресурсами та підходами різних наук, а також створення нових, інтегрованих знань, що виникають при взаємодії різних дисциплін.

Наразі ідея трансдисциплінарності активно поширюється в освіті як навчання і викладання, що розгортається навколо необхідності розв’язання

¹⁴ Стрижак О. Є. Трансдисциплінарність навчально-інформаційного середовища. Наукові записки Малої академії наук України. 2016. Вип. 8. С. 13–28. (Серія: Педагогічні науки). URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/snjasu_2016_8_4.

реальних проблем сучасного світу. Для позначення інтегрованої освітньої ініціативи STEM/STEAM в напрямі трансдисциплінарності було запропоновано термін «конвергентна освіта». Конвергенція стосується створення нових ідей або продуктів у процесі міждисциплінарної діяльності на рівні трансдисциплінарного мислення. Розробники моделі освітньої конвергенції пропонують поступове сходження від нижчого предметного до вищого міжпредметного рівня інтеграції. Методологічний шлях, яким має рухатися STEAM-освіта (рис. 1.5) у напрямі трансдисциплінарності у викладанні, навчанні й оцінюванні.



Рис. 1.5. Динаміка освітньої конвергенції

STEM/STEAM-освіта реалізує міждисциплінарні підходи до навчання, які надають можливість побачити будь-який предмет, тему, проблему з різних точок зору, діяти, спираючись на інформаційну обізнаність і всебічний розгляд проблемних питань, наближаючись у навчанні до проблем реального світу.¹⁵

Науковий звіт Єврокомісії «Наукова освіта для відповідальних громадян» (2015) спрямовує Європейські освітні системи розбудову педагогіки для майбутнього з акцентом на науковій освіті та формулює покрокові дії впровадження STEAM, а саме:

– приділяти більше уваги цінності кожної з дисциплін у міждисциплінарності STEAM;

– сприяти розумінню важливості наукової освіти як засобу набуття ключових компетенцій для подальшого працевлаштування шляхом: а) вивчення природничих наук через інші дисципліни та вивчення інших дисциплін через природничі науки; б) посилення зв'язків і синергії між наукою, творчістю, підприємництвом та інноваціями;

– звернути увагу на забезпечення всіх громадян навичками та вміннями, необхідними для цифрового світу, починаючи з дошкільного віку.¹⁶

¹⁵ Світ інноваційних можливостей: актуальні питання розвитку STEM-освіти: колективна монографія / за заг. ред. О. С. Стрижака, Ю. І. Завалевського. Київ, 2023. 254 с.

¹⁶ Science education for responsible citizenship. Report to the European Commission of the expert group on science education. 2015. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a1d14fa0-8dbe-11e5-b8b7-01aa75ed71a1/language-en>.

Цей невеликий огляд свідчить про те, як історія науки та освіти постійно еволюціонують, відображаючи зміни у вимогах суспільства і технологічний прогрес людства.

Запитання і завдання:

1. Чим відрізняється міждисциплінарний підхід до навчання від традиційного?
2. Доведіть, що кожна природнича наука є за своєю суттю міждисциплінарною.
3. Назвіть декілька реальних проблем, які можна розв'язати використовуючи міждисциплінарний підхід.

1.3. Взаємозв'язок наукового та художнього пізнання світу

Тісний зв'язок між наукою та мистецтвом, які, на перший погляд, здаються полярними протилежностями, існує з самого світанку людської цивілізації. Науковці та митці мотивовані потребою зрозуміти й навести певний порядок у хаосі уявлень про світ, знайти нові концепції та технології для досягнення своїх цілей, працюють шляхом дослідження та експериментів, щоб визначити найкращий спосіб донести свою ідею іншим.¹⁷

У сиву давнину мистецтво і наука не були протилежністю. Так, у стародавній Греції *Ератосфен* з Кірени, математик, астроном і географ, був також відомий як поет і засновник теорії музики.

Мистецтвом для греків була не лише творча праця (архітектура, скульптура, музика тощо), а й праця для задоволення повсякденних потреб (ткацтво, теслярство тощо), що мала творчий характер. Існували правила і канони для кожного виду майстерності. Поняття «техне» (грец. *Τέχνη* – мистецтво, майстерність, уміння) стосувалося будь-якої людської праці.¹⁸

Піфагор в основу створеної ним «Школи мудрості» поклав математику і музику, вважаючи, що гармонія чисел подібна до гармонії звуків. Математично обґрунтований Піфагором музичний стрій, визначив долю європейської музики на століття.

Видатний філософ *Аристотель* стверджував, що мистецтво прагне вловити універсальний зв'язок у кожному явищі. Він казав: «Мое життя багатогранне, але єдине, так і науки торкаються одна одну в цій єдності життя, вони не розходяться,

¹⁷ Martin Quack. Science and Arts, Philosophy and Science: Why after All? Why Not? *Helvetica Chimica Acta*. 2023. Vol. 106, Is. 4. DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hlca.202200174>.

¹⁸ Шейко В. М., Богучський Ю. П., Германова де Діас Е. В., Культурологія: навч. посіб. Харків: ХДАК, 2011. 473 с.

як зовсім не пов'язані одна з одною дисципліни, між ними виявляються межі, які і пов'язують їх між собою».

Давньоримський поет і філософ-матеріаліст *Лукрецій Кар*, відомий своїм науковим трактатом – дидактична поема «Про природу речей» («De rerum natura»), вважав поезію одним зі способів поширення наукового знання, оскільки це полегшує оволодіння ним. У ті часи поет *Саллюстій* у своїх віршах «Емпедокл» виклав вчення давньогрецьких натурфілософів.¹⁹

Іншим чудовим прикладом взаємозв'язку між мистецтвом і наукою є ієрогліфи (зі старогрецької «ієро» + «гліф» означає «святознак»), дивовижні витвори мистецтва, які використовувалися як засіб збереження і передачі знань та мудрості.

Єгипетські піраміди є одним із найкращих прикладів такого поєднання. Їхня конструкція і сховані в них предмети старовини були виготовлені з такою дбайливістю, точністю та повагою до наукових розрахунків й художнього зображення.

Безліч наукових загадок містить велична архітектура давньоримського Пантеону – «Храму усіх Богів», однієї з найбільших у світі купольних споруд із неармованого бетону (рис. 1.6). Вражає його непохитність, незважаючи на землетруси, природні умови, вторгнення чужинців. Зачаровують дива в змінах освітлення храму, які пов'язані з точними розрахунками руху Сонця небесною сферою, купол Пантеону є найбільшим куполом у світі, діаметр якого дорівнює висоті будівлі, тобто можна вмістити ідеальну сферу. Ця будівля демонструє роль симетрії в красі грецької архітектури, яку можна порівняти з красою симетричних структур наявних в об'єктах природи та в її фундаментальних законах.



Рис. 1.6. Пантеон. Храм усіх богів у Римі

Леонардо Пізанський (1170–1250), відомий як Фібоначчі, подорожуючи країнами Сходу відкрив математику ісламського світу – сакральну геометрію, що базується на досягненнях давніх античних та індійських математиків. Наразі

¹⁹ Лукрецій Кар // Філософський енциклопедичний словник / В. І. Шинкарук (гол. редкол.) та ін. Київ: Абрис, 2002. 742 с.

відома всім спіраль Фібоначчі, золотий перетин, ідеально симетричні образи, створені з правильних геометричних фігур (коло, трикутник, квадрат тощо) у певних математичних пропорціях. Вони лежать в основі досконалих форм творів мистецтва і мають сакральне значення, що пов'язано з уявленнями давніх математиків про походження та устрій Всесвіту. Цікаво, що закономірності цієї унікальної геометрії мають багато проявів у живій природі. Ними користуються художники, архітектори, скульптори, хореографи, музиканти, поети, художники, майстри прикладного мистецтва, графічного дизайну та багато інших, чия творчість і ремесло базується на пропорціях математики і гармонії (рис. 1.7).



Суцвіття соняшника з 34 спіралями в один бік і 55 в інший



Відношення вимірів завитків раковини постійне і дорівнює 1.618



Векторна ілюстрація сакральної геометрії FLOWER OF LIFE

Рис. 1.7. Сакральна геометрія

Красою хімічних структур, фізичних законів, біологічних об'єктів, як і красою витворів мистецтва, архітектури та музики, можна захоплюватися, поєднуючи і взаємодоповнюючи наукові та художні принципи пізнання світу природи і людини. Тоді як митці намагаються донести власні відчуття, науковці намагаються представити нове розуміння.

В епоху Відродження було винайдено математичні закономірності побудови художніх творів – «золотий поділ картини», зокрема «зорові центри», «золоті трикутники», «золота спіраль» (ряд Фібоначчі), де знаходяться точки, що притягують погляд до картини (рис. 1.8).

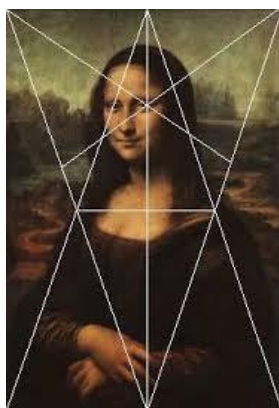
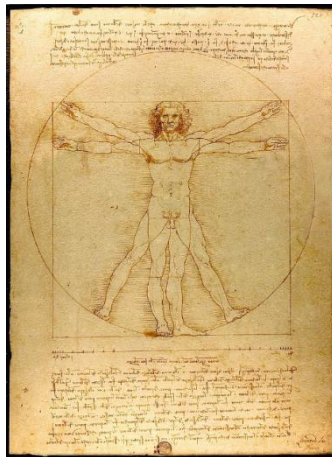


Рис. 1.8. Привернення уваги до головного елементу зображення за допомогою композиційної побудови картини на двох «золотих трикутниках»

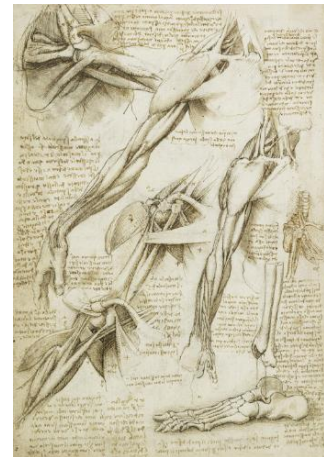
Леонардо да Вінчі (1452–1519), шукаючи універсальну техніку живопису на основі власного досвіду та наукових спостережень, наголошував на зв'язку наукового та художнього пізнання світу: «Щоб розвинути повний розум: вивчайте науку про мистецтво; вивчайте мистецтво науки. Навчіться бачити. Усвідомте, що все пов'язане з усім». Леонардо був винахідником, художником, скульптором, цікавився музикою, архітектурою, наукою, математикою, літературою, анатомією, астрономією, геологією, картографією, інженерією тощо. Його підхід до науки був мистецьким, його підхід до мистецтва був науковим. І, мабуть, саме в цьому прояв універсальності геніального розуму науковця та творчого митця, одного з найвидатніших художників і винахідників усіх часів (рис. 1.9).



Леонардо да Вінчі, художник Lattanzio Querena. D. Dagli Orti / De Agostini через Getty Images Мистецтво для Леонардо було науковим пошуком, а в його анатомічних малюнках відображалися результати власних наукових досліджень



Образ Вітрувіанської людини демонструє єднання мистецтва та науки в епоху Відродження. Ідеться про ідею Вітрувія, яка стала основою теорії пропорцій у мистецтві та архітектурі



Малюнки і нотатки засновані на прямому дослідженні Леонардо (14v, Королівська бібліотека)

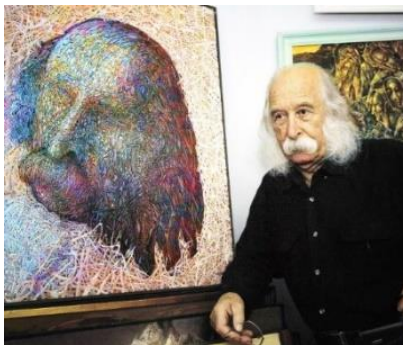
Рис. 1.9. Леонардо Да Вінчі. Наука і мистецтво

Через декілька століть Пабло Пікассо, Сальвадор Далі, Василь Кандинський та ін., наслідуючи да Вінчі, поєднували художні та наукові елементи у своїх роботах, використовуючи математичні закономірності простору. Сьогодні знов стала актуальною робота Пікассо «Герніка», де технікою геометричних фігур зображено зруйноване іспанське місто, як знак неприйняття злочинів кривавих режимів проти людства (рис. 1.10).



Рис. 1.10. Картина Пабло Пікассо «Герніка»,
Центр мистецтв імені королеви Софії (Фото: Gabriel Bouys / AFP)

Український геній Іван Марчук (народився 1936 р.) вірить у божественне походження і призначення мистецтва як інструменту пізнання: «Краса і любов завжди поряд з нами! Потрібно лише мати живі очі, аби їх узріти». Про витoki свого натхнення він зазначав: «Мені також часом здається, що Україна – то улюблений мольберт Всевишнього». Марчук створив унікальну техніку живопису «пльонтанізм» (від «пльонтати» – «плести», «заплітати»), у якій він малює пейзажі, ніби створені з клубочків чудернацьких ниток (рис. 1.11).



Іван Марчук, Світотворець
клатиків



А до весни ще далеко,
2011 р.



Зійшов місяць над водою
(фото автора)

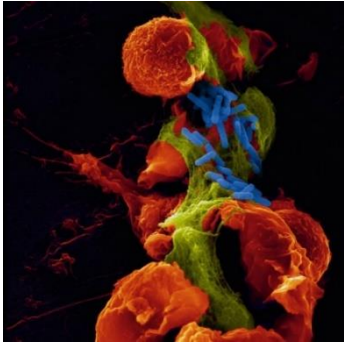
Рис. 1.11. Іван Марчук та його художні твори

Відмітимо ще один факт стосовно взаємозв'язку критичного і творчого мислення в науковому пізнанні світу. Наука спирається на критичне мислення, яке реалізується через структурований набір когнітивних навичок для прийняття рішень у складних ситуаціях. Для науки доречною є сила логічних доказів у веденні наукових дискусій, прийняття рішень стосовно результатів

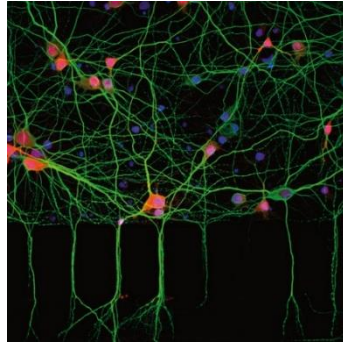
експерименту тощо. Здавалося б для творчості та натхнення тут немає місця. Проте існує багато випадків, коли наукові відкриття відбувалися не лише за допомогою сили аналітичного мислення. Відомо, що інноваційна модель атома Бора була побудована у 1913 р. під впливом ідей імпресіонізму – модного на той час напрямку мистецтва. Нільс Бор стверджував, що за його моделлю форма шляху електрона залежить від того, як за ним спостерігати, а самі електрони зовсім не схожі на маленькі планети, що обертаються навколо ядра (за моделлю атома Резерфорда). Вони скоріше подібні до образів картин Пабло Пікассо – розмиті мазки пензля, які вдається побачити лише за умови тривалого спостереження. Безперечно, теорія Бора виникла не завдяки мистецтву кубізму Пікассо, але визначальним у цьому науковому відкритті є те, що саме нова мистецька течія стимулювала думки про реалії фізичного світу, відкриття нових законів мікросвіту, який ми не можемо побачити на власні очі. Багато вчених відмічають, що креативність є однією з найважливіших якостей, якими вони володіють, вона дозволяє бачити звичні речі під новим кутом зору, генерувати нові ідеї, знаходити неочевидні зв'язки та формулювати оригінальні гіпотези. Креативність має вирішальне значення для науки, оскільки наукові відкриття часто вимагають відходження від усталених парадигм і пошуку нестандартних рішень. Отже, креативність для вченого є не менш важливою, ніж критичність.

Мистецтво та наука є спробами людини зрозуміти та пояснити світ навколо нас. Якщо вони діють у тандемі, то це створює можливість подивитися на світ із різних позицій, під іншим кутом зору та вплинути на розуміння його фундаментальних основ. Таку силу мають «картини зі світу науки». Це світлини з різних галузей наукових досліджень, які створені за допомогою кольорової зйомки та різних лабораторних пристроїв: оптичних, електронних, тунельних мікроскопів, комп'ютерного моделювання тощо. Європейська агенція ядерних досліджень CERN активно розвиває міжнародне співробітництво з провідними науковими лабораторіями та культурними установами для розвитку глобальної мережі мистецтва та науки.

Щороку вчені з понад 80 дослідницьких інститутів Товариства Макса Планка презентують зображення, отримані різними способами досліджень. Найбільш видовищні з них стають основою пересувної виставки, що дає змогу із захопленням зазирнути в мікросвіт, який досліджують науковці різних галузей знань (*рис. 1.12*).

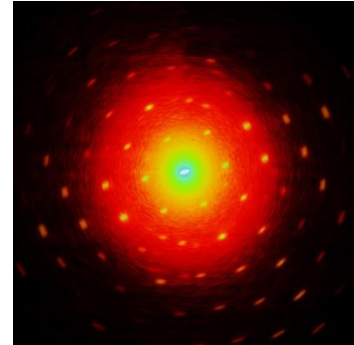


На зображенні показано, як бактерії *Shigella* (сині) знищуються тільцями імунної системи *нейтрофілами* (Фото Інституту інфекційної біології ім. М. Планка)



Клітинна культура складної нейромережі мозку

(Фото Інституту дослідження мозку ім. Макса Планка)



Миттєва структура атома

(Фото Інституту квантової оптики ім. Макса Планка)

Рис. 1.12. Образи науки

Сьогодні NASA пропонує колекцію фотографій, зроблених камерами, що розташовані в космосі (*рис. 1.13*).



Агр 87: Злиття галактик (Хаббла)

Авторство зображення: NASA, ESA, Hubble; Обробка: Harshwardhan Pathak

Пояснення: Танок смерті, коли дві великі галактики у боротьбі одна з одною, утворюють космічний міст між собою із зірок, газу та пилу, який простягається на 75 000 світлових років і з'єднує їх. Сам міст є переконливим доказом того, що ці дві величезні зоряні системи опинилися близько одна до одної та зазнали бурхливих припливів, спричинених силою взаємної гравітації

Рис. 1.13. Світлина з архіву NASA, серії «Астрономічний малюнок дня», 24 жовтня 2023 р.

Мистецтво світлин (фотографій) під мікроскопом надає можливість нам побачити красу і таїну мікросвіту. Щорічний науково-орієнтований конкурс фотографій від Nikon представив вражаючі знімки звичайних об'єктів під мікроскопом, які відображають результати наукових досліджень, дозволяють отримати уявлення про прихований від очей світ (*рис. 1.14*).

Нові інноваційні ідеї та креативні рішення часто виникають на стику між дисциплінами. Встановлення зв'язків між мистецтвом і предметами STEM/STEAM відкриває творчий потенціал наукового і художнього пізнання світу у взаємодії між ними, сприяючи науковим дослідженням та інноваціям.



Знімок цвітіння *Senecio vulgaris* – вона ж «кульбаба». (Dr. Navi Sarfaty)



Піщинки в багаторазовому збільшенні. (Yanping Wang)



Пліснява на поверхні помідора (Dean Lerman)

Рис. 1.14. Дивовижні знімки мікросвіту: переможці конкурсу Nikon Small World²⁰

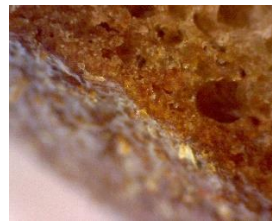
Звернемо також увагу на світлини, зроблені за допомогою портативного USB-мікроскопа 500X «Незнайомі знайомі речі» (з архіву Ігоря Чернецького, завідувача лабораторії експериментальних досліджень МАНЛаб Національного центру «Мала академія наук України») (*рис. 1.15*).



Метеорит



Бісмут (кристал)



Чорний хліб



Світлина об'єктів спостереження

50-кратне збільшення.



Кухонна губка



Морська зірка



Пісковик



Світлина об'єктів спостереження

500-кратне збільшення.

Рис. 1.15. Незнайомі знайомі речі (світлини Ігоря Чернецького, публікуються за згодою автора)

²⁰ Конкурс мікрофотографії Nikon Small World 2011. URL: <https://www.legaltechnique.org/articles/mikromir/konkurs-mikrofotografii-nikon-small-world-2011-bull-novosti-v-fotografiyah.html>.

Скільки цікавих запитань, завдань із природничих наук можна запропонувати за світлинами майстра художньої фотографії Давиденка Андрія Андрійовича, доктора педагогічних наук, професора Чернігівського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти імені К. Д. Ушинського (рис. 1.16).

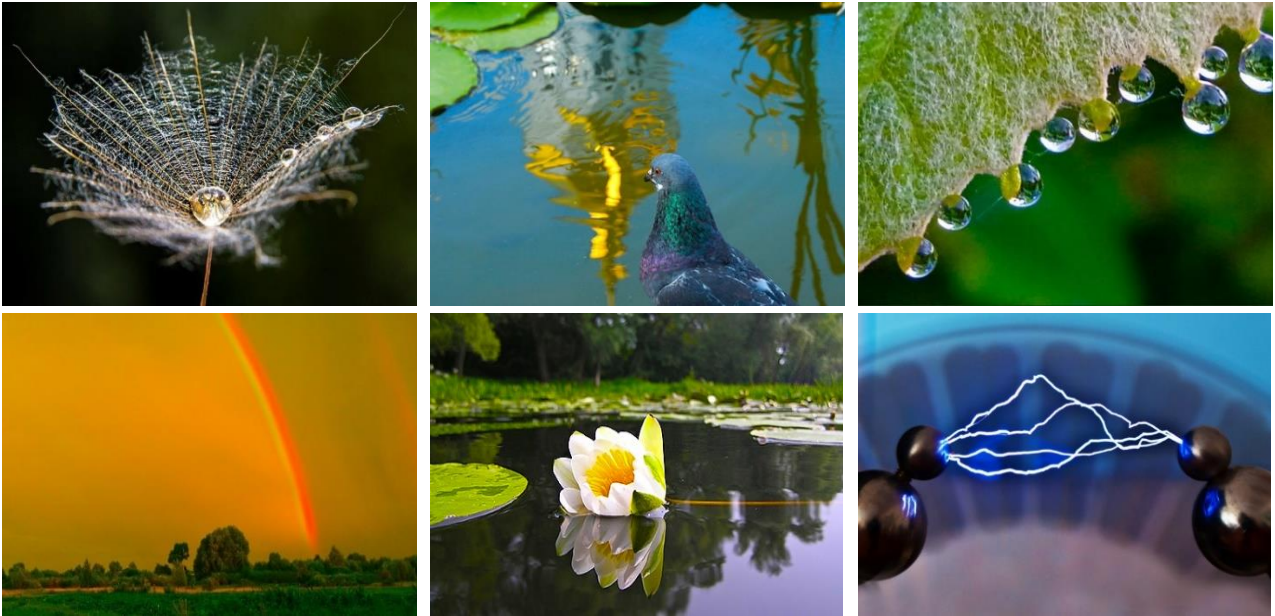


Рис. 1.16. Статичні зображення моментів перебігу швидкоплинних явищ природи, фізичних явищ і процесів (Фото Андрія Давиденка, публікуються за згодою автора)

Різними є шляхи усвідомлення ідеї єдності нашого світу і відповідно єдності науки та мистецтва. Пошук філософського змісту природної краси у світлинах одного з кращих вчителів фізики світу Пауля Пшенічки, де фізика і лірика – єдине ціле (рис. 1.17 – використано підписи автора світлин).



Сплетіння



Передусім



Радощі зими

Рис. 1.17. Світлини Пауля Пшенічки, публікуються за згодою автора

Приклад STEAM-завдання: Що ви бачите на світлині? Яка з них найбільше подобається? Чому саме? Які відчуття викликає зображення на світлині? Назвіть якомога більше фізичних явищ, ефектів, взаємозалежностей між об'єктами природи на авторських світлинах. Дайте свою назву зображенню. Можливо виникне бажання створити авторську філософську світлину.

Запитання і завдання:

1. Наведіть приклади впливу мистецтва на наукові відкриття.
2. Як, на Вашу думку, наука може впливати на мистецтво (для прикладу оберіть будь-яку мистецьку галузь)?
3. Запропонуйте варіант використання наукових світлин у програмі викладання обраного шкільного предмета.

1.4. STEAM і нейронауки

Мистецькі практики сприяють розвитку різноманітних здібностей, зокрема когнітивних. Звернемо увагу на припущення про диференціацію функцій лівої та правої півкуль мозку. Аналітичне мислення, понятійно-концептуальне сприйняття, логічні операції здійснюються за рахунок активності лівої півкулі мозку, а емоційно-образний, цілісно синтетичний спосіб обробки інформації, інтуїтивний прояв психіки забезпечуються роботою правої півкулі. Вчені нейропедагоги звертають увагу на необхідність поєднання ліво- і правопівкульних когнітивних операцій у процесі навчання (рис. 1.18).



Рис. 1.18. Диференціація функцій лівої та правої півкуль мозку

Натомість сучасні когнітивісти віддають перевагу ідеї «цілісного мозку», визнаючи, що діяльність із використанням широкого спектра стимуляції неминуче покращує функцію мозку, особливо для інтелектуальної діяльності вищого рівня та розвитку критичного та креативного мислення Howard-Jones, 2010.

Мистецька діяльність, згідно з теорією цілісності, може стимулювати мозок, використовуючи музику, заспокійливі кольори, візуалізацію складних процесів, малювання, драму тощо для підвищення ефективності навчання. Сучасні нейродослідження свідчать про важливість підтримки наукової діяльності мистецькими практиками. Результати функціональної магнітно-резонансної томографії демонструють перевагу в когнітивному мисленні тих, хто займався музикою, танцями, драмою тощо.



Рис. 1.19. Семюел Морзе
автопортрет

виявив не лише в авіації, а й в художній творчості (рис. 1.21). Видатний український вчений, фізик-теоретик, експериментатор, винахідник *Микола*



Рис. 1.21. Олег Антонов

Розглянемо ще один аспект STEAM-освіти з точки зору нейронаук, пов'язаний з емоційним благополуччям і соціальною компетентністю, що забезпечують міцну основу для розвитку когнітивних здібностей дитини. Усі процеси функціонування мозку дитини узгоджені між собою. Однак хронічні стреси можуть стати токсичними для мозку і призвести до серйозних проблем у навчанні, поведінці, фізичному та психічному здоров'ї. Мозок, який піддається токсичному стресу, має недостатньо розвинені нейронні зв'язки, які є важливими для успішного навчання та поведінки.²¹ Тому збалансований підхід до емоційного, соціального, когнітивного розвитку, рання профілактика з використанням мистецьких і цікавих наукових дослідницьких практик може дати ефективні результати, забезпечити підтримуючі стосунки та позитивний досвід навчання. Не випадково STEAM-підходи почали широко застосовуватися в інклюзивному навчанні, а проєкт українських медиків «Піснезнайка» довів ефективність ідеї

Біографії видатних вчених, винахідників світового рівня, які одночасно були митцями (музикантами, поетами, художниками, письменниками), підтверджують цей факт. *Галілео Галілей* (1564–1642) відомий ще як поет і літературний критик, *Семюел Морзе* (1791–1872), автор «азбуки Морзе» не менш відомий, як художник-портретист (рис. 1.19); *Альберт Ейнштейн* (1879–1955) захоплювався грою на скрипці

(рис. 1.20), а знаний на світовому рівні авіаконструктор найбільшого літака «Мрія» *Олег Антонов* (1906–1984) свій творчий потенціал

Можна навести безліч прикладів на підтвердження цієї гіпотези.

грав на скрипці, захоплювався живописом, знав сім мов, писав вірші, переклав українською декілька поем різних авторів, видати яких не було можливості через заборону української мови, що діяла до 1905 року (рис. 1.22). Можна навести безліч прикладів на підтвердження цієї гіпотези.



Рис. 1.20. Альберт Ейнштейн

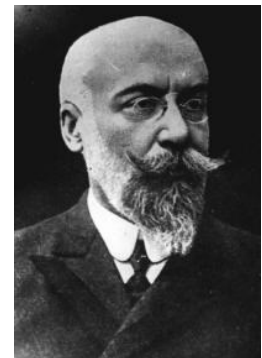


Рис. 1.22. Микола Пильчиков

²¹ InBrief: Understanding the Science of Motivation. Center on the Developing Child. URL: <https://developingchild.harvard.edu/resources/inbrief-understanding-the-science-of-motivation/>.

безстресового вивчення таблиці множення, багатьох складних наукових понять (зокрема з природознавства, у «співочому класі»).

Обставини воєнного часу та майбутнього післявоєнного відновлення потребують особливої уваги до психічного здоров'я дітей і використання ефективних форм та методів навчання. Творча гра і побудова соціальних зв'язків у навчальному процесі, арттерапія плюс інтенсивні фізичні вправи, танцювальні руханки – це заходи, які допомагають справлятися зі стресом. Мистецько-терапевтична педагогіка може впливати на рівновагу процесів збудження і гальмування в центральній нервовій системі, зменшувати навантаження, напруження, активізувати компенсаторні механізми органів і систем.

Нейробіологи стверджують, що мозок людини – найскладніший механізм, у якому існує біля одного трильйона з'єднань (нейронних зв'язків), які створюються і зміцнюються в процесі навчання. Раннє дитинство є критичним періодом для мозку, коли встановлюються зв'язки, що стають основою майбутнього здоров'я, навчання та поведінки дитини. Підлітковий вік також є життєво важливим «вікном можливостей» для формування основних життєвих навичок, відомих як «виконавча функція» та «саморегуляція». Будь-які навички формуються в практичній діяльності, що їх потребує, а одним із головних принципів STEM/STEAM є орієнтація на практику, відпрацювання та закріплення практичних навичок.

В основі STEM/STEAM-освіти лежить математика, яку нейробіологи вважають «скульптором» нейронної мережі, тому вчити її на достатньому рівні необхідно всім. Однак складні предмети, на які націлена STEM-освіта, потребують внутрішньої мотивації дитини до навчання. Системи мозку, які керують мотивацією, формуються поступово, починаючи з раннього дитинства. На розвиток системи мотивації та на її функціонування впродовж життя впливають як успадковані генетичні особливості, так і набутий досвід дитини. Ранній життєвий досвід підтримує розвиток здорової, збалансованої системи мотивації та є ключовим фактором для забезпечення позитивних результатів у майбутньому – для навчання, роботи, здоров'я та розвитку. Мотивація є результатом нейронних (клітини мозку) електрохімічних зв'язків у певних ділянках мозку, які пов'язують емоції, пам'ять і відчуття задоволення чи винагороди, а це впливає на дії, які ми мотивовані зробити, щоб їх отримати (рис. 1.23). У підлітковому віці на систему мотивації більше впливають однолітки, пошукова діяльність, дослідження та відгуки про результати діяльності, їх схвалення референтними особами. Задоволення від соціальної взаємодії та соціального визнання важливе як у ранньому віці, так і в дорослому, але особливо вагоме в підлітковому віці, коли психофізіологічно дитина цього

найбільше потребує. Оскільки різні ділянки мозку людини формуються з різною швидкістю, у підлітковому віці нейронні ланцюги, що задіяні в когнітивній, емоційній і соціальній обробці інформації, знаходяться на різних стадіях розвитку і ще не досягли балансу. Підвищена чутливість щодо одержання соціальних винагород може призвести до схильності ризикувати, але також сприяє дослідницькому навчанню та здатності адаптуватися до різних видів соціальної взаємодії. Підлітки навчаються як шляхом власного дослідження, так і через отримання зворотного зв'язку від референтних осіб щодо своєї діяльності. Наприклад, позитивний відгук може підвищити мотивацію, сигналізуючи підлітку, що мета має високу цінність і реальну досяжність. Діти, які перебувають у безпечному, сприятливому та передбачуваному середовищі, розвивають плідні системи мотивації, активно генерують бажання, дієву життєву позицію. У дітей, чиє середовище нестабільне та стресове, можуть розвинутися системи мотивації, які керуються униканням і підкоренні страхам.

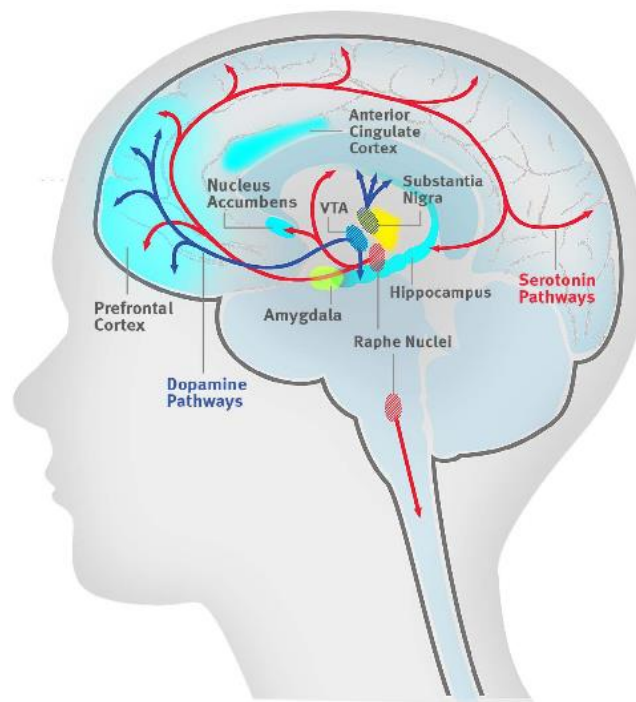


Рис. 1.23. Структури головного мозку, що лежать в основі мотивації²²

Внутрішня мотивація щодо пізнання навколишнього світу починає формуватися в дитинстві. Цей тип мотивації може або заохочуватися, або пригнічуватися досвідом, який отримують діти. Психологічні дослідження виокремили низку педагогічних підходів, що сприяють позитивній мотивації до навчання:

²² Understanding Motivation: Building the Brain Architecture That Supports Learning, Health, and Community Participation. https://pediatrics.developingchild.harvard.edu/wp-content/uploads/2021/12/wp14_reward_motivation_121118_FINAL.pdf

- орієнтація на новизну (предмети, події, факти...);
- надання свободи волі та можливостей вибору завдань, проєктів тощо;
- зосередження уваги на підтримці, а не на покаранні;
- використання різних контекстів;
- збудження цікавості;
- навчання в ігровій формі;
- надання пріоритету соціальній взаємодії з однолітками і дорослими під час навчання;
- заохочення до творчого розв'язання проблем;
- зменшення акценту на зовнішніх відзнаках результатів успішності (оцінки, рейтинги тощо);
- конструктивний зворотний зв'язок, автентичне оцінювання в процесі навчання;
- успішний досвід;
- наставництво для вдосконалення.

Для підтримки мотивації потрібні зусилля, причому цілі, які ставить перед собою дитина, мають бути досяжними, а успіх – реальним. Важливою є наявність ресурсів, часу, навичок і підтримки, що сприяє успішним діям. Діти втрачають мотивацію, коли завдання надто легке, або ж настільки складне, що стає нездоланим. Кожне завдання треба адаптувати до поточних можливостей дитини і забезпечити швидкий зворотний зв'язок щодо результатів його виконання. Мозок дитини віддає перевагу тій діяльності, за яку вона отримує винагороду, однак якщо винагорода менша за очікувану, або така, що з часом втрачає свою новизну, то наслідком буде менша нервова активність, пов'язана із задоволенням, а отже, дитина буде виявляти меншу мотивацію. Таким чином, підтримування інтересу за допомогою нових видів діяльності, зміни умов та місць для навчання, різних видів і часових інтервалів винагороди за успіхи є важливою порадою для підтримки мотивації.

Поєднати освітній процес із мистецьким простором, зокрема музейним, щоб максимально зацікавити учнів у здобутті знань є природовідповідним діяльності мозку дитини рішенням, яке пропонує STEAM-освіта.

Дослідники з вивчення функцій пам'яті зазначають, що знання засвоюються краще, коли навчання є змішаним, інтегрованим і багатограним, коли навчальна діяльність періодично переключається з одного предмета на інший, з одного типу завдання на інше. Разом із тим, написання від руки (візуалізація думок образами, схемами, інтелект-картами), щоб промовляння, навіть читання вголос, допомагає міцніше закріпити вивчене, тобто оформити його в нейронні структури пам'яті. Також важливим постає

застосування простих аналогій і метафор із різних сфер знань під час вивчення складного матеріалу, бо саме вони є опорою для побудови нових, більш складних нейронних структур пам'яті. Отже, не випадково в процесі вивчення математики, природничих наук, технологій часто допомагають знання і уміння з інших галузей, зокрема мистецтва, музики, літератури, іноземних мов, спорту тощо.²³

Наразі існує багато наукових доказів із неврології, психології, біології та медицини щодо того, як мистецька практика може покращити фізичне, психічне здоров'я, когнітивні здібності, сприяти навчанню та особистісному зростанню.²⁴

Запитання і завдання:

1. Зазначте фактори, які сприяють позитивній мотивації до навчання.
2. Як Ви розумієте поняття «суміщене навчання», наведіть приклади?
3. Наведіть приклади застосування терапевтичного ефекту STEAM-освіти.

1.5. STEM/STEAM-освіта і перспективи економічного розвитку

Математика, природничі науки, технології, інженерія є основою інновацій, які пов'язані з потребами, проблемами соціально-економічного розвитку. У сучасному світі на розвиток економіки почали також активно впливати мистецькі науки і дизайн, які готові змінити економіку XXI ст. так само як в минулому столітті її змінювали техніка та технології. Впровадження і розвиток STEAM-освіти сьогодні тісно пов'язують із розвитком *креативної економіки*, що з'явилась як окремий напрям і означилась у 2001 році. За визначенням ООН, креативною названо «економіку, засновану на творчих активах, які можуть безперестанно сприяти економічному зростанню та розвитку». Їх цінність залежить від оригінальності та креативності інноваційних ідей, а не від таких традиційних матеріальних ресурсів, як земля, праця і капітал. Саме нові ідеї, а не гроші чи технології, приносять сьогодні успіх та особисте задоволення. Креативна економіка дає нове життя виробництву, послугам, торгівлі та сфері розваг. Вона змінює середовище, у якому люди хочуть жити, працювати та вчитися, де вони думають, винаходять і творять. У її основі творчість та інтелектуальний капітал світу, на який дедалі більше звертають увагу економісти, зокрема Всесвітня рада економічного розвитку (Organisation for Economic Co-operation and Development), де директором із питань освіти і компетенцій є Андреас Шлейхер, який започаткував та курує Програму

²³ Оклі Б. Навчитися вчитися. Як запустити свій мозок на повну. 2-ге вид. Київ: Наш формат, 2019. 272 с.

²⁴ Magsamen S., Ross I. Your Brain On Art: How The Arts Transform Us. 2023. URL: <https://bookshop.org/p/books/your-brain-on-art-how-the-arts-transform-us-susan-magsamen/18580097?ean=9780593449233>.

міжнародного оцінювання учнів (PISA) та інші міжнародні ініціативи з впровадження освітніх інновацій. Рада креативних індустрій Великої Британії CIC (Creative Industries Council) стверджує, що 36,5 % найкращих інженерів мають освіту з мистецтва чи дизайну, а 35,4 % грають на музичному інструменті.

Згідно з даними ООН, темпи зростання креативної економіки вдвічі перевищують темпи зростання сфери послуг і в чотири рази перевищують темпи зростання сфери промислового виробництва. У цій сфері працевлаштована більша кількість молоді віком 15–29 років, аніж у будь-якій іншій. За прогнозами, сектори креативної економіки становитимуть близько 10 % світового ВВП упродовж наступних років. До галузей креативної економіки зараховують ті, що «виготовляють» інтелектуальну власність, зокрема йдеться про рекламу, музику, телебачення та радіо, пресу, комп'ютерні ігри, фотографію, кіно, архітектуру, моду, дизайн, видавничу справу, галерейний бізнес, декоративно-прикладне мистецтво тощо. Ці галузі визначають також кваліфіковані трудові ресурси і бізнеси, які створюють культурні, мистецькі інноваційні продукти та послуги, головними інструментами яких є новітні технології та засоби. До них також належать простори, де творці можуть вільно представляти свої роботи, отримувати відгуки та обмінюватися ідеями. Причому наукова методологія поєднується з дизайном, а креативні підходи до розв'язання проблеми спираються на проектне мислення, уяву, креативне моделювання та практичну спрямованість.

Джон Маеда, гуру дизайнерської практики в Кремнієвій долині, розрізняє три категорії дизайнерів:

- «класичні» дизайнери, які створюють фізичні об'єкти чи продукти;
- «комерційні» дизайнери, які впроваджують інновації, прагнучи глибоко зрозуміти, взаємодію клієнтів із продуктами та послугами;
- «комп'ютерні» дизайнери, які використовують навички програмування та отримані дані, для миттєвого задоволення мільйонів чи навіть мільярдів користувачів.

Наразі створюються нові шаблони творчості в бізнесі, інформаційних технологіях, у проектуванні використовується інструменти штучного інтелекту (ШІ), що автоматизує рутинну роботу (коригування зображення, контрасту, зміни стилю зображень тощо), заощаджуючи час для реальної творчості митця.

Передбачається, що технології дедалі більше будуть впливати на перебіг праці та творчості. Підтвердженням є те, що в 2023 р. з'явилося нове поняття «розмовний дизайн», про те, як зробити цифрові системи простими та інтуїтивно зрозумілими у використанні.



Рис. 1.24. Біодизайн одягу

Наведемо приклади інноваційних рішень креативної індустрії з використанням нових, неортодоксальних, матеріалів для творчості: створення цифрового одягу (digital fashion), стиль 3D (побудова електронних лекал, створення гіперреалістичних моделей колекції тощо); біодизайн – «найзеленіший» спосіб створення дизайну, у якому беруть участь живі організми (рис. 1.24); гена інженерія; арттрансформація «живих форм»; біодизайн інтер'єру; «розумний

текстиль» (перетворення кінетичного руху на колір, завдяки датчикам у тканині); музична терапія, лікування кольором; майбутнє харчування; біомімікрія в архітектурі тощо (рис. 1.25).



Рис. 1.25. Біомімікрія в сучасній архітектурі

Наразі створено чимало спільнот вчених і практиків різного типу і рівня (державні, приватні, комерційні, некомерційні, національні та міжнародні), завданням яких є активізувати творчість, знаходити нові шляхи взаємодії, визнаючи, що критичні глобальні виклики XXI ст. вимагають мобілізації та взаємного збагачення практиків у сферах мистецтва, науки та технологій.

У січні 2016 р. було засновано проєкт Об'єднаного дослідницького центру Євросоюзу (JRC) SciArt з метою запровадження інновацій у дослідженнях для об'єднання науки, мистецтва та громадянського суспільства. Після століть відчуження, наука і мистецтво, обидва масиви знань знову об'єднуються в нову систему знання, звільнену від обмежень, накладених дисциплінарними рамками.

Місія JRC – дослідити сучасні суспільні проблеми за допомогою міждисциплінарного підходу, надати вченим, митцям і політикам можливість зустрічатися та працювати разом, обговорювати, досліджувати і створювати спільні інноваційні рішення, які ознайомлюють суспільство з реальними проблемами світового рівня, сприяють соціальній та екологічній справедливості, відходу від антропоцентричного ставлення до природи за допомогою інноваційних мистецьких просторів. Серед реалізованих проєктів «Anthos», який

являє собою захопливу інтерактивну звукову та світлову інсталяцію, що звертає увагу на проблему зменшення популяції комах запилювачів під дією антропоцентричного впливу (рис. 1.26). Над цим проєктом працювали інженер-еколог, мультимедійний художник, музикант, геоінформатик, еколог у сфері сільського



Рис. 1.26. Інтерактивна звукова та світлова інсталяція господарства. Подібні проєкти з розв'язання різноманітних наукових, технологічних, соціальних проблем знаходять своє рішення в міждисциплінарних спільнотах багатьох інноваційних центрах, бізнес-інкубаторах, багато з яких працюють при закладах вищої освіти і до яких дедалі частіше долучаються поряд із технарями, економістами, представники мистецьких галузей.

Унікальним є кожен проєкт креативної індустрії зі створення матеріалів із новими властивостями, які в подальшому втілюються в інноваційних технологіях, творчих продуктах, зокрема і в мистецтві. Багато проєктів демонструють людству крихкість нашого світу та закликають переглянути своє ставлення до природи. Так, проєкт Earthtime 1.26 дизайн-студії американської художниці Джанет Ечелман у співпраці з вченими NOAA (Національного управління океанографії та атмосфери США) емоційно доповнює атмосферу міста за допомогою монументальної, плавно рухомої скульптури, яка реагує на фактори навколишнього середовища, вітер, опади та сонячне світло тощо. Це 3D-модель цунамі (рис. 1.27), яку створено з використанням надлегкого високоміцного поліефірного волокна (у 15 разів міцнішого за сталь) з кольоровим освітленням Spectra, а також застосуванням інноваційних технологій програмного забезпечення. Дивовижну скульптуру екологічного

змісту встановлено в 15 містах, на чотирьох континентах. Інші повітряні скульптури авторки мають наукове підґрунтя відображення явищ природи та сповнені змістовим емоційним впливом (рис. 1.28, 1.29).



Рис. 1.27. Скульптура цунамі «Earthtime 1.26» 3D-модель, м. Сідней, Австралія



Рис. 1.28. Повітряна скульптура «Її секрет – терпіння» заввишки 44,2 м, м. Фінікс, штат Аризона, США



Рис. 1.29. Скульптура «Пральня», м. Амстердам, Швеція

У 2010 р. в Род-Айлендській школі дизайну (США), з позиції «Ми генеруємо та кидаємо виклик ідеям, які формують наше майбутнє» з вірою в здатність мистецтва та дизайну розпалювати цікавість і стимулювати прогрес, стартувала комплексна освітня STEAM-модель, завдання якої краще підготувати майбутні покоління до конкуренції в інноваційній економіці XXI століття.

Дедалі більше фахівців зазначають, що успіх освітньої реформи в напрямі STEM можливий при переході STEM до STEAM. І все частіше «індекс креативності» освітнього закладу привертає до себе увагу під час оцінювання ефективності освітніх послуг, які він надає здобувачам.²⁵

²⁵ Cultural Learning Alliance. URL: <https://www.culturallearningalliance.org.uk/evidence/>.

Можна сміливо стверджувати, що зародилася нова епоха STEAM, яка сприяє інтеграції мистецтва з природничо-математичними, технічними і технологічними дисциплінами, має рушійну силу впливу на економічний потенціал і розвиток сучасної науки та технологій. Вливання інвестиції сприяло масштабним інноваціям, які включили мистецькі дисципліни в освітні програми багатьох дослідницьких університетів, зокрема технічних. Наприклад, Стенфордський університет пропонує достатньо міждисциплінарних курсів і програм, які поєднують мистецтво та науку (Stanford Art + Science program). Центр мистецтва, науки та технологій CAST Массачусетського технологічного інституту МТІ намагається інтегрувати мистецтво в навчальні програми, шукає партнерства та стимулює технологічні дослідницькі проекти поєднані з мистецтвом. Студенти МТІ відвідують заняття з образотворчого мистецтва в Гарварді, Массачусетському коледжі мистецтва і дизайну та Коледжі вільних мистецтв Веллслі (Wellesley College), завдячуючи перехресним програмам. Мета цих ініціатив – стимулювати технологічні інновації та сприяти можливостям інтеграції мистецтва з наукою й технічними дисциплінами на всіх етапах освіти. Відповідні навчальні плани реалізуються через моделі інкубаторів для інновацій, у партнерстві з музеями науки, мистецтва, природничими та іншими центрами неформальної освіти. В основі таких навчальних програм – реальні виклики (екологія, ресурси, транспорт, біотехнології, медицина тощо), які необхідно досліджувати комплексно і генерувати власні рішення, інноваційні продукти, зокрема засобами мистецтва. Разом із тим, у програми включено спеціальне навчання стратегій інноваційної діяльності, умінням ставити запитання, ефективно спілкуватися, візуалізувати інформацію, експериментувати, створювати, виходити за межі.

Такі програми окрім освітян залучають багатьох інших фахівців, митців, вчених, бізнес-лідерів та ін. Вони поширюються за межі університетів на різні рівні освіти, починаючи від початкової, але здебільшого неформальної освіти.

Економісти, науковці, інженери, розуміють важливість креативного мислення, творчих навичок, знань і здібностей для сучасної економіки та її майбутнього в цифровому світі XXI століття. Тому великі надії пов'язують із поєднанням STEM із мистецтвом, розбудовою STEAM на всіх рівнях і в різних формах освіти.

Разом із тим, існує багато критичних питань стосовно інтеграції науки та мистецтва, стосовно інноваційних моделей сучасної освіти, які широко обговорюються науковцями та практиками у сфері освіти.

Запитання і завдання:

1. Які компетентності необхідно розвивати для майбутніх фахівців креативної економіки?
2. Складіть перелік навичок, яких, на Вашу думку, потребують «класичні» дизайнери, «комерційні» дизайнери і «комп'ютерні» дизайнери.
3. Що таке креативний бізнес?
4. Запропонуйте тему проєкту STEAM, спрямовану на використання однієї з ідей матеріалу цього параграфу.

1.6. Використання штучного інтелекту в STEM/STEAM-освіті

Штучний інтелект (ШІ) відкриває нові можливості у використанні технологій STEM/STEAM-освіти, для розробки нових способів і методів, цікавих заходів, інноваційних планів занять/уроків, знаходженні креативних ідей можливої міжпредметної інтеграції в процесі створення навчальних програм, проєктів, інструментів оцінювання тощо.

ШІ має великий потенціал із реалізації багатьох ідей STEAM-освіти, міждисциплінарності, навчання на досвіді, практико-орієнтованість, дослідницьке моделювання та розробка креативних рішень тощо.

Використання ШІ з інструментами обробки природної мови надає можливість запропонувати учням різноманітні завдання, зокрема участь у сократівських діалогах, дебатах, тренування на вправах із риторики, забезпечує інструментальними підказками для розвитку певних навчальних навичок, орієнтуючись на індивідуальні потреби учнів. Наведемо приклади такої підтримки (рис. 1.30).

Платформа **Khan Academy** використовує ШІ для адаптації темпу навчання до потреб кожного учня/учениці



Для кожного учня, кожного класу. Реальні результати

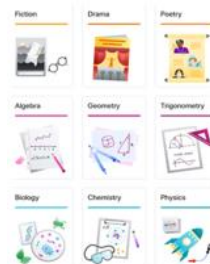
Ми є некомерційною організацією, яка має на меті надавати безкоштовну освіту світового рівня для будь-кого та будь-де.

Учні

Вчителі

Батьки

Додаток **Socratic** використовує ШІ для пошуку відповідей на складні запитання, використовуючи різноманітні джерела інформації



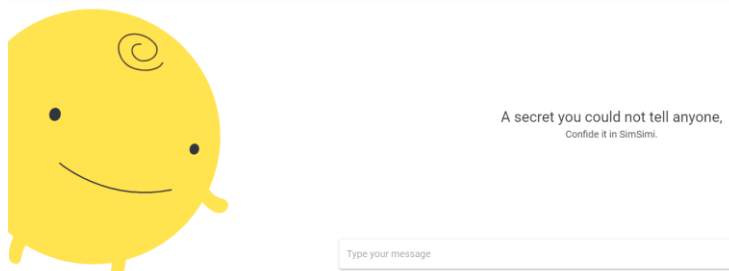
Працює з усіх предметів

Socratic створено для підтримки природничих наук, математики, літератури, соціальних наук тощо.

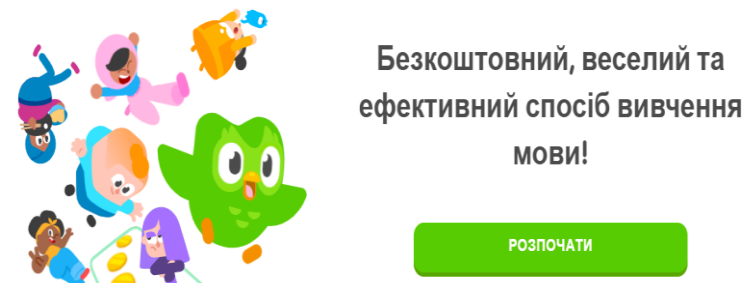
Рис. 1.30. Приклади навчальних ресурсів ШІ

Чат-боти ШІ забезпечують можливість практикувати соціальні навички, пройти тренінги з розвитку метакогнітивних навичок і відповідних рефлексивних практик (рис. 1.31), вони можуть бути корисним інструментом для розвитку навичок STEM/STEAM. Найкращий результат досягається за допомогою поєднання роботи з чат-ботом з іншими формами навчання під керівництвом вчителя, наставника.

Чат-бот **SimSimi** навчається на спілкуванні з користувачами та може імітувати різні стилі розмови. Він допомагає розвивати навички спілкування, емпатію та розуміння інших людей



Додаток **Duolingo** насамперед призначений для вивчення мов, він також допомагає розвивати такі когнітивні навички, як пам'ять, увага та логічне мислення



Чат-бот **Journalling AI** допомагає вести щоденник, адже ставить навідні запитання та аналізує записи користувача. Він допомагає розвивати навички самостереження, самоаналізу та рефлексії



Рис. 1.31. Приклади чат-ботів ШІ для розвитку навичок

У симульованому інтерактивному середовищі ШІ, з використанням додатків доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR) ефективно реалізуються навчальні проєкти з проблем реального світу, розробляються віртуальні прототипи конструкторських рішень на принципах класичного дизайну тощо. Прикладами таких середовищ можуть бути віртуальні лабораторії (рис. 1.32), де учні можуть проводити експерименти (наприклад, хімічні реакції в безпечному віртуальному просторі) або астрономічні спостереження, спостерігати за різними явищами, використовувати симуляції космічних подорожей, дослідження планет і зірок. За допомогою (AR) та (VR) історичної реконструкції учні можуть «переміститися» в минуле та побачити історичні події на власні очі, відвідати віртуальні музеї, здійснити подорож різними країнами світу. ШІ може створювати інтерактивних персонажів, з якими можна

спілкуватися та отримувати додаткову інформацію. У галузі інженерії та дизайну юні архітектори можуть проектувати будівлі, створюючи їхні віртуальні моделі, здійснити віртуальну «прогулянку» спроектованою будівлею, щоб оцінити дизайн і зробити коригування. Юні інженери можуть також створювати віртуальні прототипи машин, проводити їх тестування в різних умовах. Відповідні ресурси ШІ дають змогу ефективно розвивати затребувані компетентності STEM/STEAM-освіти.

Платформа **Labster** надає віртуальні лабораторії для проведення наукових експериментів



Платформа **CoSpaces Edu** дає змогу створювати власні VR-світи та навчальні проєкти

Рис. 1.32. Платформи ШІ з використанням AR та VR

Однак необхідно з великою обережністю і уважністю розширювати можливості навчання за допомогою ШІ, у партнерстві з фахівцями ретельно оцінювати його педагогічний вплив і захищати учнів від небажаних наслідків із позиції розумного, етичного, мудрого застосування інструментів ШІ. Особливу увагу варто приділити формуванню критичного мислення, відповідальності учнів за результати власного розвитку, а також вчити їх розрізняти, коли ШІ допомагає в навчанні, а коли перешкоджає їхньому інтелектуальному та особистісному зростанні.

Головне завдання ШІ, зокрема в STEM/STEAM-освіті, полягає в тому, щоб підтримати вчителів, розширити їхні можливості, звільнити від рутини. Учителі мають пройти спеціальну підготовку з використання ШІ, оцінювання за допомогою ресурсів ШІ та свідомого ставлення до його ризиків, способів їх подолання. Опанування мистецтвом ШІ надає їм можливість переосмислювати традиційні підходи до навчання, вдосконалювати інтегровані навчальні програми, перетворювати STEM/STEAM-уроки/заняття на активні, цікаві дослідження, сприяти більш поглибленому розумінню та запам'ятовуванню, враховуючи обмеження і ризики, які несе в собі застосування ШІ в навчальному процесі.

Наразі ІІІ робить перші керовані кроки в освітньому просторі України і його відповідальне поєднання з можливостями STEM/STEAM-освіти прокладає шлях до відкриття нового, динамічного, творчого досвіду навчання, до заохочення кожної дитини реалізувати роль і дослідника, і митця.

Міжособистісні відносини між учителями і його учнями мають вирішальне значення для розуміння їхніх емоційних та інтелектуальних потреб, уподобань і можливостей, відкриття та розвитку талантів. Жодна сучасна технологія не спроможна на це і немає впевненості, чи зможе вона коли-небудь досягти людського емоційного розуміння. Отже, роль вчителя – стати містком між учнями і знаннями, бути експертом із розроблення програм, навчальних матеріалів, а технологічні ресурси та інструменти, зокрема ІІІ, можуть набагато підсилити можливості вчителя та STEM/STEAM-освіти загалом.

Запитання і завдання:

1. Які напрями та можливості використання ІІІ в STEM/STEAM-освіті?
2. Яка роль і функції вчителя під час використання ІІІ в освіті, зокрема в STEM/STEAM?
3. Які, на Вашу думку, є ризики щодо використання ІІІ в освіті?

РОЗДІЛ II. ГЕНЕЗА ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ STEM/STEAM-ОСВІТИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

2.1. Шлях від STEM до STEAM

Фундаментом становлення та платформою для STEAM-освіти є чотиривимірний інтегрований підхід STEM, що вимагає вже усталених міждисциплінарних зв'язків у традиційному поєднанні природничих наук із математикою, яке по-новому збагачується сучасними технологіями та інженерними (конструкторськими, винахідницькими) практиками з акцентом на їхню творчу складову.

Підставою для заміни підходів у міжнародній системі освіти стали дослідження на ринку праці. Аналітичні дослідження стверджують, що наявність достатньої кількості працівників із навичками STEM стимулює економіку країни, допомагає стати конкурентоспроможною на світовому ринку. Згідно з даними Міністерства торгівлі США (US Department of Commerce), за останнє десятиліття кількість професій STEM почала зростати вдвічі швидше, ніж усі інші професії. Окрім того, люди з професіями, що пов'язані зі STEM, отримували вищі доходи, ніж ті, хто будував кар'єру у сфері, що не пов'язана зі STEM. Працівники STEM відіграють вирішальну роль у стійкому зростанні та стабільності економіки США та є ключовим фактором розбудови майбутнього. Попри попит на ринку праці, було встановлено, що в США на 100 тис. населення віком 20–39 років припадало лише 475 випускників STEM-спеціальностей.

Економіка провідних країн світу (США, Велика Британія, Китай, Ізраїль, Німеччина, Південна Корея та ін.) досягла рівня, на якому неможливий подальший розвиток без упровадження технологій майбутнього, тому дедалі більш затребуваними стають професіонали, які здобули освіту у сфері високих технологій, так звані STEM-фахівці. Високорозвинені країни приділяють значну кількість часу і ресурсів впровадженню STEM-освіти на рівні державних програм.

Поява та розвиток STEAM-освіти нерозривно пов'язана з історичними аспектами виникнення STEM. STEM і STEAM – це дві сторони однієї медалі, що нерозривно пов'язані між собою в єдності свого підходу до освіти, затребуваної майбутнім. Становлення STEAM-освіти в США та світі в тандемі зі STEM представлені в *Додатку А*.

У першому наближенні можна поділити шлях від STEM до STEAM на три відносно невеликих етапи в межах останнього десятиріччя XX ст. – початку XXI століття.

I етап – початок активних освітніх дискусій про переваги інтеграції суміжних галузей знань STEM. У цей час розглядаються нові ідеї міжпредметної інтеграції природничо-математичних дисциплін та її посилення за рахунок технологічних дисциплін і технічної творчості (інженерії). Інтегровані підходи сприяють залученості до набуття знань і навчальних та практичних навичок здобувачів освіти, мотивації до навчання впродовж життя. Витоки цього етапу формуються на основі визрівання ідей *наукової освіти* з давніх часів, а також в освіті обдарованих дітей, починаючи з 1960-х років.

II етап – на основі прогнозування економічних проблем світового рівня та дискусій стосовно робочої сили майбутнього, поширюється активне обговорення та впровадження в освітні практики багатьох країн ідеї спеціальних освітніх програм із підготовки фахівців для інноваційної економіки в галузях STEM. Заохочення учнів до набуття базової грамотності в STEM, організація підготовки та надання підтримки вчителям, які реалізують програми STEM, утворення творчих освітянських STEM-спільнот, технологічна та інструментальна підтримка навчального процесу на засадах міжпредметної інтеграції STEM, взаємодія з роботодавцями.

III етап – поява нової інтеграційної методології STEAM та її поширення у зв'язку з тим, що інноваційна економіка потребує набагато більших результатів і глибинних підходів до самого навчального процесу, аніж ті, що інтегрують базові галузі STEM. Привертається увага до творчості, винахідливості, підприємливості, через інтеграцію предметів STEM з практиками мистецтва, елементами і принципами дизайну. З'являється наукове обґрунтування, здійснюється практична перевірка і демонстрація того, що поєднання сили мистецтв (Arts) і STEM може бути ефективним способом збагачення і підсилення кожної навчальної програми в цьому інтегративному комплексі предметів STEAM, вихід на формування навичок XXI століття.

Акронім STEM (від англійських термінів: S – science, T – technology, E – engineering, M – mathematics), вперше був використаний американським бактеріологом Ритою Колвелл (Rita Rossi Colwell) у 2001 р. на міжнародній зустрічі з наукової освіти, яка відбулася в Національному науковому фонді США, але активно почав використовуватись завдяки біологу Джудіт А. Рамалі, керівниці Інституту природничих наук США, лише у 2011 р. при розробці нових освітніх програм.²⁶

Попри розвиток і стрімко зростаючу популярність STEM-освіти, уже до 2020 р. стало зрозуміло, що забезпечити безперервний освітній та особистісний розвиток сучасної людини, формування ефективних навичок творчого та

²⁶ Hallinen J. STEM-education curriculum. Britannica. 2024. URL: <https://www.britannica.com/topic/STEM-education>.

критичного мислення, STEM недостатньо. До STEM-освіти почали додавати дисципліни, пов'язані з творчістю в аббревіатурі з'явилася А – Arts – STEAM-освіта.

Виникла необхідність розробки концепції STEAM-освіти як фундаментального освітнього тренду, заснованого на використанні міждисциплінарного та прикладного підходів, шляхом злиття всіх п'яти (S – science – природничі науки; T – technology – технологія; E – engineering – інженерія; A – art – мистецтво, творчість; M – mathematics – математика) напрямів у єдину систему навчання.

Над моделлю інтегрованого навчання, яка дозволяє нівелювати межі між дисциплінами, розвивати навички креативного мислення, стимулювати вищий рівень творчості та ефективності у вирішенні поставлених завдань, на даний час працюють педагоги-дослідники провідних країн світу.

Запитання і завдання

1. Сформулюйте мету і головні завдання STEM освіти.
2. У чому проявляється єдність STEM і STEAM-освіти?
3. На які етапи можна умовно поділити шлях становлення STEAM-освіти?

2.2. Інтегративні моделі STEAM-освіти

Існують різні концепції зі створення моделей STEAM-освіти: від заснованих на викладанні окремих предметів по-новому (з використанням інструментів різних галузей знань) до базованих на інтеграції змісту предметів STEAM. Інтегрований міждисциплінарний зміст у подальшому виходить на рівень холістичної (цілісної) освіти, коли інтегруються в єдине зміст, методи викладання й оцінювання результатів навчання впродовж життя. Розроблено багато різних моделей інтеграції мистецтва в STEAM, розглянемо деякі з них.

Перші моделі загалом стосуються уявлення про варіанти взаємодії між предметами STEAM. Одна з них демонструє рівнозначність кожної предметної складової та формування односторонніх зв'язків між сусідніми предметами, які можна обирати і розташовувати в будь-якій кількості та послідовності (рис. 2.1).

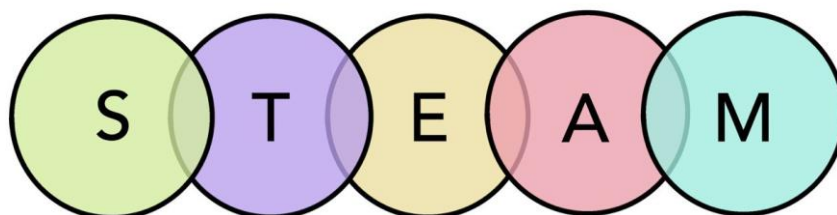


Рис. 2.1. Модель міжпредметної взаємодії з односторонніми зв'язками

Предметна інтеграція STEAM розгортається насамперед навколо проблем реального світу, які безпосередньо торкаються природного середовища в навчальному контексті, тому природничі науки у STEAM є основою, з якою пов'язують знання та практику з інших дисциплін (рис. 2.2).

Наступні моделі демонструють взаємодію всіх STEAM-дисциплін, на умові рівної участі (рис. 2.3), або з різним масштабом участі окремих дисциплін (рис. 2.4).

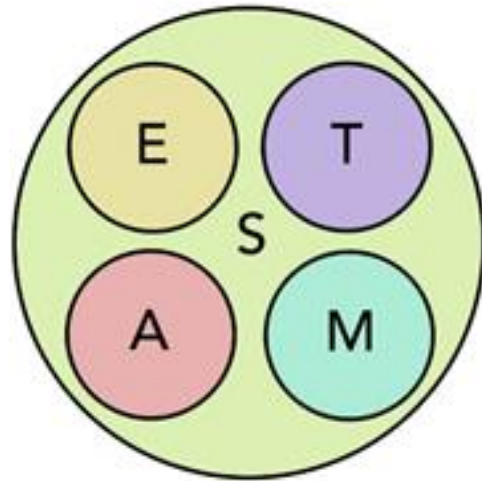


Рис. 2.2. Модель предметної інтеграції, коли базовими є природничі науки

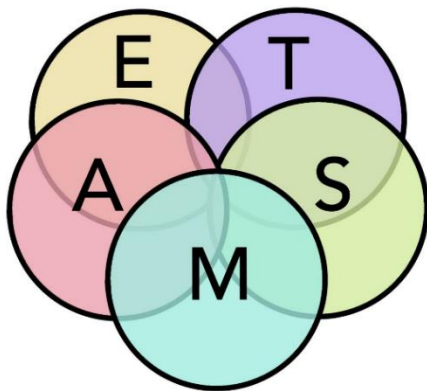


Рис. 2.3. Комплексна модель предметної інтеграції STEAM на основі рівної участі

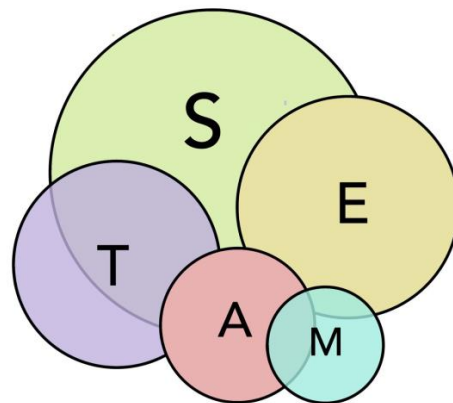


Рис. 2.4. Комплексна модель предметної інтеграції STEAM з різним масштабом участі

Серед комплексних моделей формалізації STEAM-освіти, з реальною програмою змістової інтеграції предметів та її динамічним представленням, першою була «Піраміда інтегрованого навчання STEAM» (2006) дослідниці з технічного університету Вірджинії та освітньої діячки Жоржетти Якмен²⁷. Вона стверджувала, що додавання предметів мистецтва до акроніма STEM допомагає об'єднати предмети, а також сприяє соціально-економічному розвитку глобального світу.

²⁷ Yakman G. STEAM- An Educational Framework to Relate Things To Each Other And Reality. 2019. URL: <https://www.k12digest.com/steam-an-educational-framework-to-relate-things-to-each-other-and-reality/>.

Головною ідеєю STEAM-освіти Ж. Якмен вважає *інтеграцію природничих наук і технологій за підтримки технічної творчості та мистецтва з базовою математикою* (рис. 2.5). Піраміда демонструє рух здобувача освіти у векторі STEAM сходишками поступової змістової інтеграції предметних галузей, які тісно пов'язані між собою в реальному житті.

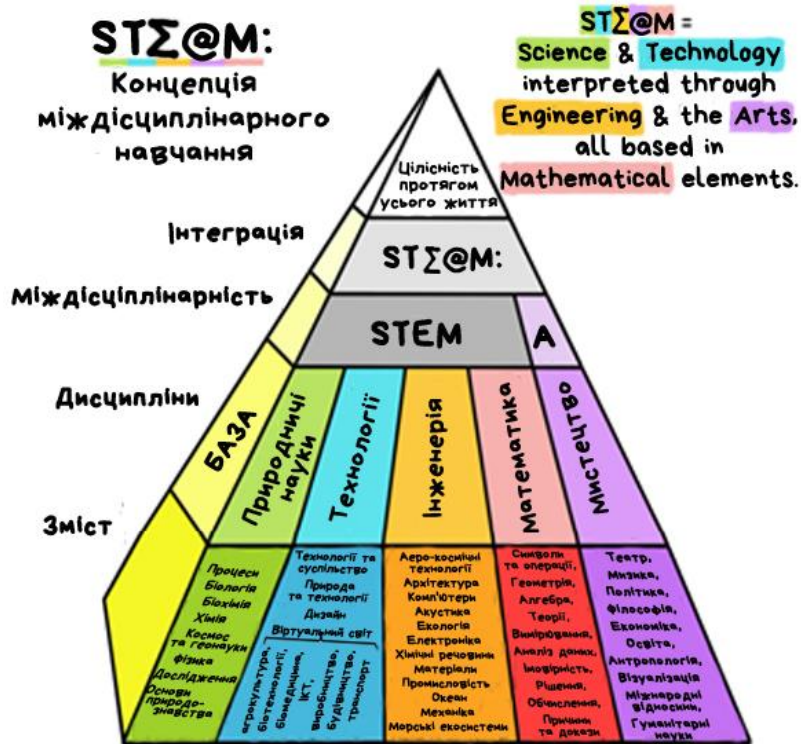


Рис. 2.5. Піраміда інтегрованого навчання STEAM Жоржетти Якмен

Для поглибленого розуміння ідей щодо організації освітнього процесу STEAM, що закладені в цій моделі, розглянемо її окремі складові. В основі моделі, на *першому рівні (контекстному)* означено конкретний зміст кожної предметної галузі STEAM, а саме:

– *зміст природничих наук* охоплює астрономію (науку про Всесвіт), науки про Землю (географію, геофізику, геологію), фізику (науку про склад і структуру матерії та основні явища в неживій природі), хімію (науку про будову й перетворення речовин), біологію та екологію (науки про живу природу), медицину (науку про людське тіло та його хвороби);

– *зміст технології* охоплює знання технічних галузей, теоретичних і прикладних наук, промислового та соціального дизайну, а також знання, що стосуються створення та використання технічних засобів для розв'язання різних суспільних проблем і проблем навколишнього середовища;

– *зміст інженерії* (як галузі практичного застосування знань, досвіду та досягнень людства, отриманих шляхом наукового пошуку під час розв'язання

конкретних проблем) охоплює такі галузі знань, як аерокосмічна, сільськогосподарська, архітектурна, хімічна, оборонна, комп'ютерна, електротехнічна тощо;

– *зміст математики* (як науки про кількісні співвідношення і просторові форми реального світу, що стосується різних видів вимірювання, вивчення просторових форм і фізичного руху матеріальних об'єктів шляхом дедуктивного аналізу, абстрагування й моделювання) включає такі галузі теоретичної та прикладної математики: арифметика, алгебра, математичний аналіз, інтерпретація даних і теорія ймовірності, геометрія, тригонометрія, операції з числами, математичні підходи до розв'язання проблем, алгоритми пошуку та аналізу даних);

– *зміст мистецтв* (як виду людської діяльності, що відтворює реальний світ через конкретно-чуттєві образи, відповідно до естетичних ідеалів, пізнання і відображення світу) охоплює: мистецтво слова і звуку, літературу та музику, форми просторового і візуального сприйняття, рукотворне мистецтво, образотворче, а також мистецтво рухів, хореографія, кінематограф, ергономічні рухи; мистецтво соціальної взаємодії: освіта, історія, філософія, політика, психологія, соціологія, теологія, технологія наукових досліджень тощо; образотворче мистецтво: естетика, фольклористика, що вивчає артефакти найдавніших цивілізацій.

На *другому рівні* піраміди спеціальний зміст першого рівня об'єднується в окремі галузі STEAM-освіти: Природничі науки; Технологія; Інженерія; Математика; Мистецтво. Такий первинний розподіл на окремі предмети з інтегрованим дисциплінарним змістом надає дитині можливість набути поглиблені знання, відпрацювати предметні навички, що надалі стане базою для самостійної творчої, проєктно та проблемно орієнтованої навчальної діяльності на подальших більш високих рівнях предметної інтеграції. Отже, важливою умовою цього рівня STEAM-освіти є набуття дитиною природничо-наукової, технологічної, математичної грамотності, навичок технічної, художньо-прикладної творчості та, без сумніву, загальної грамотності.

На *третьому рівні* подано перший етап зближення змісту галузей STEM зі змістом мистецтв, тобто інтеграція мистецтва в галузі STEM і змістових одиниць STEM у мистецький предметній галузі, певний взаємообмін змістом, який авторка визначає як мультидисциплінарний. На цьому рівні в учнів має бути сформована функціональна грамотність, здатність мислити широкими категоріями, розуміючи зв'язки між дисциплінами.

Коли учні готові трансформувати та використовувати методи різних дисциплін для вивчення одного об'єкта, освоювати нові, методи та підходи,

здійснюється перехід на вищий рівень інтеграції – трансдисциплінарний. Це демонструє *четвертий рівень* моделі як повну інтеграцію, поєднання і взаємопроникнення змісту всіх п'яти галузей STEAM. *П'ятий рівень* завершується новим, цілісним підходом, який співвідноситься з концепцією холістичної освіти на основі повністю інтегрованих навчальних програм, методів викладання та оцінювання, що забезпечує освіту впродовж життя (Holistic Lifelong).

Наступна модель стосується *інструментально-педагогічної риторики* STEAM-освіти. Це своєрідна система, яку було розглянуто в праці Mejías et al²⁸, де проаналізовано освітню практику STEAM завдяки дослідженню різних підходів, які позиціонують мистецтво відносно до галузей STEM у двох аспектах: освіта і професійна діяльність.

Взаємодія між мистецтвом і STEM в професійній діяльності

1. Мистецтво використовує STEM як засіб художнього вираження (тобто мистецтво, засноване на STEM і натхненне STEM), або STEM використовує практики мистецтва задля досягнення конкретних цілей (наприклад, реклама, лазерні вистави, цифровий одяг, біодизайн тощо).

2. Мистецтво та STEM (наприклад, ArtScience) на основі внутрішніх зв'язків, нівелюють дисциплінарні відмінності для створення нових рішень, ідей, продуктів.

Освітня взаємодія між мистецтвом і STEM

1. Мистецтво інтегрується зі STEM (об'єднуються ідеї, практики, засоби, ресурси, можливості) для впровадження навчальних програм із будь-якого виду мистецтва й отримання ефективних результатів.

2. STEM інтегрується з мистецтвом (об'єднуються ідеї, практики, засоби, ресурси, можливості) для реалізації навчальних програм із будь-якої галузі STEM.

3. Програми мистецтва та програми STEM інтегруються на рівних для підсилення одна одної та отримання вагомих освітніх результатів у кожній галузі.

Таке позиціонування галузей STEM поряд із мистецтвом може надати більш цілісне розуміння значення підходу STEAM для формування затребуваних суспільством компетентностей, що охоплюють знання, практичні вміння, досвід діяльності, умінням розв'язувати реальні проблеми, творчо, критично мислити тощо.

²⁸ Mejías et al. The trouble with STEAM and why we use it anyway. DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.21605>.

Запитання і завдання:

1. Які особливості моделей предметної інтеграції в STEAM-освіті?
2. Як розуміє Жоржетта Якмен зміст мистецької галузі в STEAM-освіті?
3. Розгляньте основні ідеї взаємодії мистецтва з предметами STEM у моделі інструментально-педагогічної риторики STEAM і запропонуйте свій варіант цього рішення.

2.3. Міжнародний досвід освітньої політики STEM/STEAM

Країни світу активно працюють над розвитком і впровадженням STEAM-напряму в освіті, усвідомлюючи його важливість для підготовки учнів до майбутніх викликів і розвитку інноваційної економіки. Міжнародний досвід у галузі освітньої політики STEAM є важливим джерелом знань для інтеграції цього напряму в освітню систему України.

Наведемо найбільш цікаві, на нашу думку, приклади міжнародного досвіду STEAM-освіти. Цей огляд подано в єдиному ключі зі STEM, що забезпечить комплексне розуміння шляху становлення STEAM-освіти.

Німеччина. Питання реалізації STEM/STEAM-підходів в освіті Німеччини вирішуються на державному рівні. В освітньому просторі країни використовують власний акронім замість STEM – MINT (німецькомовна аббревіатура від математики, інформатики, природничих наук і техніки). Для активного впровадження MINT створено єдиний інтернет-ресурс для всіх регіонів країни (MINT-Regionen), який висвітлює та частково координує роботу адміністративних одиниць країни, що впроваджують на практиці цей освітній тренд. На MINT-порталі публікуються звіти про стан і розвиток цього напряму, координуються вектори розвитку та здійснюється політика вдосконалення освітніх закладів через створення експериментальних майданчиків і залучення бізнес-проектів. Здійснюється ще одна ініціатива «Створюємо MINT майбутнього» (MINT Zukunft schaffen), у рамках якої аналізуються показники, пов'язані з результатами реалізації MINT: набуті компетенції, кількість випускників університетів окремих спеціальностей, відсоток жінок у галузі MINT тощо.

Законодавство та управління освітою в Німеччині реалізується автономно в 16-ти федеральних землях, що входять до складу країни, тому навчальна програма варіюється залежно від адміністративної одиниці завдяки форуму для обміну та діалогу представників регіонів (Körber Dialog MINT).

Навчання STEAM починається в початковій школі з предмета «Sachunterricht» (дослідний клас). Цей навчальний предмет, поєднує різні галузі знань, зокрема природознавство, технології та соціальні науки. Заняття засновані на реальних подіях із життя дітей мають на меті розвиток стійких та актуальних знань, наприклад, про охорону здоров'я, навколишнє середовище, комунікацію та засоби масової інформації. У середній школі предмети STEAM зазвичай розділені та викладаються окремо. Навчальні програми кожної землі (адміністративної одиниці) з математики, біології, хімії та фізики, розроблені відповідно до національних освітніх стандартів (нім. *Bildungsstandards*). У школах можуть існувати факультативні курси, що поєднують у собі природничі науки, технологію та інженерну справу, і є практикоспрямованими («Sachunterricht» STE(A)M Education in Germany).

Додатково до навчальних програм, у більшості федеральних земель розроблені законодавчі документи та рекомендації, які підтримують впровадження STEAM-освіти в початковій і середній школах. Наприклад, у землі Північний Рейн-Вестфалія впроваджується курс із медіаграмотності (Medienkompetenzrahmen NRW) для реалізації національних вимог щодо відповідної компетентності. Окрім вимог, у документі сформовані ідеї міждисциплінарного навчання для всіх класів і представлені відповідні матеріали.

Фінляндія. Перші кроки з розвитку STEM-освіти були зроблені ще в 1990-х роках. Була створена програма LUMA – проєкт розвитку освіти та науки, яку координує Національна Рада освіти Фінляндії. Мета програми – інтеграція природничих наук, математики і розвиток інтересу школярів до цих дисциплін, підвищення компетентності та рівня досягнень фінської наукової освіти на міжнародному рівні, удосконалення освітньої практики, підвищення інтересу до науки і техніки.

У чинній національній навчальній програмі базової освіти Фінляндії термін «STEAM» не згадується. Проте особлива увага приділяється міждисциплінарному навчанню з метою дати учням можливість об'єднати знання з різних предметів на концептуальному рівні Національного агентства з освіти Фінляндії (Finnish National Agency for Education). Основна навчальна програма охоплює цілі та основний зміст різних предметів, учителі самі обирають навчальні матеріали та методи. Таким чином, навчальна програма дає змогу вчителям включати до своїх уроків стільки елементів STEAM, скільки необхідно, на розсуд вчителя.

У стратегії LUMA на 2014–2025 рр.²⁹ згадується лише STEM без мистецького аспекту Art, однак багато заходів, організованих центрами LUMA, насправді відповідають підходу STEAM. Наприклад, у рамках проекту DESIGNSTEM 2016–2019 рр. було розроблено електронне навчальне обладнання, що поєднує вивчення природничих наук і дизайну. Також було розроблено курс «Математика та мистецтво», що входить до програми LUMATIKA.

Китай. У 2013 р. освітня концепція STEAM почала розвиватися в Китаї, і декілька навчальних закладів почали впровадження STEAM. Згодом у Китаї було розроблено систему навчальних програм і засобів навчання китайською мовою за стандартами розвинених країн, які мають досвід STEAM.

З 2015 р. китайський уряд упровадив політику розвитку STEAM освіти для підтримки розвитку Китаю, відзначаючи, що освіта STEAM має увійти до національного плану розвитку освіти. У вересні 2017 р. Міністерство освіти Китаю видало навчальні матеріали STEAM «План управління комплексною практичною діяльністю для початкових і середніх шкіл». Їх випуск підтверджує, що Міністерство освіти Китаю визначає STEAM навчання в школах як курси комплексної практичної діяльності. STEAM-освіта націлена на всебічну інтеграцію та креативний підхід до дисциплін, виступає за проникнення предметних знань у різні галузі й відповідає вимогам міждисциплінарного викладання STEAM-предметів, до яких додають ШІ. Обов'язковими складовими STEAM-освіти в Китаї є програмування та навчання роботів із використанням ШІ.

STEAM-освіта в Китаї найкраще впроваджена в початковій школі та частково для учнів середньої школи. Проте STEAM-освіта поширюється і на здобувачів освіти інших рівнів. Для дітей дошкільного віку фокус STEAM головним чином спрямовано на стимулювання пізнавального інтересу та дослідницького пошуку дітей із використанням іграшок LEGO та досвіду VR. Для учнів початкової школи STEAM-навчання зосереджуються на розвитку їхньої міждисциплінарної комплексної здатності до застосування знань, логічного мислення в практичній діяльності. Учні конструюють, експериментують, спостерігають, порівнюють, пізнають світ та основні умови життя в ньому. Так реалізується перехресне навчання природничих наук, математики, технологій, мистецтва тощо. Учні середньої школи приділяють увагу вдосконаленню навичок програмування та створення роботів. Китайський уряд запропонував STEAM-освіту та поступово ввів основні її положення в офіційний навчальний план. З 2018 р. інформаційні технології (зокрема вивчення

²⁹ Strategia vuosille 2014–2025. URL: <https://www.luma.fi/wp-content/uploads/2017/02/lks-strategia-2014-2025.pdf>.

мови програмування) стали одним із варіативних предметів для вступних іспитів до коледжу.

У впровадженні STEAM-освіти в Китаї відчувається серйозна нестача викладачів, а також проблеми системи підготовки вчителів. STEAM-освіта вимагає від учителів широкого знання, володіння інформаційними технологіями.

Південна Корея. Реформування освіти та впровадження STEM/STEAM-напряму розпочалися у 2011 р., публікацією загальнонаціонального політичного порядку денного Міністерства освіти, який передбачав інтеграцію освіти в галузі природничих наук, технологій, інженерії, мистецтва та математики. Впровадження STEM/STEAM підходу в освіту мало на меті підготовку якісної робочої сили STEM та освічених громадян для суспільства. Міністерство освіти Кореї акцентувало на ідеях конвергентної освіти для розвитку інтелектуальних, творчих особистостей, які інтегрують різні академічні сфери знань і створюють інновації. У 2011 р. корейське Міністерство освіти запропонувало політику щодо реконструкції STEM-освіти через покращення міждисциплінарного навчання та додавання «Мистецтва». Так розпочалося впровадження STEAM-освіти в початковій і загальноосвітній школі. Теоретичні дослідження, які були проведені для закладення основи освіти STEAM, включали філософію і методологію та стали підґрунтям для розвитку й використання різноманітних програм STEAM. У Південній Кореї освіту STEAM також називають «конвергентною освітою талантів». Освіта STEAM у Південній Кореї загальноновизнана як один із навчальних методів, який можна використовувати для розвитку творчих здібностей здобувачів.³⁰

Міністерство чітко сформулювало необхідність і важливість освіти STEAM у Національній навчальній програмі. Для впровадження STEAM створено модельні школи STEAM і групи STEAM у яких 20 % матеріалу, це інтеграція природничих наук, математики, технологій, домогосподарства, а також музики та мистецтва. Розроблено широкий спектр моделей викладання та навчання STEAM. Програми розроблені на національному рівні та розповсюджені серед шкіл по країні.

Наукові дослідження STEAM-освіти в Кореї зосереджені на підвищенні інтересу дітей до спеціальностей STEM/STEAM та кар'єри у відповідних галузях.³¹

³⁰ Bang hee Kim, Jinsoo Kim. Development and Validation of Evaluation Indicators for Teaching Competency in STEAM Education in Korea. URL: <https://www.ejmste.com/article/development-and-validation-of-evaluation-indicators-for-teaching-competency-in-steam-education-in-4580>.

³¹ Park, H., Byun, S.-Y., Sim, J., Han, H.-S., & Baek, Y. S. Teachers' Perceptions and Practices of STEAM Education in South Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2016. 12(7), P. 1739–1753. URL: <https://www.ejmste.com/article/teachers-perceptions-and-practices-of-steam-education-in-south-korea-4573>. DOI: <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1531a>.

Уряд Південної Кореї виділяє з бюджету на впровадження STEAM-освіти кошти, які спрямовують на два основні напрями: підвищення кваліфікації вчителів і розробку навчальних програм STEAM. Фінансування від Міністерства освіти надається урядовій установі – Корейський фонд розвитку та творчості (KOFAC), який опікується програмами для ініціатив у STEAM.

KOFAC розробив стандарти (Korean Science) освіти для наступного покоління (KSES-NG) та запропонував модель «Дерево наукової грамотності» і тест наукової грамотності ToSL (Test of Scientific Literacy). ToSL – це інструмент, який використовується з метою оцінки рівня наукової грамотності учнів у межах освітніх програм. Модель KSES-NG належить до нового покоління систем оцінки, спрямованих на розвиток та перевірку навичок наукової грамотності (рис. 2.6).

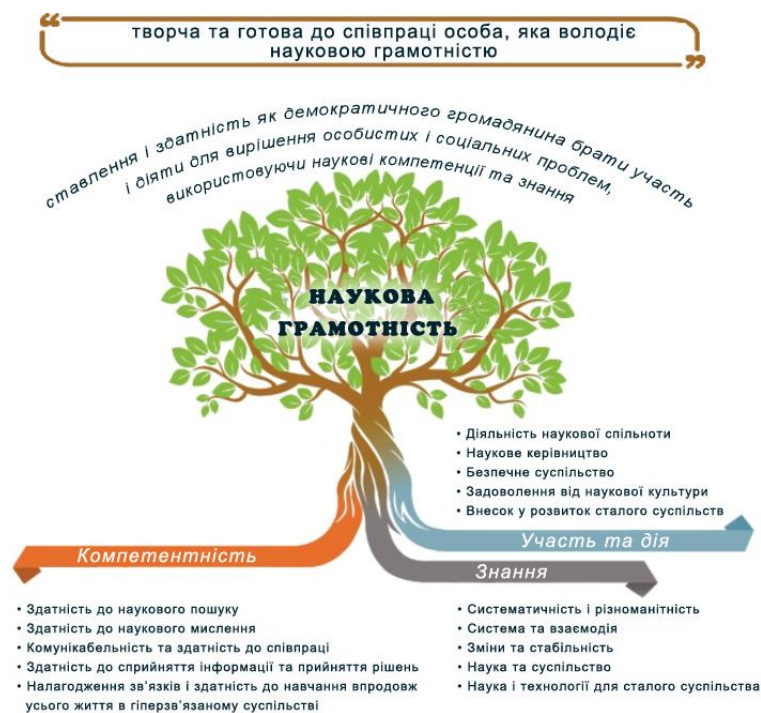


Рис. 2.6. Модель «наукової грамотності» в KSES-NG³²

Модель наукової грамотності опирається на три складові: наукова компетентність, знання, суспільна діяльність. Кожна складова охоплює домени і піддомени. Модель визначає наукову грамотність частиною наукової освіти як «ствалення та здатність відповідальних громадян брати участь та діяти для розв'язання особистих й соціальних проблем із використанням наукових компетенцій і знань».

³² Korean Science Education Standards (KSES) for the Next Generation. URL: <https://agassizedu.org/korean-science-education-standards-kSES-for-the-next-generation/>.

Нині під керівництвом Міністерства освіти тривають дослідження з удосконалення навчальних програм, заснованих на інтегративному підході до дисциплін STEAM.

Таїланд. З 2015 р. Міністерство освіти Таїланду здійснює впровадження STEM/STEAM-освіти шляхом розробки та подальшої реалізації в системі освіти державних програм. Програми з математики, природознавства та географії було переглянуто, а проектування, інформаційні та комунікаційні технології було включено до навчальної програми з природничих наук. Уже у 2017 р. до Національного плану освіти Таїланду увійшли дисципліни, пов'язані зі STEM/STEAM. Програми були розроблені починаючи з дошкільної освіти та зорієнтовані на природничі науки, математику, технології та їх інтеграцію з мистецтвом. Галузь вивчення природничих наук тепер охоплює дизайн і технології, а також логіку.

STEM/STEAM-освітою в Таїланді опікується низка організацій, включаючи великі корпорації та неурядові організації. Так, впровадженню та розвитку STEM/STEAM сприяє восьмирічна програма державно-приватного партнерства «Ініціатива партнерства з Таїландом» компанії Chevron Thailand Exploration and Production, Ltd, що спрямована на посилення конкурентоспроможності та інновацій у Таїланді шляхом залучення до природничих наук, технологій, інженерії та математики (STEM).

Досягнути бажаних результатів планується за рахунок розгортання центрів підготовки вчителів по всій країні. Особливу увагу спрямовують на вдосконалення їх технічної грамотності, щоб сформувати кваліфіковані кадри для галузей, пов'язаних із STEM, таких, як автомобілебудування, енергетика, сільське господарство тощо. У співпраці з низкою партнерів організація Enjoy Science сприяє покращенню викладання STEM/STEAM-дисциплін у школах шляхом підвищення кваліфікації вчителів. Програма «Chevron Enjoy Science» передбачала дві фази (рис. 2.7).³³



Рис. 2.7. Фази Chevron Enjoy Science

³³ Chevron Enjoy Science – Improving Thailand's Education <https://www.enjoyscience.kenan-asia.org/en/>

Другу фазу реалізують Регіональний центр STEM-освіти, спільнота міністрів освіти Південно-Східної Азії: SEAMEO STEM-ED, регіональне міжурядове агентство, що було створено за схваленням кабінету міністрів Таїланду та Міністерства освіти Таїланду. Її метою є розширення масштабу діяльності STEM/STEAM і її сталого розвитку. Оперативні цілі мають узгоджуватися з урядовою політикою та основною місією освіти.

Завдяки співпраці Chevron Enjoy Science з Радою вчителів Таїланду створено також Таїландську програму вдосконалення школи (або TSIP) та ініційовану програму Академій кар'єри STEM.

У рамках програми проводять заходи з метою відбору зацікавлених учнів, які мають необхідні задатки для освоєння STEM/STEAM. Організовується співпраця з агентствами, фондами, університетами чи установами професійного навчання, де створюються волонтерські програми кар'єрного наставництва та розробляються спільні навчальні програми. Існують сертифікаційні іспити з професійних навичок для отримання документа, що підтверджує кваліфікацію для працевлаштування або подальшого навчання.

2.4. Приклади міжнародних STEAM-проектів

Глобальна наукова опера (Global Science Opera (GSO)) – глобальна творча всесвітня ініціатива проекту Європейської Комісії «Розробка захоплюючої наукової класної кімнати (CREATIONS)» і дослідницького центру Норвезької дослідницької ради «Інтеграція наук про океани, фізики та освіти (iSCOPE)». З липня 2014 р. до жовтня 2015 р. мережа установ 38 країн була запрошена взяти участь у першій GSO «SkyLight». Це були школи, університети, опери, науково-мистецькі установи. У творчих глобальних заходах учні могли взаємодіяти з професорами, композиторами, фізиками, вчителями природничих наук, викладачами опери.

Проект «Напиши наукову оперу» (Write a Science Opera (WASO)) є однією з трьох складових Концепції GSO, що демонструє креативний підхід до вивчення природничих наук і мистецтва в школах. Проект було розроблено в університетському коледжі Сторд / Хаугесунн (Норвегія) за підтримки Спільноти наукової освіти в Європі *Scientix*. Це заснована на принципах STEAM-освіти щорічна ініціатива зі створення наукової опери на певну тему. Учасниками є колективи шкіл із різних країн світу, які мають створити 2,5-хвилинну оперу (лібрето, музика, декорації, костюми тощо). Результати опрацьовуються в центральній штаб-квартирі, а згодом транслюються по всьому світу через Інтернет. Разом із тим, учасникам пропонують екскурсії до наукових

установ чи музеїв, відеочати та інші активності з розвитку дослідницького чи дизайнерського мислення за запропонованою темою.

IT-проект Erasmus+STE(A)M стартував у листопаді 2019 р. і координується Європейською шкільною мережею (European Schoolnet). Він базується на міждисциплінарному підході STEM, спрямованому на зміцнення освітнього середовища шляхом просування інноваційних та міждисциплінарних підходів до викладання STE(A)M в освіті.

Шляхи просування інноваційних інтегрованих практик STE(A)M на рівні школи охоплюють:

- розробку та тестування першої європейської інтегрованої довідкової бази STE(A)M;
- організацію та проведення навчальних курсів для вчителів початкової, середньої школи, а також створення мережі радників із кар'єри на рівні ЄС;
- надання інструментів і вказівок для вчителів і радників із питань кар'єри в галузі STEM.

Проект «Екологія навчання STE(A)M» (STE(A)M Learning Ecology (SLEs)) стартував у січні 2023 р. і координується Європейською шкільною мережею (European Schoolnet). Нині проект має статус пілотного, але вже фіксуються значні успіхи в забезпеченні відкритого шкільного навчання для різних аудиторій.

Проект SLEs спрямовано на створення нових відкритих шкільних партнерств, зорієнтованих на STE(A)M, за участі різних груп (формальних, неформальних, галузевих партнерів, політиків і громадянського суспільства), що працюють разом над реальними завданнями чи ситуаціями розв'язання життєвих проблем всередині місцевих спільнот. SLEs розвиває наукову освіту як частину розвитку місцевих спільнот, надаючи безліч можливостей вивчення природничих наук для всіх громадян за різними напрямками, у різних навчальних просторах.

Пілотний проект SLE – це перший цикл реалізації SLE, який проходить в 13 країнах Європи в період із жовтня 2023 р. до травня 2024 року. Пілотні проекти SLE розробляються спільно з їх ініціаторами та зацікавленими сторонами під керівництвом національних координаторів (партнерів проекту). Європейська шкільна мережа надасть підтримку та наставництво національним координаторам, а також забезпечить обмін провідним досвідом і знаннями з усіма зацікавленими сторонами. У пілотному циклі будуть перевірені всі загальні сценарії, що запропоновані Методологією SLE, а відгуки та результати будуть використані для подальшої реалізації SLE.

Проект «Імаджинаріум» або «Уявний простір» (The Imagineerium, Велика Британія) спрямований на створення та координацію партнерських відносин між учителями, митцями та науковими експертами, щоб сприяти більш повному розумінню науки через мистецтво і навпаки. Опираючись на такі різноманітні форми мистецтва, як танець, опера, образотворче мистецтво, музика і театр учні мають можливість науково розв'язувати пов'язані з ними проблем, а також доходити власних висновків на основі досліджень.

Природнича лабораторія (Nature Lab, США) створила потужний проєкт RISD із залученням об'єктів мистецтва та природознавства, розробленого Лабораторією в співпраці з музеями та науковими установами. Учасники RISD досліджували, як може бути структурована співпраця в системі «мистецтво + дизайн + наука», щоб:

- зробити науку доступною: розробити візуальні методи та стратегії комунікації для вчених;
- розробити візуальні методи та комунікаційні стратегії, які вказують на важливість наукових досліджень і роблять їх результати доступними для максимально широкої аудиторії;
- створити середовище для співпраці: сприяти успішному міждисциплінарному дослідженню.

Поряд із цим, у додатках представлені корисні посилання на міжнародні ресурси STEAM-освіти, які можуть зацікавити і стати у нагоді для освітянської STEM/STEAM спільноти України (*Додаток Б*).

Запитання і завдання:

1. Оберіть і прокоментуйте найбільш цікаві ідеї з міжнародного досвіду впровадження STEAM-освіти.
2. Якій країні належить ідея моделі дерева наукової грамотності? У чому вона полягає?
3. Спираючись на міжнародний досвід STEAM-освіти, запропонуйте першочергові кроки, які треба здійснити в Україні для її розбудови.

2.5. Становлення освітньої політики та нормативно-правове забезпечення STEM/STEAM-освіти України

Становлення освітньої політики та нормативно-правове забезпечення STEM/STEAM-освіти в Україні є важливим кроком у процесі розвитку сучасної освіти.

Для становлення освітньої політики в галузі STEM/STEAM-освіти здійснюється аналіз потреб суспільства і ринку праці, визначаються цілі, завдання, ключові напрями та стратегії розвитку. Розбудова цього освітнього напрямку пов'язана з впровадженням програми «Нова українська школа», розбудовою профільної освіти, спеціалізованої освіти наукового спрямування. Означимо головні завдання, які комплексно постали перед освітою України, з акцентом на STEM/STEAM-освіті.

Стратегічне планування – розроблення чіткої та виваженої концептуальної рамки, що визначатиме основні принципи STEM-освіти в Україні, мету, завдання, перспективи та пріоритети з урахуванням позицій освітнього підходу STEAM на державному рівні з опорою на системотворчі принципи Європейської STEM-коаліції. Зокрема це:

- проведення досліджень, що сприяють виявленню викликів і потреб STEM-освіти;
- практикоспрямованість і розвиток ключових компетентностей;
- підвищення цифрової та інженерної грамотності та зацікавленості молоді щодо освіти наукового спрямування;
- зменшення гендерного розриву в науково-технічних галузях;
- забезпечення безперервного навчання вчителів як важливого чинника розвитку освіти.

Освітні стандарти – узгодження і доповнення освітніх стандартів різного рівня, зокрема спеціалізованої освіти наукового спрямування з завданнями розвитку STEM/STEAM-освіти.

Законодавча підтримка – розробка та прийняття відповідних законодавчих актів, що регулюють розвиток STEM/STEAM-освіти в країні, регламентують організацію та зміст навчального процесу, визначають вимоги до вчителів, програми навчання, матеріально-технічну базу, оцінювання та сертифікацію учнів тощо.

Фінансова підтримка – виділення фінансових ресурсів для реалізації STEM/STEAM-програм, включаючи розбудову інфраструктури, створення навчальних матеріалів, заходи професійного розвитку вчителів, організацію наукових таборів та конкурсів, створення спеціалізованих класів і лабораторій тощо.

Матеріально-технічна підтримка – забезпечення сучасним обладнанням, технічними засобами навчання лабораторій, центрів STEM/STEAM-освіти.

Професійне забезпечення – реалізація програм професійного розвитку для вчителів, що спрямовані на підвищення їхньої кваліфікації у STEM/STEAM-дисциплінах.

Стратегічне партнерство – розбудова партнерства з освітніми, науковими установами, промисловістю, з музеями, театрами та іншими культурними інституціями та громадськістю для збагачення STEM/STEAM-освіти; сприяння взаємодії між освітою та практикою, спільній реалізації STEM/STEAM-проєктів, освітніх програм професійного спрямування тощо.

Інклюзія та рівні можливості – забезпечення інклюзивної STEM/STEAM-освіти, яка враховує потреби всіх учнів, незалежно від їхнього рівня здібностей або соціального статусу, зокрема обдарованих дітей і молоді, дітей з особливими освітніми потребами.

STEM/STEAM для всіх – забезпечення рівного доступу до STEM/STEAM-освіти для учнів в усіх регіонах і соціальних групах.

Заохочення до галузей STEM/STEAM – розробка сучасних, освітніх програм, які базуються на інтеграційних ідеях галузей STEM і мистецтва, враховують найновіші тенденції в галузі науки, технологій, інженерії, математики, мистецького та інших видів дизайну. Заохочення учнів до дослідницької та творчої діяльності в галузях STEM/STEAM через позашкільні заклади освіти, Національний центр «Мала академія наук України» (МАН України) та його структури тощо. Організація конкурсів і заходів, що спрямовані на стимулювання творчості та інновацій учнів у галузі STEM/STEAM. Організація STEM/STEAM-таборів, літніх шкіл для додаткової освіти та стимулювання інтересу учнів. Запровадження менторських програм із досвідченими фахівцями зі STEM/STEAM-галузей.

Нові моделі та технології навчання – впровадження моделей змішаного середовища навчання, що складається з фізичного простору (клас, предметна лабораторія, шкільна або міжшкільна STEM/STEAM-лабораторія, музейна експозиція тощо) і цифрового простору (віртуальна лабораторія, цифрова лабораторія, віртуальний музей, інструменти доповненої реальності, ШІ, засоби геолокації, онлайн-путівники тощо), які разом створюють нові можливості для навчання та розвитку учнів.

Мережа STEM/STEAM-освітніх центрів – створення мережі центрів, де учні матимуть доступ до сучасних засобів та інфраструктури для вивчення STEM/STEAM-дисциплін, реалізації творчих проєктів.

Міжнародна співпраця – розширення міжнародної співпраці для обміну досвідом та апробованими практиками STEM/STEAM-освіти. Заохочення глобальної взаємодії між науковцями, учителями, учнями в галузі STEM/STEAM.

Оцінювання та моніторинг – розробка системи оцінювання, що відображатиме успішність учнів у STEM/STEAM-освіті, використання технологій для впровадження нових підходів до оцінювання та індивідуалізованого навчання. Системний моніторинг результатів розбудови STEM/STEAM-освіти та ефективності прийнятих рішень.

Круглі столи, форуми та конференції – проведення масових науково-практичних заходів для обміну досвідом, презентації інновацій та створення спільних платформ наукових досліджень, для взаємодії вчителів, студентів педагогічного профілю та впровадження інновацій.

Процес трансформації системи освіти в Україні активно розпочато в 2015 р., з моменту створення відділу STEM-освіти в Інституті модернізації змісту освіти (рис. 2.8). Завдяки активній професійній діяльності співробітників відділу STEM-освіти в Україні реалізовано чимало Всеукраїнських конкурсів і проєктів для поширення ідей STEM/STEAM-освіти, підготовки фахівців, розкриття талантів STEM/STEAM учнів і вчителів.

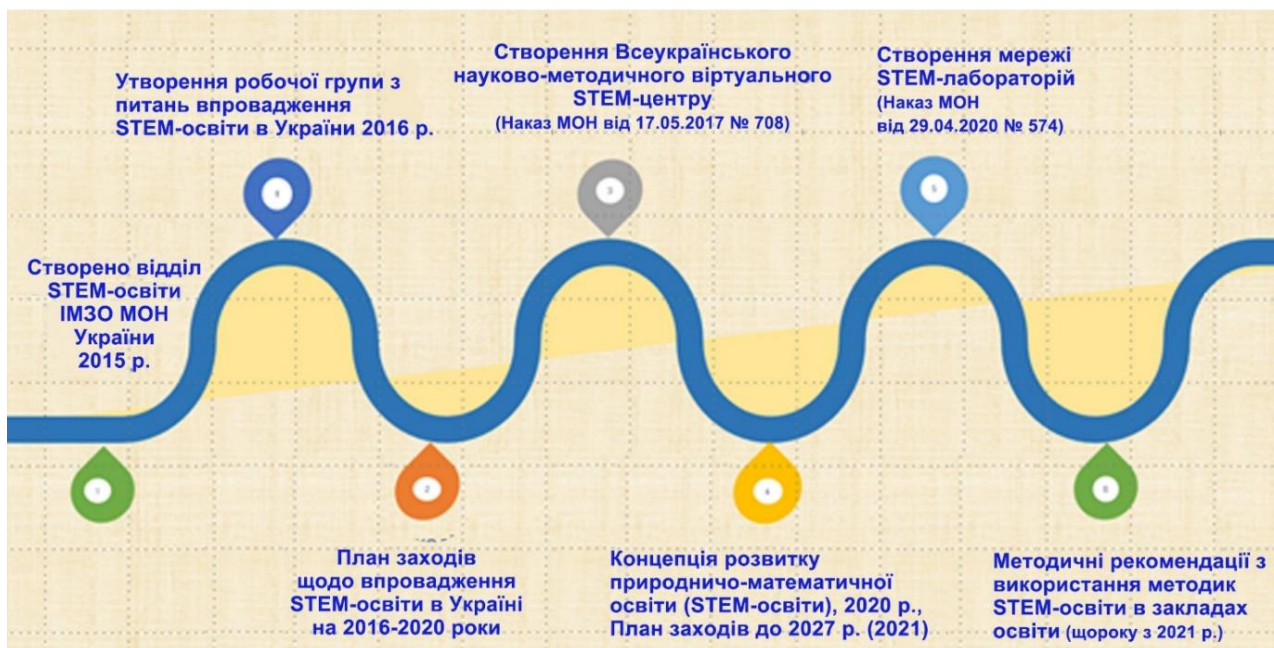


Рис. 2.8. Ключові позиції поступу STEM/STEAM-освіти в Україні

Розпорядженням Кабінету міністрів України від 14 грудня 2016 р. № 988-р було схвалено Концепцію реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року. Закон України «Про освіту» від 05 вересня 2017 р. № 2145-VIII визначає основні засади функціонування освітньої галузі та можливості для впровадження інновацій. Освітнім закладам надається фінансова, академічна, організаційна та кадрова автономія, вони мають можливість самостійно розробляти освітню

програму, визначати режим своєї роботи, приймати навчальні плани. Педагоги можуть працювати за обраними ними освітніми програмами, визначати шлях набуття професійної майстерності, відкрито реалізовувати власний творчий потенціал. Важливою новацією є фінансова автономія освітнього закладу, яка надає можливість самостійно обирати, куди саме спрямовувати кошти для більш ефективного використання, а також контролювати перебіг витрат.

Новий державний стандарт базової середньої освіти, враховує набір необхідних компетентностей для успішної самореалізації особистості, але автори вважають за необхідне приділити увагу саме STEAM-освіті, враховуючи міжнародний досвід і рекомендації Європейського парламенту та Ради (ЄС) стосовно набуття компетентностей для навчання протягом усього життя.

Створення сприятливого середовища для STEM/STEAM-освіти передбачає партнерство зі сторонніми організаціями, університетами, промисловими підприємствами та громадськими організаціями. Це допоможе залучити експертів, забезпечити доступ до сучасних технологій і матеріалів, а також створити можливості для практичного застосування знань.

Від STEM/STEAM-освіти наразі очікують ефекту синергії в розв'язанні проблем, які постали перед освітою загалом. Її розглядають також із позиції набуття навичок майбутнього: розв'язання проблем; 4К (комунікація, кооперація, критичне мислення, креативність) та адаптивності, що є вкрай необхідними учням сьогодні, особливо українським дітям в умовах війни та подальшого післявоєнного відновлення. Деякі етапи становлення освітньої політики й нормативно-правового забезпечення STEM/ STEAM-освіти України відображено в *Додатку В*.

Риторика STEAM також поступово заповнює простір педагогічної дії в Україні. Проходять круглі столи, конференції, семінари за тематикою STEAM. Прикладом є круглий стіл Інституту обдарованої дитини НАПН України «STEAM-освіта від теорії

до практики», де було широко розглянуто та досліджено такі питання: базові філософські ідеї взаємозв'язку науки та мистецтва: наука як інструмент пізнання світу, мистецтво як інструмент самопізнання і самовираження людини; роль STEM/STEAM-освіти в умовах війни та повоєнного відновлення України; STEAM на шляху персоналізації навчання, STEAM для інклюзивного навчання;



методологічні аспекти: стратегії, принципи та моделі STEAM-освіти; шляхи впровадження STEAM у класно-урочну систему освіти; інструменти реалізації STEAM підходу в очному, дистанційному та змішаному форматах навчання; від STEM до STEAM на шляху до «навчального класу майбутнього».

Загалом становлення освітньої політики та нормативно-правове забезпечення STEM/STEAM-освіти вимагає системного підходу, співпраці всіх зацікавлених сторін і належного фінансування. Це допоможе забезпечити якісну освіту, розвинути творчість, критичне мислення, комунікаційні навички та підготувати молодь до майбутньої професійної діяльності.

Запитання і завдання:

1. Чи достатньо законодавчих рішень для розбудови нормативно-правової бази STEM/STEAM-освіти? Чим, на Вашу думку, її необхідно доповнити?
2. Назвіть державні установи, що є дотичними до регулювання STEM/STEAM-освіти в Україні.
3. Запропонуйте свої ідеї щодо розбудови освітнього середовища STEM/STEAM-освіти в Україні на основі стратегічного партнерства.
4. Які дискусійні питання Ви можете запропонувати для обговорення на конференції зі STEAM-освіти у Вашому регіоні?

2.6. Мережа закладів STEM/STEAM-освіти (проблеми створення STEM/STEAM-центрів і STEM-лабораторій тощо)

Мережа закладів STEM/STEAM-освіти (умовно – центрів) створюється з метою популяризації дисциплін STEM/STEAM.

При плануванні створення мережі центрів слід керуватися основними нормативними документами України (див. п. 2.5), зокрема методичні рекомендації з планування діяльності, створення матеріально-технічної бази тощо.

Наступним важливим питанням є статус центрів, чи є вони самостійними юридичними структурами або створюються як структурні підрозділи закладів освіти, які здійснюють освітню діяльність за основними та додатковими загальноосвітніми програмами STEM/STEAM-напрямку.

Забезпечення успішного створення та функціонування мережі закладів STEM/STEAM-освіти здійснюється на основі загальних принципів (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Принципи створення регіональної мережі закладів STEM/STEAM-освіти

Також вважаємо, що необхідно розглянути умовну структуру центру STEM/STEAM-освіти (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Структура центру STEM/STEAM-освіти

1. Кадровий склад. Адміністрація: керівник центру, адміністративний персонал, координатори програм. *Завдання:* планування, організація та управління всіма аспектами роботи центру; налагодження зв'язків з органами управління освітою, спонсорами, батьками; звітування про діяльність центру.

Педагогічний колектив: вихователі, викладачі, психологи, фахівці з відповідних галузей. Це професіонали у сфері науки, технологій, інженерії, мистецтва та математики (STEM/STEAM), які забезпечують освітній процес.

Технічний персонал: програмісти, адміністратори локальної мережі тощо.

2. Навчально-методичне забезпечення: бази даних із навчальних матеріалів (програми, підручники, навчальні та методичні посібники, аудіо та відео). Курси та програми, які дають учням змогу розвивати та застосовувати STEM/STEAM компетентності (робототехніка, програмування, 3D-моделювання, електроніка, дизайн тощо).

3. Навчальний простір – навчальні приміщення та лабораторії: оснащуються спеціальним обладнанням, приладами та матеріалами (інтерактивні дошки, 3D-принтери, навчальні роботи, комп'ютери з програмним забезпеченням і доступом до інтернету, матеріали для хімічних, фізичних, біологічних та інших досліджень).

Складається з п'яти зон: зона науки (Science Lab), зона технологій (Technology Workshop), інженерна зона (Engineering Corner), зона математики (Mathematics Learning Area), творча студія (Arts Studio).

4. Зовнішні зв'язки: налагодження співпраці з органами управління освітою, спонсорами, закладами вищої освіти, науковими установами та підприємствами.

5. Мережева взаємодія: створення власного сайту установи, організація дистанційного навчання, забезпечення присутності в мережевих спільнотах.

Діяльність центру STEM/STEAM-освіти:

➤ забезпечення освітнього процесу; організація конкурсів, виставок, семінарів наукових конференцій та інших заходів, де учні можуть продемонструвати свої знання та набуті навички STEM/STEAM;

➤ налагодження партнерства з закладами вищої освіти, науковими установами, підприємствами тощо з метою розширення можливостей учнів в опануванні певних дисциплін STEM/STEAM, а також забезпечення доступу до додаткових ресурсів;

➤ моніторинг досягнень із метою встановлення індивідуальних особливостей здобувачів освіти, корегування освітнього процесу, психолого-педагогічна підтримка в процесі навчання;

➤ забезпечення взаємодії між здобувачами освіти, педагогами, батьками та адміністрацією закладу в процесі освітньої діяльності.

Структура центру STEM/STEAM-освіти може змінюватися залежно від потреб, цілей з урахуванням територіальних та економічних можливостей кожного окремого населеного пункту чи територіальної громади.

Діяльність STEM/STEAM-центрів забезпечує очну та дистанційну взаємодію, спільне проведення заходів (семінари, конференції, конкурси, виставки тощо), реалізацію освітньої діяльності у віртуальному просторі (сайти, портали, блоги, мережеві спільноти, телеграм канали), обмін досвідом.

На сьогодні в Україні ідеї STEM/STEAM активно розвиваються на базі МАН України та її регіональних центрів. Науково-методичну підтримку забезпечують на державному рівні: Інститут модернізації та змісту освіти (відділ STEM-освіти), Інститут обдарованої дитини НАПН України (відділ підтримки обдарованості), Інститут педагогіки НАПН України (відділ STEM-освіти).

Корисні посилання на ресурси STEM/STEAM-освіти МАН України



[Віртуальний STEM-центр Малої академії наук України](#)



[«МАНЛаб» – одна з найбільших учнівських лабораторій у Східній Європі](#)



[EX-Lab – біохімічна лабораторія МАН](#)

Запитання і завдання:

1. Назвіть основні принципи створення та функціонування мережі STEAM-освіти.
2. Які головні питання потрібно вирішити для створення центру STEM/STEAM-освіти у Вашому регіоні?
3. Якими можуть бути Ваші пропозиції стосовно створення Всеукраїнської мережі центрів STEM/STEAM-освіти?

2.7. Професійна підготовка та професійний розвиток педагогічних кадрів у галузі STEM/STEAM-освіти

Одним із першочергових завдань розвитку та впровадження STEM/STEAM-освіти в Україні постає забезпечення освітніх установ педагогічними кадрами. Головною проблемою, з якою стикається система освіти не лише в нашій країні, а й у деяких країнах світу, є недосконала освітня політика щодо професійної підготовки вчителів. Для реалізації STEM/STEAM-освіти важливі творчі якості та експертність вчителя з галузі STEM в одній або декількох галузях мистецтва, зокрема розуміння художніх технік, стилів, історії мистецтва та сучасних трендів. Учителі STEM/STEAM мають розвивати творчий підхід до планування та проведення уроків, володіти інтерактивними технологіями, методами розвитку дизайн-мислення, проєктно-орієнтованого навчання та стимулювання креативності учнів тощо. У STEM/STEAM-освіті співпраця між вчителями різних предметів є ключовою. Швидкий розвиток технологій і тенденцій у мистецтві вимагає від вчителів постійної самоосвіти та вдосконалення навичок. У вчителів STEAM особлива місія, вони відіграють роль каталізатора, який сприяє розвитку не лише творчих, мистецьких, а й наукових і технічних здібностей учнів, сприяючи розвитку навичок XXI ст. та формуванню комплексного погляду на світ.

Ключові задачі, з якими стикаються вчителі, охоплюють не лише впровадження новітніх методів навчання, але й розвиток креативності учнів, підтримку їхнього інтересу до точних наук і мистецтва, а також адаптацію до різних освітніх потреб і рівнів (рис. 2.11).

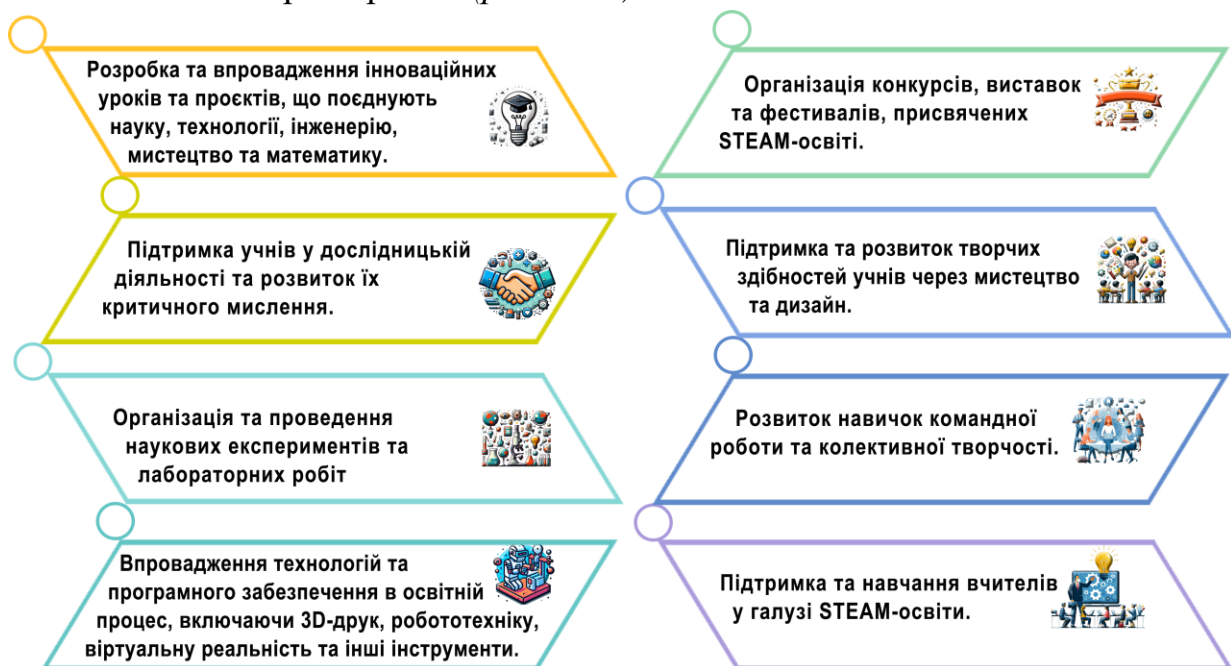


Рис. 2.11. Задачі, які постають перед вчителями STEM/STEAM

Для організації професійної підготовки та професійного розвитку педагогічних кадрів розробляються програми для підтримки кар'єрного росту вчителів у галузі STEM/STEAM-освіти, до яких долучилися підрозділи МОН України, наукові установи НАПН України, громадські та бізнес-структури.

Стратегія довгострокового та короткострокового планування освітньої політики щодо підготовки педагогічних кадрів STEM/STEAM.

Довгостроковий план:

- створення та вдосконалення нормативно-правової бази STEAM-освіти;
- внесення змін у процес навчання в педагогічних ЗВО;
- вдосконалення структури інститутів післядипломної педагогічної освіти шляхом створення відділів / кафедри / науково-методичних центрів / науково-дослідних лабораторій STEAM-освіти;
- створення потужної програмно-методичної бази;
- створення регіональних інтернет-порталів STEAM-освіти з подальшою інтеграцією в єдину Всеукраїнську мережу.

Короткостроковий план:

- активна роз'яснювальна робота, що спрямована на залучення та заохочення вчителів до світових трендів в освіті, серед яких на передній план виходить STEAM-освіта;
- створення регіональної мережі супервайзерів, можливо з залученням фахівців-пенсіонерів із галузей STEM і мистецтва, які мають час і бажання брати участь у становленні STEAM-освіти;
- організація спеціальних тренінгів, семінарів і курсів, де педагоги можуть дізнатися про нові методи та підходи в освіті STEAM на рівні міста, району, області, країни;
- організація вільного доступу до вже наявних ресурсів і матеріалів, які допомагають педагогам розробляти та реалізовувати STEAM-заняття і STEAM-проекти;
- забезпечення співробітництва між педагогами задля обміну досвідом, авторськими практиками та ресурсами (як очно, так і дистанційно) через створення спільнот, чатів, телеграм-каналів тощо для педагогів, які працюють у галузі STEAM, що допоможе зміцнити їхні навички та підвищити якість навчання;
- створення освітніх програм на рівні регіональних освітніх, наукових, культурологічних установ із залученням фахівців, які здатні допомагати впроваджувати нові практики, нові методи, педагогічні та технологічні інструменти інтеграції STEM із мистецтвом;

➤ розробка та поширення онлайн-ресурсів, моделей інтеграції мистецтва в програми STEAM, навчальних матеріалів, методичних розробок уроків для вчителів. Залучення вчителів до створення та поширення навчальних матеріалів до уроків STEAM, сценаріїв, робочих аркушів тощо;

➤ налагодження партнерства з компаніями, організаціями та установами, щоб забезпечити вчителям можливості стажування та співпраці з професіоналами STEAM.

Серед освітніх проєктів, конкурсних програм, до яких долучаються вчителі, насамперед є широкомасштабні програми відділу STEM-освіти ІМЗО МОН України, які реалізуються спільно з зацікавленими партнерами (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

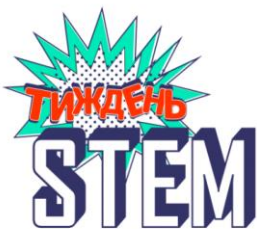
Приклади освітніх програм та проєктів STEM/STEAM для вчителів

Всеукраїнський фестиваль «STEM-весна» (з 2018 р.)



Щорічний захід, який відбувається з 1 березня до 31 травня. Фестиваль об'єднує заходи Всеукраїнського та обласного рівнів (освітні форуми, конференції, круглі столи, навчальні семінари, майстер-класи, виставки, змагання, хакатони, конкурси тощо). Традиційно Всеукраїнський фестиваль «STEM-весна» інтегрується до щорічної ініціативи Європи, яка проводиться компанією Scientix STEM Discovery Campaign.

Захід «STEM-тиждень»



Захід «STEM-тиждень» проводиться щорічно в рамках Всеукраїнського фестивалю «STEM-весна» з метою реалізації положень Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), обміну досвідом щодо розвитку напрямів STEM-освіти в Україні та участі у квітневих Європейських STEM-подіях.

Краща STEM-публікація (з 2019 р.)



Це творче змагання педагогів, науковців із метою залучення фахівців до вивчення актуальних питань розвитку STEM-освіти в Україні. Проходить у форматі: *наукові статті; методичні розробки*.

STEM-школа – Всеукраїнський освітній проєкт (з 2017 р.)

Мета – розвиток професійної компетентності педагогічних працівників із питань STEM-освіти. Реалізується на партнерських засадах освітніми установами. STEM-школа об'єднує зусилля освітян, науковців, громадських активістів і бізнес-структури для спільного навчання, обміну і вивчення найкращого вітчизняного та світового досвіду, ознайомлення з новаторами сучасної освіти. Проєкт є інноваційним ресурсом для широкого кола освітян

Конкурсна програма для вчителів Інституту обдарованої дитини НАПН України
Всеукраїнський конкурс «Творчий вчитель – обдарований учень»



Масовий захід, що запрошує до участі освітян закладів загальної середньої та позашкільної освіти України всіх форм власності.

Мета: створення умов для творчої реалізації освітян, поширення їх інноваційного досвіду щодо впровадження в практику роботи сучасного педагога ідей STEM/STEAM та спеціалізованої освіти наукового спрямування.

Загалом успішна підготовка освітян, а також розв'язання проблем, пов'язаних із ресурсами та швидкістю впровадження, є ключовими факторами в успішній реалізації STEM/STEAM-освіти в країні. Постійний професійний розвиток, доступ до ресурсів і співробітництво між педагогами, створення спільнот професіоналів є головними шляхами розв'язання цих проблем.

Запитання і завдання:

1. Обґрунтуйте необхідність професійної підготовки вчителів з інтеграції мистецтва і предметів STEM.
2. З якими, на Вашу думку, проблемами можуть стикатися вчителі освітніх закладів, обравши для викладання програми STEM/STEAM-освіти?

РОЗДІЛ III. ДИДАКТИЧНІ РОЗВІДКИ STEM/STEAM-ОСВІТИ

3.1. Принципи та закономірності STEAM-освіти

Принципи STEAM-освіти – система положень, що є основою для організації пізнавальної діяльності учасників освітнього процесу з використанням STEAM-підходу (рис. 3.1).

1. *Принцип інтеграції.* Загалом інтеграція полягає в поєднанні окремих елементів, властивостей, функцій у ціле, що призводить до формування інтеграційних властивостей системи. STEAM-освіта передбачає інтеграцію не лише знань з окремих галузей (фізики, математики, географії, біології, екології та мистецтва), а й використання системи форм і методів, що забезпечують їх ефективне засвоєння.



Рис. 3.1. Принципи STEAM-освіти

2. *Принцип науковості* передбачає формулювання причиново-наслідкових зав'язків, базуючись на перевірених знаннях, які відповідають сучасному розвитку науки та техніки, на основі інтеграції знання та можливості використання інноваційних методів їх отримання.

3. *Принцип практичності* (зв'язок навчання з життям) надає можливість навчатися на прикладах з оточуючого середовища, які дають змогу зрозуміти головні закони та закономірності на практиці. Форми та методи STEAM є практикоспрямованими, сприяють пізнанню навколишнього світу, його основних особливостей і застосуванню знань на практиці.

4. *Принцип системності, систематичності та наступності* передбачає дослідження в єдності кожного з елементів пізнання у взаємодії з іншими, а також визначає послідовність дій та вчинків у неперервному процесі. STEAM-освіта, враховуючи системність та систематичність у неперервності пізнання

з дитинства та впродовж життя, надає можливість пізнавати об'єкти та процеси з різного ракурсу в динаміці та взаємодії.

5. *Принцип активності та свідомості* спонукає до самостійного пізнання та вирішення проблемних питань або ситуацій, що склалися. STEAM-освіта передбачає самостійне пізнання через усвідомлену діяльність, результатом якої є підхід до розв'язання проблеми з обґрунтуванням його ефективності.

6. *Принцип мотивації до пізнавальної діяльності* – це збереження внутрішньої потреби до пізнання, яка може стимулюватися зовнішніми факторами (мотивами), що забезпечується шляхом стимулювання пізнання через пошук проблеми, яка потребує розв'язання. Складні сучасні проблеми розв'язуються за умови інтеграції знань із декількох галузей і можливості їх застосування на практиці.

7. *Принцип індивідуального та диференційованого підходу* передбачає гармонійне поєднання всіх форм роботи з орієнтацією на самостійне пізнання та індивідуальну траєкторію розвитку. STEAM-освіта сприяє індивідуальному розвитку через виконання самостійних досліджень і розвитку особистості за індивідуальною траєкторією у власному темпі, заохочуючи роботою в групі.

8. *Принцип емоційності навчання* – це прояв зацікавленості в процесі пізнання, що сприяє швидкому засвоєнню нової інформації та можливості її перетворення в нові знання. Розв'язання практичних проблем STEAM захоплює самим процесом, надає емоційного забарвлення, що сприяє мотивації до діяльності та дає змогу активно працювати над ними.

Закономірності STEAM освіти – це стійкі об'єктивні зв'язки, які зумовлюють її ефективність. Такі зв'язки можуть бути об'єктивними та суб'єктивними.

Об'єктивні закономірності STEAM-освіти (рис. 3.2):

– інтеграція пізнавального, розвивального та практикоспрямованого характеру навчання;

– залежність від умов, у яких відбувається освітній процес (матеріальні, соціальні, психологічні тощо умови);

– суспільна спрямованість, орієнтація на запити суспільства та встановлення шляхів їх задоволення;

Об'єктивні закономірності STEAM-освіти

- інтегрований розвиток особистості
- вплив умов
- суспільна спрямованість
- орієнтація на особистість
- провідна пізнавальна діяльність
- взаємодія учасників освітнього процесу

Суб'єктивні закономірності STEAM-освіти

- основа – пізнавальна активність
- розвиток когнітивних процесів
- перехід від простого до складного
- засвоєння за рівнем значущості
- креативність
- критичне мислення

Рис. 3.2. Закономірності STEAM-освіти

- врахування індивідуальних особливостей і вікових можливостей здобувачів освіти;

- орієнтація на пізнавальну активність учасників освітнього процесу;

- заохочення до взаємодії педагога та здобувачів освіти.

Суб'єктивні закономірності STEAM-освіти:

- засвоєння понять на основі пізнавальної активності, де кожне з них має власне відображення і чітко відокремлення одне від одного;

- запам'ятовування матеріалу з систематичним повторенням із використанням різних форм і методів, базоване на механізмах когнітивних процесів;

- процес усвідомлення та засвоєння на основі переходу від простого до складного як в теоретичних знаннях, так і практичній діяльності, на основі яких поступово опановуються більш складні способи діяльності;

- встановлення ступеня значущості засвоєння матеріалу, що формує якість та рівень засвоєння матеріалу в майбутньому;

- розвиток креативності – здатність переносити засвоєні знання та способи діяльності в нову ситуацію;

- розвиток критичного мислення – можливість визначати та розв'язувати проблеми незалежно від їх масштабу та широти, використовуючи ефективні підходи та пропонуючи різні варіанти їх розв'язання.

Запитання і завдання:

1. Перелічіть основні принципи STEAM-освіти, коротко зазначивши їх особливості.

2. Поясніть відмінність об'єктивних закономірностей STEAM-освіти від суб'єктивних.

3. Як можна інтерпретувати закономірності розвитку креативності та критичного мислення в STEAM-освіті?

3.2. STEAM-компетентності

Основні компетентності STEAM

STEAM-освіта спрямована на розвиток інноваційного і творчого мислення дитини, а також на практичну підготовку до оволодіння нею майбутньої професії, пов'язаних із наукою, технологіями, інженерією, мистецтвом або математикою. Опанування обраним напрямом передбачає необхідність оволодіння базовими компетентностями STEAM-освіти, до яких можна зарахувати наступні (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Основні компетентності STEAM

Наукові знання (Science Knowledge) передбачають розуміння основних концепцій і принципів природничих та соціогуманітарних наук; уміння застосовувати знання для розв’язання проблем і роботи з реальними науковими даними.

Технологічна грамотність (Technological Literacy) переслідуює необхідність розуміння технологій, які оточують у повсякденному житті та здатність використовувати технології для збору, обробки та аналізу даних, створення проєктів і розв’язання поставлених проблем.

Інженерні навички (Engineering Skills) забезпечують розвиток навичок проєктування, комбінаторного мислення та розв’язання проблем. Удосконалення практик із постановки питань, розроблення рішень, побудови прототипів і тестування власних ідей.

Математична грамотність (Mathematical Literacy) визначається розумінням математичних концепцій і методів, можливістю ефективного застосування математики для моделювання та аналізу реальних ситуацій, розв’язування проблем і прийняття обґрунтованих рішень.

Творчість (Creativity) характеризується високим творчим потенціалом і вмінням генерувати нові ідеї, здатністю досліджувати, експериментувати, розв’язувати проблеми та створювати нові продукти і рішення.

Колаборація (Collaboration) окреслюється вміннями працювати в команді, співпрацювати з іншими людьми, обмінюватися ідеями та розв’язувати проблеми разом, що виражена в здатності ефективно спілкуватися, слухати інших та спільно працювати над проєктами.

Критичне мислення (Critical Thinking) виділяється активністю аналітичного та дивергентного мислення, здатністю аналізувати й оцінювати інформацію, розв’язувати проблеми, використовувати логічне мислення та приймати обґрунтовані рішення.

Визначені компетентності допомагають учням розвивати комплексний підхід до навчання, підготувати їх до майбутніх викликів і розв'язання сучасних проблем. STEAM-освіта сприяє розвитку креативності, інноваційного мислення та практичних навичок, що необхідні в сучасному світі.

Запитання і завдання:

1. Перелічіть компетентності, які активно розвиваються в процесі використання STEAM-підходу в освітньому процесі?
2. Наведіть приклад практичної роботи та спробуйте записати (або графічно зобразити) які STEAM-компетентності можна розвивати в процесі її виконання.

3.3. Розвиток основних компетентностей Нової української школи в STEAM-середовищі

Розвиток компетентностей Нової української школи в STEAM є важливим завданням для підготовки молодшої генерації до існування в сучасному світі.

Усі компетентності Нової української школи можуть розвиватися в STEAM-середовищі з використанням різних форм, методів і засобів.

Спілкування державною мовою є важливим компонентом STEAM-освіти, оскільки спілкування державною мовою дає змогу краще розуміти та висловлювати власні думки, ідеї та концепції в рамках STEAM-предметів. Вони зможуть ефективніше спілкуватися з вчителями й однокласниками, ділитися своїми дослідженнями та проєктами (рис. 3.4).

Використання державної мови дозволяє залучати більш широкий спектр навчальних ресурсів, що надаються українською мовою та допоможуть поглибити свої знання в STEAM-галузях.

Завдяки навчанню чітко та логічно висловлювати свої думки, аргументувати власні ідеї та обґрунтовувати складні концепції відбувається розвиток мовленнєвих навичок. Розвиток наукового мовлення відбувається за рахунок систематичного ознайомлення з інформаційними джерелами відповідного змісту та спілкування з науковцями відповідного напрямку.



Рис. 3.4. Спілкування державною мовою

Мова є важливим компонентом культурної ідентичності. Її збереження допомагає розуміти та цінувати свою національну спадщину.

Також важливо враховувати індивідуальні потреби учнів і брати до уваги різноманіття мов, якими володіють учні.

Спілкування іноземними мовами в STEAM-навчанні має свою важливість та переваги. Вивчення іноземних мов сприяє розвитку комунікативних навичок і відкриває можливості для спілкування з людьми з різних країн. У контексті STEAM це означає можливість обмінюватися ідеями, дослідженнями та відкриттями на міжнародному рівні.

Чимало наукових досліджень, статей, публікацій та інших матеріалів у STEAM-галузях доступні різними мовами. Володіння іноземною мовою надає доступ до більш широкого спектра ресурсів та інформації для досліджень та навчання (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Спілкування іноземними мовами

Знання мов сприяє розумінню та повазі до різних культур, можливості вивчати не лише наукові аспекти STEAM, а й розширювати свій культурний кругозір, розуміти різноманітність поглядів та інші підходи до науки та технологій.

Знання іноземних мов може відкрити двері до міжнародних програм, участі в міжнародних наукових конференціях, стажування за кордоном, співпраця з учнями та вчителями з інших країн. Це розширює горизонти і надає можливість побачити світ із нової перспективи.

Враховуючи значення спілкування іноземними мовами в STEAM, варто

забезпечити відповідні ресурси, навчальні матеріали та підтримку для учнів у їхньому мовному розвитку. Також можна розглянути можливість співпраці з учителями іноземних мов для вивчення іноземної мов у контексті природничих дисциплін, дослідницької діяльності учнів, яка є захопливою сама по собі.

Математична компетентність є важливим компонентом STEAM-освіти. Вона допомагає розуміти та використовувати математичні концепції, методи та інструменти



Рис. 3.6. Математична компетентність

для розв'язання проблем у природничих науках, технології, інженерії, мистецтві та інших галузях (рис. 3.6).

Розуміння таких основних математичних понять, як статистика, імовірність тощо, дасть змогу ефективно використовувати математичні методи та інструменти в STEAM-проектах і дослідженнях.

Математична компетентність також передбачає розвиток математичного мислення, яке охоплює логічне мислення, абстрактне мислення, аналітичні навички та вміння розв'язувати проблеми. Використовують математичні компетенції в STEAM-проектах і дослідженнях для розв'язання проблем, формулювання гіпотез, аналізу даних та прийняття обґрунтованих висновків.

Математичне моделювання є важливим елементом у STEAM і передбачає вміння створювати математичні моделі, які описують реальні явища та процеси, і використовувати їх для прогнозування, аналізу та прийняття рішень. Це дозволяє розуміти зв'язок між математикою та реальним світом.

У STEAM-освіті комп'ютерне моделювання є одним із ключових інструментів, що допомагає розуміти та застосовувати математичні алгоритми, програмування та комп'ютерні інструменти для розв'язання складних проблем і створення віртуальних моделей.

Загалом математична компетентність є важливим компонентом STEAM-освіти, оскільки вона підтримує розвиток логічного мислення, аналітичних навичок і здатності до розв'язання проблем.



Рис. 3.7. Основні компетентності в природничих науках і технологіях

Основні компетентності в природничих науках і технологіях у STEAM передбачають розуміння наукових концепцій, вміння проводити дослідження, аналізувати дані, розв'язувати проблеми та використовувати технології для розв'язання реальних задач (рис. 3.7).

Базою для формування природничо-наукових, технологічних та інженерних компетентностей є наукове мислення. Розвинене наукове мислення сприяє якісному формулюванню гіпотез, ефективному плануванню та проведенню спостережень, експериментів, аналізу даних та обґрунтуванню висновків. Розвиток наукового мислення пов'язаний з дієвим використанням наукового та інженерного методів.

Навички проведення досліджень включають постановку запитань, розробку експериментальної процедури, збір та аналіз даних, оцінку результатів і

формулювання висновків. Здатність критично мислити, оцінювати джерела інформації та обґрунтовувати висновки на підставі доказів удосконалюється в процесі реалізації проєктів STEM/STEAM.

Підвищення рівня компетентності в природничих науках і технологіях потребують розвитку інженерних навичок, серед яких проєктування, моделювання, тестування та прийняття рішень на основі наукових принципів і технологій створення нових продуктів, вдосконалення технологічних процесів тощо.

Основні компетентності в природничих науках і технологіях передбачають розуміння сучасних ІТ-технологій і вміння використовувати їх для збору, обробки та аналізу даних, створення моделей і симуляцій, розв'язання проблем і комунікації. Технологічна компетентність дозволяє використовувати програмне забезпечення, апаратні засоби та цифрові інструменти, які застосовуються в конкретних наукових та технологічних галузях.

Розвиток креативності та інноваційності забезпечує можливість знаходити нові способи розв'язання проблем, розробляти нові ідеї та застосовувати їх на практиці думати незалежно, пробувати нові підходи та пропонувати нові рішення.

Креативність та інноваційність забезпечують здатність висловлювати власні ідеї, слухати інших, працювати в команді, обговорювати результати досліджень та спільно розв'язувати проблеми, ефективно презентувати результати та використовувати різні види медіа для комунікації.

Інформаційно-цифрова компетентність в STEAM означає володіння навичками та знаннями, що необхідні для ефективного використання інформаційних технологій і цифрових ресурсів у природничих науках і технологіях (рис. 3.8).

Уміння ефективно шукати, оцінювати та обирати інформацію з різних джерел, враховуючи вебресурси, бази даних, наукові публікації тощо. Якісний інформаційний пошук передбачає розуміння того, як правильно формулювати запити, використовувати ключові слова та фільтри для знаходження потрібної інформації.



Рис. 3.8. Інформаційно-цифрова компетентність

Ефективна оцінка інформації передбачає використання: критичного мислення, оцінки достовірності, надійності та актуальності інформації, виокремлення псевдонауки та маніпуляції інформацією. Важливо відділяти факти від думок і дотримуватися принципів наукового методу під час оцінки доказів.

Обробка даних включає: відбір, організацію та аналіз даних за допомогою цифрових інструментів; передбачає володіння різними методами обробки даних (зокрема графіки, таблиці, статистичний аналіз, моделювання тощо), використання електронних таблиць, статистичних пакетів та програм для візуалізації даних.

Використання програмного забезпечення в STEAM забезпечується базовими навичками роботи з різними програмами та інструментами, що використовуються в природничих науках і технологіях. Наприклад, це можуть бути програми для моделювання, симуляції, обробки та візуалізації даних, проектування.

Етичне використання інформаційних технологій і цифрових ресурсів забезпечується дотриманням конфіденційності, приватності, вимог до цитування, запобігання плагіату та відповідних етичних норм.

Інформаційно-цифрова компетентність у STEAM є необхідною для успішного виконання завдань у природничих науках, технологіях, інженерії та мистецтві. Вона допомагає розвивати навички, необхідні для впровадження інновацій, розуміння складних проблем та ефективного спілкування в цифровому світі.



Рис. 3.9. Уміння вчитися впродовж життя

Уміння вчитися впродовж життя є критично важливим у сфері STEAM, оскільки ці галузі постійно розвиваються і змінюються. Щоб ефективно працювати в STEAM, важливо володіти навичками навчання впродовж життя (рис. 3.9), зокрема активним пошуковим мисленням, що передбачає: уміння ставити запитання, шукати відповіді та виявляти цікавість до нових знань, уміння формулювати завдання та визначати цілі, самостійно здобувати нові знання та набувати нові навички.

Здатність *адаптуватися* до змін і відкритість до нових ідей та підходів важливі в STEAM. Технології та методи

можуть змінюватися швидко, тому важливо бути готовим до навчання новим інструментам та технологіям.

Саморегулювання та самоорганізація проявляється в здатності планувати, організувати власний час і ресурси, самостійно встановлювати мету та відстежувати свій прогрес, що є важливим для ефективного STEAM-навчання.

Аналізувати й оцінювати інформацію, розрізняти факти від думок, розуміти підстави та докази є важливими в STEAM. *Критичне мислення* допомагає виокремити суттєву інформацію, розв'язувати проблеми та приймати ефективні рішення.

Важливими є вміння ефективно спілкуватися та працювати в команді, адже це дає змогу обмінюватися ідеями, розв'язувати проблеми спільно з іншими фахівцями та учасниками STEAM-проектів.

Оскільки STEAM-галузі пов'язані з технологіями та обробкою даних, то важливо мати навички роботи з цифровими інструментами, програмним забезпеченням, а також навички аналізу даних і використання інтернету для пошуку та збору інформації.

STEAM-галузі змінюються швидко, тому важливо навчатися протягом усього життя, удосконалювати свої навички, вивчати нові технології та ознайомлюватися з останніми тенденціями в STEAM.

Ініціативність і підприємливість є важливими якостями для самореалізації в майбутньому. Галузі STEAM вимагають творчого та незалежного мислення, здатності до інновацій і здійснення проєктів. Завдяки STEAM-освіті учні стають більш ініціативними, підприємливими та готовими до вирішення складних завдань. (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Ініціативність і підприємливість

Вчитель у STEAM-освіті виступає скоріше як ментор, який направляє учнів, спонукає самостійно обирати методи дослідження, матеріали та інструменти та власний шлях у вирішенні проєктних завдань. Це дозволяє учням відчувати свою самостійність та розвинути внутрішню мотивацію.

Колаборація полягає в здатності працювати в команді, щоб розвивати ініціативність та підприємливість, спільно з іншими розв'язувати складні проблеми,

обмінюватись ідеями та навчатися один в одного, набувати лідерських навичок і співпрацювати, щоб досягти спільних цілей.

Заохочення до ризику та творчого мислення проявляється в необхідності випробувати нові ідеї та підходи, шукати оригінальні рішення, щоб досягти інноваційних результатів.

STEAM-освіта є потужним інструментом для розвитку ініціативності та підприємливості, оскільки активно використовує проєктний метод, що потребує вміння самостійно приймати рішення та нести відповідальність за результати своєї роботи. Розв'язання реальних проблем вчить долати ризики та перетворювати ідеї в реальні продукти або послуги. Успішне виконання проєктів підвищує самооцінку учнів та їх віру у власні сили.

Соціальна та громадянська компетентності. У STEAM-проєктах і завданнях часто потрібно працювати в команді. Навчання спільній роботі, вміння слухати і спілкуватися з іншими, вирішувати конфлікти і досягати спільних цілей є важливими соціальними компетенціями, основними серед яких є навички: співпрацювати з іншими учасниками проєкту, ділитися ідеями, працювати над задачами разом і вчитися взаємодіяти з людьми з різними фаховими профілями та поглядами (рис. 3.11).

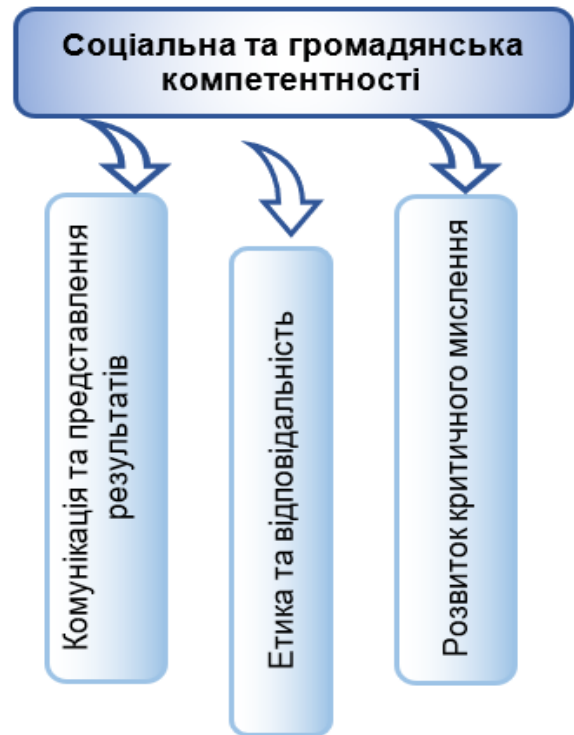


Рис. 3.11. Соціальна та громадянська компетентності

Комунікація є ключовою складовою соціальної та громадянської компетентності в STEAM. Уміння чітко висловлювати ідеї, використовуючи такі різні засоби спілкування, як письмо, говоріння, візуалізація та презентації, результати досліджень і проєктів як перед колегами, так і перед широкою аудиторією.

У STEAM-середовищі етика та відповідальність відіграють важливу роль. Розуміння етичних питань, пов'язаних із використанням технологій, збиранням та обробкою даних, а також ставлення до проблем соціальної справедливості та сталого розвитку, є необхідною частиною громадянської компетентності.

Критичне мислення постає невід'ємною частиною громадянської компетентності в STEAM. Уміння аналізувати й оцінювати інформацію, критично ставитися до доказів і аргументів, розпізнавати псевдонауку та маніпуляції, є важливими STEAM-навичками. Розвивається критичне мислення

через пошук альтернативних поглядів, перевірку фактів і аргументів, а також за допомогою використання їх для розв'язання складних проблем.

Розвиток соціальної та громадянської компетентностей у STEAM передбачає співпрацю, комунікацію, етику, відповідальність, застосування STEAM у суспільних контекстах, які удосконалюються у практичній діяльності STEAM-проектів, дослідженнях та інших формах активного навчання.

Обізнаність та самовираження у сфері культури в рамках STEAM можуть бути важливими компонентами для інтеграції технічних і творчих аспектів.

Ознайомлення з історією мистецтва та наукових відкриттів допоможе зрозуміти контекст і вплив, який вони мали на сучасні технології та культуру. Врахування досягнень з життя та творчості відомих художників, винахідників, вчених та інженерів є фактором мотивації, прикладом для розробки і втілення власних ідей (рис. 3.12).

Нові можливості для реалізації власних творчих ідей відкривають цифрові інструменти, сервіси та програми, які допомагають створювати твори мистецтва чи виконувати наукові експерименти, здійснювати комп'ютерне моделювання, програмування, 3D-друк тощо.

Поєднання мистецтва, науки, технологій, інженерії та математики дозволяє учням не лише здобувати знання, але й застосовувати їх на практиці, створюючи унікальні міждисциплінарні проекти, наприклад, інтерактивні інсталяції, діджитал медіатори, робототехнічні скульптури або інші форми мистецтва, що поєднують технології та естетику, використовують неочікувані матеріали та інструменти. Інтеграція науки і мистецтва дозволяє перетворювати наукові дані на художні образи для більш глибокого розуміння, а також популяризувати науку через створення інтерактивних виставок та інсталяцій.

Ці підходи допоможуть розвивати обізнаність та самовираження у сфері STEAM. Важливо відкривати нові горизонти, поєднувати технічні та творчі аспекти, а також навчатися від інших учасників STEAM-спільноти.

Екологічна грамотність і здорове життя є важливими аспектами в STEAM. Використання STEAM-навичок для розробки інноваційних технологій,



Рис. 3.12. Обізнаність та самовираження у сфері культури

спрямованих на збереження ресурсів, енергоефективність і зменшення впливу на довкілля, технології відновлюваної енергії, екологічно безпечних матеріалів, ефективних систем управління водою та інші інновації, спрямовані на зменшення негативного впливу на довкілля (рис. 3.13).



Рис. 3.13. Екологічна грамотність і здорове життя

Здоров'я тіла та духу також є важливим аспектом STEAM-освітнього підходу. STEAM-проекти можуть стосуватися захисту здоров'я, розробки нових медичних технологій, біомедичних пристроїв, мобільних додатків для моніторингу здоров'я та інших інновацій, що спрямовані на покращення якості життя та здоров'я людей.

Здоровий спосіб життя уособлюється в ставленні до харчових продуктів та способі харчування. Світові традиції та дослідження науки

харчування, приготування страв корисних для вживання, різноманітність харчових систем та їхній вплив на здоров'я та навколишнє середовище сприяють усвідомленню ідеї здорового способу життя.

Мистецтво може бути потужним засобом впливу на свідомість людей щодо здоров'я та екології. Ефективним є використання мистецтва, зокрема музичних творів, малюнку, фотографії, вистави, щоб підкреслити важливість здорового способу життя та дбайливого ставлення до навколишнього середовища.

Волонтерство та громадська діяльність дають змогу приєднуватися до груп, які займаються екологічними та здоров'я зберезувальними проектами, брати участь у прибиранні, висаджуванні саджанців дерев, організації здорових заходів та в інших ініціативах. Це може допомогти застосовувати STEAM-навички на практиці та вносити позитивні зміни в спільноті.

Запитання і завдання:

1. Які, на Вашу думку, фактори STEAM-освіти дозволяють найбільш ефективно формувати компетентності Нової української школи?

2. Оберіть проблему для STEAM-проєкту та визначте можливості для розвитку компетентностей Нової української школи з використанням STEAM-підходу до навчання.

3.4. Форми та методи реалізації STEM/STEAM-освіти

Форма (від лат. *Forma* – вид, образ) – обриси, контури, зовнішні межі предмета, що визначають його зовнішній вигляд.³⁴

Поняття «форма» в педагогіці використовується як «форма здобуття освіти», «форма навчання», та «форма організації навчання».

Форми здобуття освіти регулюються ст. 9. Закону України «Про освіту» Серед них виділяють: *інституційну* (очна (денна, вечірня), заочна, дистанційна, мережева); *індивідуальну* (екстернатна, сімейна (домашня), педагогічний патронаж, на робочому місці (на виробництві); *дуальну*. Освіта динамічна та швидко адаптується до умов (епідеміологічна ситуація, воєнний стан). Відповідно виникла *змішана* форма здобуття освіти, яка поєднує в собі в різному відсотковому співвідношенні очну та дистанційну форми здобуття освіти.

STEM/STEAM-освіта може бути реалізована в кожній із представлених форм здобуття освіти.

Форма навчання безпосередньо залежить від кількості здобувачів освіти, місця проведення навчальних занять та часу, у який вони відбуватимуться. Через форму навчання втілюється зміст в єдності та цілеспрямованості подання матеріалу відповідними засобами з використанням ефективних методів з урахуванням освітніх умов. З урахуванням особливостей STEM/STEAM-освіти форми навчання підбирають відповідно до цілей, принципів, мети, змісту, індивідуальних особливостей здобувачів освіти, а також умов, за яких відбувається освітній процес.

Залежно від структури спілкування виділяють чотири головні форми навчання: *індивідуальну* (опосередковане спілкування (через письмову мову); *парну* (спілкування в парі); *групову* (групове спілкування); *колективну або фронтальну* (у групах (великих) змінного складу). У STEM/STEAM-освіті використовують усі визначені форми навчання залежно від мети освітньої діяльності. Індивідуальна найчастіше використовується для реалізації власних ідей і представлення результатів діяльності. Групова та колективна форми навчання є ефективними на етапі мотивації до пізнання чи отриманні базових знань та навичок, для втілення власних ідей чи їх продукування. Парна форма навчання використовується значно рідше, наприклад, у процесі вдосконалення практичних навичок і закріплення знань.

Форма організації навчання – це вид заняття, який відрізняється за складом учнів, місцем і часом проведення, характером діяльності, а також сприяє набуттю відповідних компетентностей (наприклад, урок, гурток, факультатив, екскурсія,

³⁴ Форма. Словник української мови в 11 томах. URL: <https://slovnkyk.ua/index.php?swrd=форма>.

лекція, лабораторна робота, семінарське заняття тощо) *За місцем проведення* їх часто поділяють на аудиторні, позааудиторні, класні, позакласні, шкільні, позашкільні, а *за дидактичними цілями* – на теоретичні, практичні, комбіновані.

Різноманіття форм навчання спричинене насамперед змістом освіти, віковими особливостями сприйняття і засвоєння навчального матеріалу здобувачами освіти. Врахування місця (умов), часу, динаміки, структури, методів і прийомів, необхідних для засвоєння освітнього змісту, призводить до збільшення форм організації навчання. Розглянемо деякі з класичних та інноваційних форм і методів, що ефективно використовуються в реалізації STEM/STEAM-підходу в навчанні.

STEM/STEAM-урок (заняття) – це форма організації навчання у відведений проміжок часу з групою учнів постійного складу, що передбачає інтеграцію від двох до декількох STEM/STEAM-дисциплін (біологія, фізика, хімія, географія, математика, технології, мистецтво). STEAM-уроки найчастіше проводять в освітніх закладах для узагальнення знань або мотивації до розв'язання STEM/STEAM-проблеми. Ефективною є така форма роботи для практичного розв'язання посильної, зрозумілої проблеми з мінімальною витратою часу. STEM/STEAM-заняття найчастіше проводять в позакласний час, або в умовах неформальної освіти. Головною метою таких форм роботи є створення продукту на основі інтеграції знань з різних дисциплін для вирішення поставлених задач.

STEM/STEAM-проект – це групова навчально-пізнавальна, творча або ігрова діяльність учнів, яка має визначену ціль, методи, засоби діяльності, а також передбачає інтеграцію STEM/STEAM-дисциплін і спрямована на досягнення результату. Проекти переважно практикоспрямовані, націлені на розвиток навичок.

STEM/STEAM-курс за вибором або факультатив – це об'єднання декількох STEM/STEAM-дисциплін в єдину навчальну дисципліну. Прикладом може бути курс «Архітектура та дизайн», який поєднує знання з математики, фізики, географії, біології та мистецтва, може бути реалізований в умовах формальної та неформальної освіти.

STEM/STEAM-квест – це командна або пошукова гра, заснована на принципі покрокового виконання заздалегідь підготовлених логічних або творчих завдань зі STEM/STEAM-дисциплін або таких, які потребують використання знань для вирішення поставленого завдання, а також спрямовані на отримання єдиного кінцевого результату. Реалізується в умовах формальної та неформальної освіти, може бути мотиваційним заходом для заохочення здобувачів освіти до вивчення окремих дисциплін або до участі в міжпредметному проєкті тощо.

STEM/STEAM-хакатон – це спільна діяльність учасників із різними інтересами в галузях STEM/STEAM, які працюють над розв’язанням поставленої проблеми, або над ідеєю створенням нового продукту. Найчастіше використовується для продукування варіантів розв’язання актуальної проблеми, яка потребує врахування великої кількості різних думок, або необхідності продукування значної кількості ідей за короткий проміжок часу.

Літня STEM/STEAM-школа (або курс) – це комплекс занять, який дозволяє структурувати (поглибити) знання з дисциплін STEM/STEAM, провести власні дослідження, більш детально ознайомитися з особливостями проведення досліджень обраного напрямку діяльності, при цьому освітній процес гармонійно поєднується з відпочинком та спілкуванням у колі однодумців. Найчастіше такі школи проводяться в рекреаційних зонах або на базі наукових установ чи закладів освіти з можливістю відпочинку на природі.

STEM/STEAM-стартап – це форма реалізації ідеї через бізнес-проект, зорієнтована виключно на інновації, які покращують життя людей і передбачають процес розвитку або прориву в галузі технології. Інноваційна ідея реалізується шляхом інтеграції знання STEM/STEAM-дисциплін і вирішує одну з актуальних наукових, технічних або суспільних проблем.

STEM/STEAM-лабораторія – це науковий простір, що надає можливість перевірити власні гіпотези через проведення наукових експериментів, поспілкуватися з однодумцями та наставниками, а також надихає на творчі починання. STEM/STEAM-лабораторії мають обладнання для проведення експериментів за консультації спеціалістів різних галузей знань, надають можливість творчого спілкування з однодумцями, дають змогу розв’язувати проблеми, які потребують інтегрованих знань і відповідних умінь.

Віртуальні STEM/STEAM-лабораторії – це можливість отримання віддаленого доступу до лабораторних експериментів на основі моделювання в різних галузях науки та техніки, що поглиблює цікавість та суттєво допомагає у вивченні базових дисциплін за допомогою дистанційного експериментування, моделювання, конструювання. Деякі ресурси забезпечують не лише інструментами для експериментування, а й надають доступ до додаткових вебресурсів, відеолекцій, анімаційних демонстрацій і засобів самооцінювання.

Наведемо приклади деяких інтерактивних музеїв, де реалізовано STEM/STEAM-простір.



[The Best Interactive Museum Experiences Around the World](#)



[The best interactive museums in NYC](#)

[Музей науки МАН України](#)

Інтерактивний музей (STEM/STEAM-простір) – це тип музею, який заохочує відвідувачів активно використовувати елементи експозицій або виставок, досліджуючи, вивчаючи та аналізуючи їх. Інтерактивні можливості музеїв забезпечуються завдяки таким технологічним рішенням, як сенсорні дисплеї, віртуальна реальність, інтерактивні експонати тощо, а також їх використанню в різноманітних практичних заняттях.

STEM/STEAM-уроки в музеї – це заняття в приміщенні музею, які розроблені з урахуванням конкретних навчальних цілей. Вони узгоджені з освітніми стандартами, дають змогу доповнити формальну, структуровану програму STEM/STEAM-предметів через реальну взаємодію з наукою, мистецтвом, історією, через артефакти, експонати музейного простору, а також спрямовані на покращення розуміння учнями конкретного явища, факту, події або теми. Уроки (незалежно від того, це історія, природничі науки, мистецтво чи культура) адаптовані відповідно до освітніх цілей навчальної програми, вони інтегрують та пояснюють взаємодію знання.

Навчальні STEM/STEAM-кейси – це ситуації відтворення реальної події, з якою кожен може зіткнутися на практиці. Вони дозволяють постати перед вибором під час розв'язання складних проблем або проблем, які вимагають критичного мислення, аналізу та прийняття рішень, що надає можливість розвивати практичні навички та застосовувати теоретичні знання. Такі тематичні дослідження можуть мати міждисциплінарний характер, включаючи знання та концепції з STEM/STEAM-дисциплін.

Експедиція STEM/STEAM-прогулянка або поїздка – вид діяльності, що спрямовано на пізнання нового. Експедиції надають можливість наочним способом вивчити об'єкти природи, техніки, виробництва тощо, що надає можливість першочергового ознайомлення з предметом дослідження або зацікавитися ним. Проголюючись можна бачити, чути, спостерігати та взаємодіяти з реальними об'єктами, явищами або місцями, що допомагає запам'ятовувати, а також більш глибоко розуміти відомі або нові знання. Можливість осягати об'єкт у реальності дозволяє запам'ятовувати інформацію на довший період часу. Поєднання сенсорного досвіду, емоційних зв'язків і практичного навчання допомагає зміцнити розуміння та запам'ятовування змісту.

STEM/STEAM-експедиції – це цілеспрямовані поїздки групи з чітко визначеною метою та завданнями, які обмежені STEM/STEAM-напрямом і передбачають розв'язання практичної проблеми. Експедиції стимулюють мотивацію та цікавість учнів, надають практичні навички та підтверджують гіпотези, які дають їм змогу бачити зв'язок між теорією та практикою. Експедиції

можуть бути організовані у формі дослідницьких проєктів для дослідження природних екосистем, процесів чи явищ (історичні, екологічні, культурні, географічні тощо).

Гуртки STEM/STEAM – добровільне об'єднання за інтересами, мета якого полягає в тому, щоб формувати, розвивати, поглиблювати знання та здібності дитини з певної STEM/STEAM-дисципліни або їх інтегрованого використання для розв'язання проблеми (наприклад, робототехніка, дизайн, ландшафтний дизайн, квітникарство, ікебана, архітектура, ІТ-технології тощо).

Воркшоп STEM/STEAM-напряму – це захід, що спрямований на одержання або закріплення необхідних навичок, пов'язаних із вивченням STEM/STEAM-дисциплін для виконання подальших досліджень. Головна мета воркшопу виникає в передачі нових знань та інформації учасникам. Воркшоп може бути спрямований на одержання конкретної навички, методології, технології або процесу. Необхідність у такій формі роботи постає тоді, коли є потреба швидко передати нескладні знання чи навички іншим для зацікавлення процесом або його оволодінням для подальшої злагодженої роботи.

Конкурс STEM/STEAM-напряму – це змагання, у якому визначаються найкращі результати представлені в одному зі STEM/STEAM-напряму.

Наприклад, учням можна запропонувати участь у наступних конкурсах STEM/STEAM-напряму.



Інтернет-турнір із природничих дисциплін «Відкрита природнича демонстрація»



STEAM-змагання для учнівської молоді «PIA — PhysicsinAdvent»



Міжнародний конкурс з комп'ютерної графіки та вебдизайну «CreDiCo»

STEM/STEAM-центри – це освітні заклади або приміщення, де створюються умови для інтегрованого навчання та дослідницької роботи в галузях науки, технологій, інженерії, мистецтва та математики. STEM/STEAM-центри сприяють розвитку творчості, критичного мислення, колаборації та набуттю практичних навичок учнів.

Головна мета STEM/STEAM-центрів полягає у створенні стимулювального навчального середовища, де учні можуть досліджувати, експериментувати та застосовувати власні знання і навички з різних дисциплін. STEM/STEAM-центри пропонують мультимедійні ресурси, інструменти, обладнання та програмне

забезпечення, що допомагають учням розвивати практичні навички і технологічну грамотність.

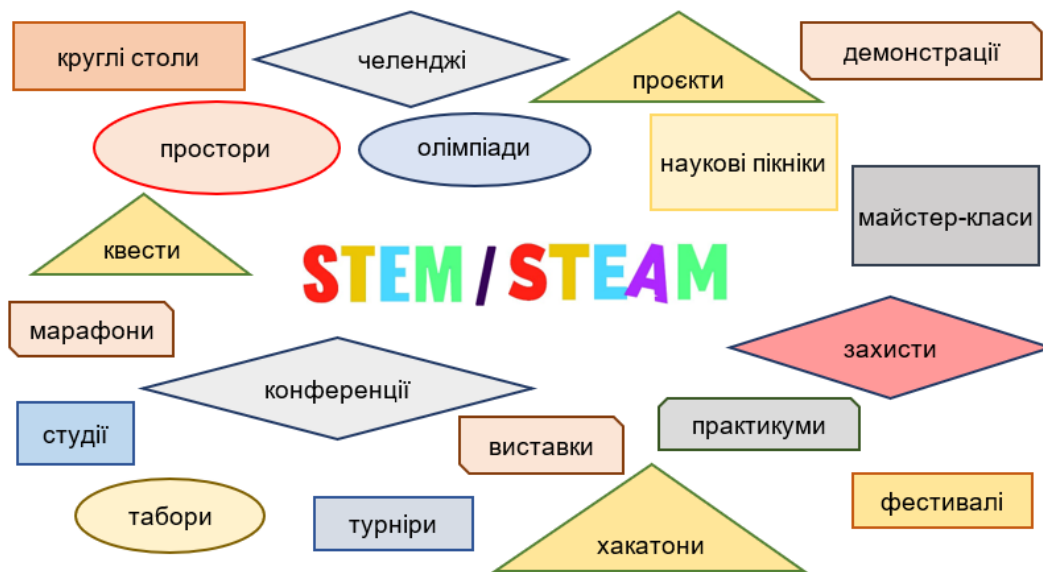


Рис. 3.14. Інші форми організації навчання, що використовуються в STEM/STEAM-освіті

Запитання і завдання:

1. Пригадайте, як класифікують форми організації навчання?
2. Які з форм здобуття освіти, на Вашу думку, будуть ефективними для впровадження STEM/STEAM-освіти для здобувачів освіти молодшої, середньої та старшої (профільної) ланки освіти, професійно-технічної освіти та вищої освіти в Україні?
3. Наведіть приклади максимально ефективних форм організації навчання для обраного Вами напрямку STEAM-діяльності та визначеної вікової категорії учнів (наприклад, заняття в музеї для молодшого шкільного віку для відповіді на запитання: «Чи могли б динозаври дожити до сучасного часу?»).

3.5. Методи STEM/STEAM-навчання

Проектне навчання. Метод заохочує учнів опановувати навички та застосовувати знання під час дослідження та пошуку вирішення певного завдання. Роль педагога контролювати процес реалізації проекту від початку до завершення. Деякими прикладами проектного навчання в STEM/STEAM може бути розробка програми чи побудова моделі з використанням дизайнерських рішень. Наприклад, розв'язати транспортну проблему через синхронізацію світлофорів у місті.

Використання методу *проблемного навчання* надає можливість спробувати свої знання та навички для розв'язання реальних проблем або завдань, із активним залученням до пошуку інформації, аналізу, критичного мислення, співпраці та прийняття рішень. Прикладом використання методу є: створення власних бізнес-планів для вирішення суспільних потреб; створення та реалізація моделей і конструкцій, які розв'язують проблеми сучасності; визначення та реалізація шляхів розв'язання екологічних проблем локального характеру.

Навчання на основі запитів (Inquiry-Based Learning). Головною метою цього методу є підкреслення ролі учня/учениці в процесі навчання та надання можливості ставити багато запитань. Місія педагога полягає в тому, щоб викликати цікавість і спонукати своїми відповідями до роздумів. Одним із завдань є необхідність *сприяти творчості*, або реалізації мистецької складової STEAM-підходу, що постає ключовим елементом прояву творчого потенціалу. Наступний етап полягає в підтримці змістовного навчання, яке охоплює такі етапи: дослідження, вивчення, створення та застосування. Наприклад, створення робота для здійснення вантажних робіт.

Адаптивне навчання. Головною метою якого є врахування індивідуальних особливостей дитини в освітньому процесі. Особливістю використання такого методу в STEAM/STEAM-підході постає активне використання технологій, ІІІ, творчості для індивідуалізації навчання. Системи адаптивного навчання аналізують потреби та навички кожного учня/учениці і надають персоналізовані матеріали та завдання, щоб допомогти кожному учневі засвоїти матеріал на своєму власному рівні та сприяти самостійності в процесі дослідження та реалізації поставлених цілей.

Дизайн-мислення (Design Thinking) – це підхід до розв'язання проблем, що базується на процесі творчого мислення та співпраці. Цей метод може бути використано в STEAM-освіті для підсилення творчого мислення, розвитку проблемного мислення та сприяння залученості учнів до навчання. Кроки, які використовують для впровадження дизайн-мислення в освітній процес:

– *розуміння проблеми* – необхідність розпочинати з ідентифікації проблеми або завдання, яке учні мають розв'язати, висловлення думок, ідей і розуміння проблеми, збору інформації, проведення спостереження або інтерв'ю для отримання додаткових даних;

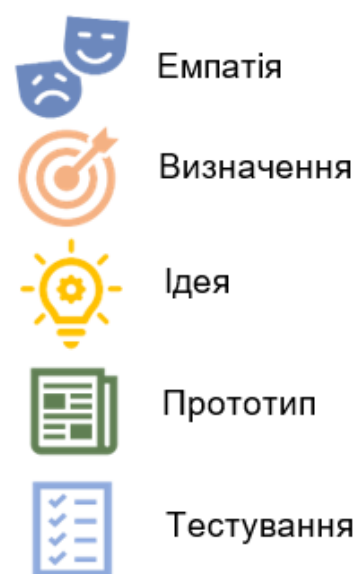


Рис. 3.15. Етапи дизайн мислення

– *дослідження*, що дає змогу теоретично та практично перевірити гіпотези для отримання більшого розуміння проблеми;

– *формулювання*, що допомагає визначитися з проблемним завданням або запитанням, яке необхідно вирішити. Щоб мати ясне розуміння того, над чим працювати, важливо сформулювати проблему чітко і конкретно;

– *генерація ідей* – відкритість до нових ідей і розвиток творчості. Можна використовувати різні техніки генерації ідей, зокрема *мозковий штурм*, *мапування концепцій*, *скетчинг* або *прототипування*, мати мотивацію для широти думки та експериментувати з різними ідеями;

– *прототипування* – заохочення до створення прототипів або моделей власних ідей. Це можуть бути фізичні моделі, цифрові прототипи, які допоможуть учням випробувати свої ідеї в дії та зрозуміти, як вони можуть функціонувати в реальному світі;

– *тестування та зворотний зв'язок* – проведення тестування прототипів разом з учнями, щоб перевірити ефективність їх ідей та отримати зворотний зв'язок, отримати враження, провести спостереження та висловити пропозиції щодо подальшого вдосконалення;

– *ітерація та вдосконалення* – на основі зворотного зв'язку та результатів тестування, заохочення до внесення змін у свої ідеї та прототипи, створити можливість повторно пройти через процес дизайн-мислення та вдосконалити свої рішення;

– *реалізація та оцінка* – завершивши ітерації та вдосконалення, учні можуть перейти до реалізації своїх ідей у практичній діяльності, оцінити результати та дійти висновків про те, що було досягнуто;

Процес дизайн-мислення може сприяти розвитку навичок критичного мислення, творчості, співпраці та ініціативи учнів, стимулює їх емоційну залученість до навчання та надає можливість розвивати навички, які необхідні для успіху в сучасному світі.

Гейміфікація (англ. *gamification*) – це використання елементів і принципів гри в неігрових контекстах, таких, як освіта, із метою залучення та мотивації учнів. В освіті STEM/STEAM-гейміфікацію можна застосовувати для покращення мотивації, підвищення зацікавленості, стимулювання співпраці та розвитку STEAM-компетентностей. Гейміфікацію в STEAM-підході можна використовувати з метою мотивації через залучення до квестів і змагань (як групових, так індивідуальних), використовуючи віртуальне середовище, що дає змогу моделювати критичні ситуації з реального життя.

Створення освітніх *квестів* або *пригод*, де можна розв'язувати загадки, виконувати завдання та отримувати нові знання, призводить до мотивації з

розв'язання простих проблем практичного характеру, що переслідує STEM/STEAM-напрямок. Використання історії або сюжету, які захоплюють учнів та стимулюватимуть їхню активну участь, сприяє до мотивації їх реальної діяльності. Використання таких елементів гри в STEM/STEAM-освіті, як змагання, забавки, рухливі ігри або спортивні турніри, сприяють активному навчанню та фізичному розвитку.

Використання *елементів змагання* стимулює учнів до активної генерації ідей, що реалізується через організацію ігрових турнірів, де учні змагаються між собою за досягнення найкращих результатів у вирішенні завдань

Поєднання *гейміфікації з елементами групової роботи* дає змогу створювати завдання, де учні мають працювати разом, об'єднувати зусилля та співпрацювати для досягнення спільної мети. Наприклад, це може бути вирішення групових завдань, створення проєктів або підтримка один одного в процесі навчання.

Віртуальні середовища або симуляції для навчання STEM/STEAM забезпечують використання віртуальної реальності (VR) або інтерактивних ігор, де учні можуть випробувати практичні навички чи розв'язувати реальні проблеми STEM/STEAM-спрямування.

Використання *гейміфікації для індивідуалізованого навчання* надає дітям можливість вибору напряму, рівня складності або шляхів розвитку STEM/STEAM-спрямування. Це допомагає забезпечити індивідуальний підхід та зберегти мотивацію учнів.

Інтерактивні вебдодатки (наприклад, онлайн-головоломки, кросворди, квести або інтерактивні уроки) допоможуть учням вивчати STEM/STEAM-дисципліни, вирішувати завдання та отримувати миттєвий зворотний зв'язок на основі їхніх відповідей. Мобільні додатки поєднують гейміфікацію, зокрема можуть містити ігри, виклики, квести, навчальні ресурси для індивідуальної роботи та взаємодії в команді.

Використання *технологій розширеної реальності (AR) та віртуальної реальності (VR)* використовуються в STEAM-освіті для створення інтерактивних навчальних середовищ, де учні можуть спостерігати, досліджувати та взаємодіяти з віртуальними об'єктами за сценаріями.

Залучення до *створення власного навчального контенту*, зокрема ігор, відеоуроків, презентацій або історій. Це дає змогу більш поглиблено досліджувати теми чи проблеми STEM/STEAM, розвивати творчі навички та ділитися своїми знаннями з іншими.

Інструменти гейміфікації можуть допомогти залучити до вивчення STEAM-дисциплін, підвищувати мотивацію та зацікавленість, сприяти

активному навчанню та розвитку STEAM-компетентностей. Важливо враховувати потреби та інтереси під час вибору та впровадження таких інструментів у STEAM освіті.

Змішане навчання (Blended Learning) – це підхід до навчання, який поєднує традиційне навчання в класі з використанням технологій і онлайн-ресурсів. Цей підхід може бути дуже ефективним для поліпшення STEM/STEAM-освіти, забезпечення індивідуалізації та розвитку навичок самостійного навчання дітей. Упровадження змішаного навчання, паралельно з реалізацією STEM/STEAM-напрямку в освіті, проходить у декілька кроків:

Постановка цілей передбачає визначення основних цілей і очікуваних результатів, які планується досягти, покращення залученості до STEM/STEAM, збільшення індивідуалізації навчання чи розвиток навичок цифрової грамотності.

Вибір ефективних технологій, засобів передбачає підбір технологій та онлайн-ресурсів, які можна використовувати для реалізації STEM/STEAM-освіти. Це можуть бути вебплатформи для навчання, електронні підручники, відеоуроки, інтерактивні завдання тощо, що обираються відповідно до поставлених навчальних цілей і потреб учнів з урахуванням STEM/STEAM-спрямованості.

Планування занять передбачає розроблення планів занять, які можуть поєднувати традиційні та онлайн-компоненти з орієнтуванням на STEM/STEAM-напрям. Поділ матеріалу для викладення в класі та самостійного вивчення в онлайн-режимі, розподілення часу та ресурсів забезпечується з урахуванням збалансованого підходу.

Створення навчальних матеріалів передбачає пошук або розробку відповідних матеріалів для онлайн-компонента STEM/STEAM-заняття. Це можуть бути відеоуроки, презентації, інтерактивні завдання або електронні підручники, що доступні для учнів і відповідають їхнім потребам та рівню.

Взаємодія та підтримка передбачає забезпечення взаємодії та спілкування між учнями і педагогом під час традиційних занять та в онлайн-середовищі з використанням форумів, електронної пошти, чатів або спеціалізованих платформ

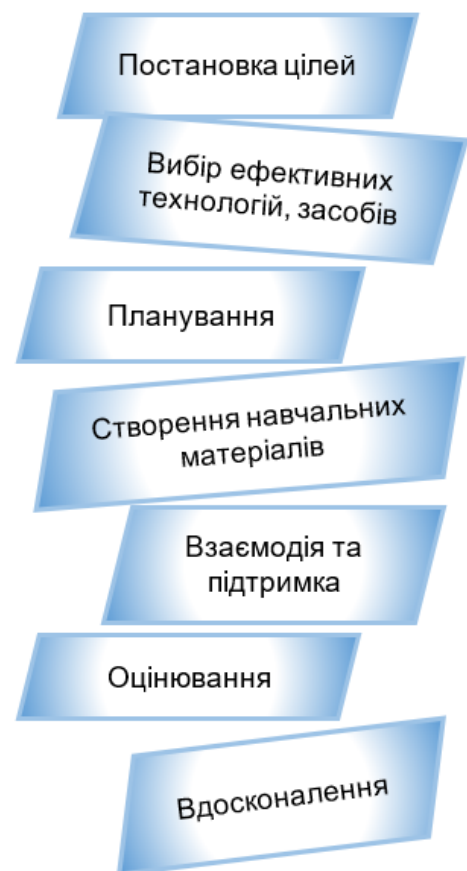


Рис. 3.16. Послідовність реалізації змішаного навчання

для спілкування. *Взаємодія та підтримка* передбачає надання зворотного зв'язку та відповідей на поставлені запитання.

Оцінювання охоплює підбір і використання різних методів оцінювання: онлайн-тести, завдання, рубрики, спостереження тощо. Перспективним для STEM/STEAM-напряму є використання технологій та цифрових інструментів для збору та аналізу даних щодо прогресу учнів та їхнього розуміння матеріалу.

Постійне вдосконалення передбачає здійснення моніторингу результатів, фіксацію відгуків учнів і педагогів щодо використання та реалізації STEM/STEAM-підходу в навчанні.

Важливо пам'ятати, що Blended Learning може бути різним для різних навчальних закладів і STEM/STEAM-предметів, тому важливо враховувати потреби і можливості учнів та адаптувати до реальних потреб обрані підходи до навчання.

Програмування – інструмент для просування *обчислювального мислення*, використовуючи різноманітні ресурси, щоб зробити його привабливою сферою (додатки, роботи, дрони, відеоігри тощо). Програмування має значний потенціал для використання в STEM/STEAM-освіті.

Програмування може бути використане для моделювання наукових процесів та експериментів. Наприклад, можна створити комп'ютерну симуляцію фізичних явищ або моделювати хімічні реакції. Це дає змогу експериментувати з різними параметрами та спостерігати за результатами.

Програмування є основою для розробки технологічних рішень: розробки програмного забезпечення, створення власних мобільних додатків або вебсайтів, програмування мікроконтролерів і роботів, створення віртуальної реальності чи розширеної реальності, що розширює можливості у сфері технологій та інновацій.

Програмування в інженерії є необхідною навичкою для розробки та контролю різних інженерних систем, програмування мікроконтролерів, роботів або автоматизованих систем для вирішення різних інженерних завдань, створення автоматизованих систем управління, розроблення 3D-моделей і друку їх на 3D-принтерах.

У мистецтві програмування може бути використане для творчих проєктів у мистецтві та дизайні, створення інтерактивних мистецьких інсталяцій, генерації мистецтва, анімацію та візуалізацію даних. Програмування допомагає створити нові цифрові форми мистецтва для взаємодії з глядачами.

3D-моделювання та друк дає змогу зробити ідеї реальними, прототипувати та пропонувати рішення. 3D-моделювання та друк є потужними інструментами для застосування в STEM/STEAM.

Використання 3D-моделювання та друку може сприяти вивченню наукових концепцій, допомагати у створенні 3D-моделі молекул, клітин, органів тіла або навіть планетної системи для кращого розуміння структури та взаємодії. Такі моделі можуть бути використані для вивчення біології, хімії, астрономії та інших наукових галузей.

3D-моделювання та друк є центральними елементами розробки технологічних пристроїв, створення 3D-моделей, прототипів, корпусів, з'єднувачів та інших деталей для розробки роботів, дронів, механізмів або електронних пристроїв, що дозволяє проєктувати та будувати функціональні пристрої, розвивати навички інженерії з урахуванням ергономіки та дизайну.

3D-моделювання та друк у мистецьких напрямках надають можливість створювати витвори мистецтва в тривимірному форматі, створювати скульптури, дизайнерські вироби, маски, прикраси та інші твори, що дозволяє розширити творчі можливості та втілити свої ідеї в реальному просторі.

Важливо надати можливість учням творчо досліджувати, проєктувати та моделювати, що дозволяє розвивати креативність, просторове мислення, навички вирішення проблем, а також сприяє їхньому загальному розвитку.

Віртуальну реальність (VR) і доповнену реальність (AR) використовують для розширення меж кімнати та мотивації допитливості. Використання VR та AR може бути дуже корисним для підтримки STEM/STEAM-освіти та дослідницької роботи.

VR та AR можуть надати імерсивні дослідницькі середовища для вивчення наукових концепцій. Наприклад, для вивчення астрономії учні можуть використовувати VR, досліджуючи у віртуальному середовищі космос та планети. AR може допомогти учням вивчати біологію, розміщуючи віртуальні моделі клітин або тварин у реальному світі для кращого розуміння їх структури та функцій.

Інженерне середовище використовує VR та AR для проєктування та тестування різних інженерних конструкцій, створення віртуальних прототипів та перевірки їх у віртуальних середовищах, що дає змогу економити час та ресурси. AR може допомогти візуалізувати та взаємодіяти зі складними інженерними моделями в реальному світі.

VR та AR допомагають учням творити та взаємодіяти з творами мистецтва інноваційними способами, створювати віртуальні музеї, виставки та інтерактивні ігри, де користувачі можуть досліджувати та взаємодіяти зі створеними творами мистецтва.

Інтернет речей (IoT) використовують для того, щоб відчуті нові форми взаємозв'язку між об'єктами та обробкою зібраних по них даних. Використання IoT у STEM/STEAM може відкрити багато можливостей для навчання та дослідницької роботи.

IoT може допомогти збирати дані з різних датчиків і пристроїв під час проведення наукових досліджень. Наприклад, можна встановити датчики температури, вологості або рівня CO₂ на різних об'єктах та аналізувати зібрані дані для вивчення кліматичних змін або екологічних показників, або ж створювати власні датчики та вимірювальні прилади, використовуючи мікроконтролери.

IoT може бути використаний для розробки та взаємодії зі смарт-пристроями та системами для створення проєктів, де вони змінюють та програмують роботів, домашні автоматизовані системи або інші IoT-пристрої. З'являється можливість використовувати сенсори, актуатори та мережеві з'єднання для створення інтерактивних пристроїв і систем.

Відповідно, IoT може допомогти проєктувати та створювати розумні пристрої та системи, розробляти інтернет-зв'язані пристрої, які взаємодіють з оточуючим середовищем (наприклад, створювати системи «розумного будинку», де вони контролюють освітлення, опалення або безпеку за допомогою IoT-пристроїв і додатків).

IoT може бути використаний для створення інтерактивних і візуальних мистецьких проєктів, музичних інструментів або мистецьких інсталяції, які реагують на звук, рух або інші параметри за допомогою IoT-сенсорів та актуаторів. IoT також використовується для створення інтерактивних мистецьких додатків або виставок.

Оповідка (сторітелінг) – розповідь, яка містить елементи творчості, ґрунтується на власному досвіді та уяві. Її основою є створення власних образів, ситуацій або опис дій. Сторітелінг допомагає вчитися мислити, висловлювати власні думки, створювати висловлювання, ставити доречні запитання і давати на них відповіді, використовуючи твердження, аргументи, приклади для формулювання висновків.

Використання сторітелінгу в STEM/STEAM може бути цікавим та ефективним способом залучення учнів до навчання та розвитку їх творчих і проблемно-орієнтованих навичок.

Запровадження історій у проєкти може слугувати основою для розробки та виконання STEM/STEAM-проєктів, що надає можливість: створювати історії, які відображають реальні проблеми або виклики, що потребують розв'язання; розробляти та будувати проєкти, які відтворюють ці історії, використовуючи

технології, наукові принципи та інженерні рішення. Наприклад, учні можуть створювати роботів або інтерактивні інсталяції, які проілюструють події з історії чи розповідають про наукові концепції. Персонажі та сюжети використовують у STEM/STEAM-сторітелінгу для реалізації поставлених завдань або перевірки гіпотез у штучно створених умовах. Вони можуть розглядати наукові чи технологічні проблеми крізь призму персонажів. Створення ілюстрацій, коміксів або мультимедійних презентацій, які розповідають історії та допомагають візуалізувати наукові або технологічні концепції, надає можливість об'єктивно оцінити власні ідеї.

Сторітелінг можна поєднати з використанням технологій, щоб розширити історії та зробити їх більш інтерактивними з використанням віртуальної чи доповненої реальності, щоб підкреслити аспекти історії або перенести глядачів у віртуальне середовище, де вони можуть взаємодіяти з персонажами та об'єктами.

Акторська гра надає можливість спробувати себе в різних ролях (науковців, інженерів, винахідників та ін.), виконуючи діяльність та демонструючи власні досягнення. Сприяє розвитку спеціальних здібностей необхідних для реалізації в професії та вдосконалення комунікативних якостей для представлення себе в обраній ролі.

Акторська гра може бути цікавим та ефективним інструментом для використання в STEM/STEAM-освіті, що дає змогу приміряти на себе роль фантастичних персонажів, розв'язувати проблеми та виконувати завдання в ігровому середовищі, яке відображає наукові, технологічні або інженерні концепції.

Контекстуалізація навчального матеріалу через акторську гру допомагає усвідомити значення та застосування навчального матеріалу, втілення в персонажів, що працюють у вигаданій науковій лабораторії чи технологічній компанії, де вони використовують свої знання та навички STEAM для розв'язання проблем і виконання завдань. Це дозволяє учням побачити як їхні знання можуть бути застосовані на практиці і в якому контексті вони мають практичне значення.

Стимулювання творчості та інновацій через залучення до рольових ігор надихає на творчість та інноваційні думки щодо розробки нових технологій, винаходів або наукових теорій, щоб розв'язати проблеми у вигаданому світі. Наприклад, приміряння на себе ролі винахідника, який має створити нову екологічно чисту енергетичну систему для своєї вигаданої країни. Це спонукає учнів думати креативно і розвивати навички проблемного мислення.

Використання акторської гри в STEM/STEAM-освіті має бути добре організовано та збалансовано. Важливо забезпечити належний взаємозв'язок між грою та навчальною метою, а також стежити за активністю та участю учнів під час гри.

Експериментальна діяльність – комплекс дослідів, об'єднаних однією системою їх постановки, взаємозв'язком результатів і способом їх обробки.

Експерименти є важливим компонентом STEM/STEAM-освіти, оскільки стимулюють дослідницький підхід до навчання та реалізації наукових, технологічних, інженерних та математичних концепцій. Використання експериментів у STEAM може допомогти учням зрозуміти та застосувати теоретичні знання, розвивати навички спостереження, аналізу та проблемного мислення.

Проведення практичних досліджень дає змогу наочно побачити та перевірити наукові закономірності. Навіть простий експеримент дає можливість встановити залежність між різними факторами впливу на об'єкт дослідження.

Експерименти можуть бути використані для розв'язання реальних проблем у контексті STEM/STEAM. Наприклад, дослідження енергоефективності побутових приладів і розроблення способів її покращення шляхом спостережень та експериментів. Різноманітні сенсори, датчики для збору даних, мікроконтролери, а також віртуальні симуляції ефективно забезпечують реалізацію ідей експериментальних досліджень.

Використання експериментів у STEM/STEAM-освіті може допомогти учням зрозуміти та застосувати знання природничих дисциплін, технології, інженерії та математики в практичних ситуаціях.

Дослідницьке навчання є невіддільною складовою STEM/STEAM-освіти, що дозволяє учням не просто пасивно отримувати знання, а активно їх здобувати, досліджуючи, експериментуючи та розв'язуючи реальні проблеми. Учні отримують можливість відчувати себе науковцями, інженерами, винахідниками і творцями.

Причому вчитель виступає як фасилітатор, який підтримує та направляє учнів у їхньому власному дослідженні, допомагає у формулюванні проблеми, плануванні експериментів, аналізі результатів та набутті необхідних для цього навичок.

Загалом дослідницький підхід до навчання в STEM/STEAM базується на етапах дослідницького методу (рис. 3.17) та реалізується за наступним планом:

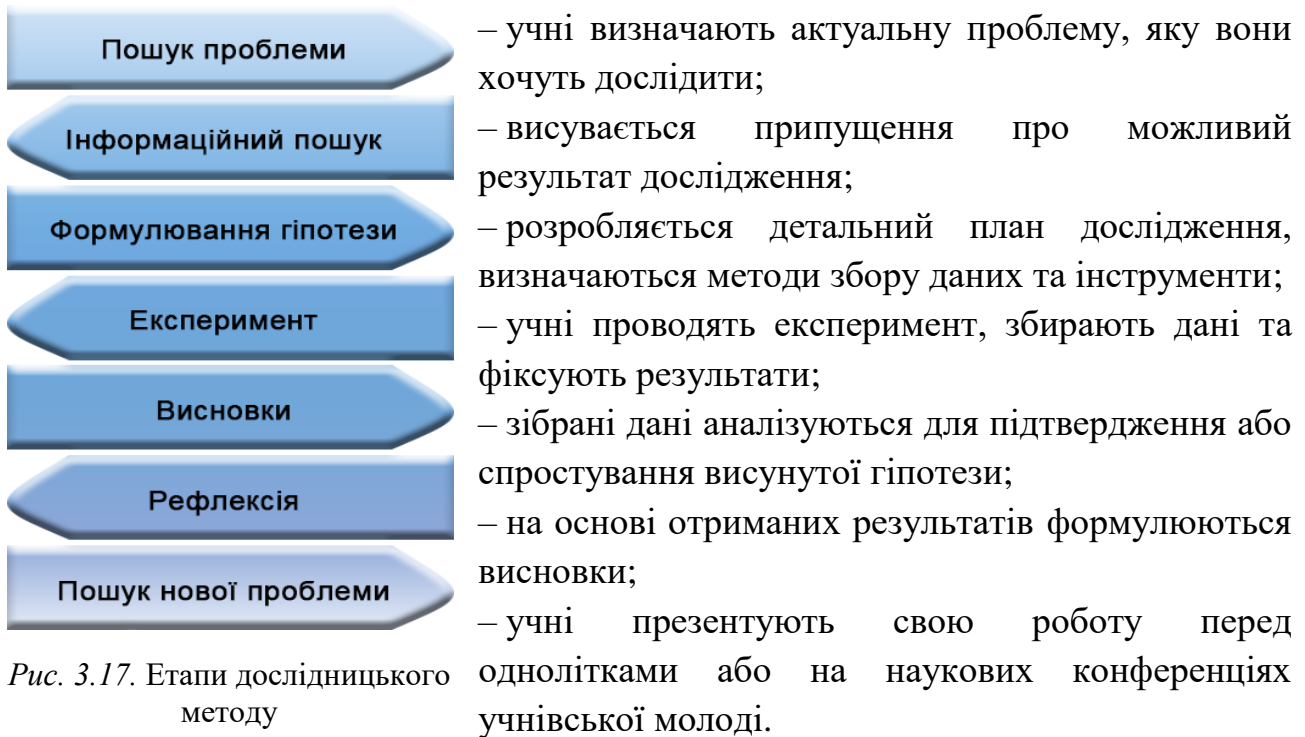


Рис. 3.17. Етапи дослідницького методу

Інженерний метод є важливим компонентом STEM/STEAM-освіти, що поєднує наукові, технологічні, інженерні та математичні аспекти для розв’язання проблем і розробки нових ідей. У STEM/STEAM інженерний метод використовують для стимулювання творчого мислення, розвитку навичок розв’язання проблеми, сприяння співпраці та практичного застосування знань. Основні кроки інженерного методу (рис. 3.18) в STEAM охоплюють:

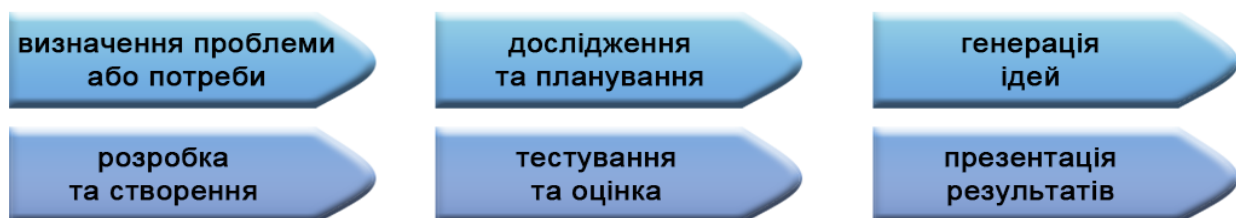


Рис. 3.18. Етапи інженерного методу

– *визначення проблеми або потреби*: виявлення реальної проблеми або потреби;

– *дослідження та планування*: дослідження проблеми або потреби, збір інформації та аналіз уже наявних рішень або технологій, створення плану дій, критеріїв успіху та розробка стратегії розв’язання проблем;

– *генерація ідей*: продукування різних ідей і шляхів їх розв’язання за допомогою використання методів мозкового штурму, мапи думок чи інших;

– *розробка та створення*: розробка та створення власного рішення проблеми з використанням матеріалів та інструментів для створення прототипу або функціонального продукту;

– *тестування та оцінка*: тестування створених моделей, експериментальна перевірка, щоб переконатися, що робота відповідає поданим критеріям, оцінювання ефективності рішення та внесення змін, необхідних для покращення;

– *презентація результатів*: представлення підходів і результатів роботи у формі презентацій, демонстраційних проєктів, звітів тощо, які можна представити та пояснити свій творчий задум.

Науковий метод – важлива складова частина STEM/STEAM-навчання, його використання сприяє розвитку наукового мислення, дослідницьких навичок та критичного аналізу. Головні етапи наукового методу в STEM/STEAM охоплюють такі кроки:

– *спостереження та постановка запитання*: спостереження за навколишнім світом і виявлення цікавих явищ або проблем, постановка запитань, що дозволяють розпочати науковий дослід або експеримент;

– *планування та створення гіпотези*: розроблення плану дослідження або експерименту та формулювання гіпотези – припущення про можливу відповідь на поставлене запитання. Гіпотеза має бути перевірена та базована на наукових знаннях;

– *збір даних*: збирають необхідні дані через спостереження, вимірювання або експерименти. Вони використовують наукові методи та інструменти для отримання об'єктивних даних, які можуть бути використані для аналізу та висновків;

– *аналіз даних*: учні аналізують зібрані дані, використовуючи наукові методи статистики, графіки, діаграми або інші засоби. Вони шукають закономірності, тенденції та зв'язки у даних, щоб зробити наукові висновки;

– *висновок*: на основі аналізу даних учні доходять висновків, що відповідають на поставлене запитання та перевіряють гіпотезу. Вони роблять узагальнення результатів свого дослідження та формулюють наукові висновки;

– *перевірка та повторення*: науковий метод у STEM/STEAM підтримує цикл перевірки та повторення. Учні перевіряють свої висновки та гіпотези, проводячи додаткові експерименти або дослідження. Це дозволяє їм підтвердити свої результати та переконатися в їхній достовірності;

– *презентація результатів*: учні діляться науковими результатами, презентують висновки, викладають результати у формі тез або статей.

Науковий метод у STEM/STEAM надає учням можливість розв'язувати реальні проблеми, робити відкриття та розкривати нові можливості в наукових, технологічних, інженерних та мистецьких сферах.

STEM/STEAM-освіта постійно розвивається, пропонуючи дедалі більше інноваційних підходів. Новітні методи STEM/STEAM дозволяють створити більш інтерактивне, цікаве та ефективне навчальне середовище. Вони допомагають учням розвивати не лише академічні знання, а й важливі навички для успішного життя в сучасному світі. Зазначимо деякі методи, які поступово входять до педагогічної практики вчителів STEM/STEAM (рис. 3.19).



Рис. 3.19. Додатковий перелік інноваційних методів STEM/STEAM-освіти

Запитання і завдання:

1. Запропонуйте методи, які будуть ефективними у впровадженні STEM/STEAM-освіти у Вашому закладі. Обґрунтуйте Ваш вибір.
2. Оберіть один із методів та запропонуйте алгоритм його використання для STEM/STEAM-навчання.
3. Оберіть тему, форму роботи та підберіть, із зазначених в параграфі, методи STEM/STEAM-навчання, які дозволять ефективно подати матеріал обраної теми.

3.6. Поетапна модель предметної інтеграції мистецтва і STEAM

Інтеграція мистецтва – це підхід до навчання, що ґрунтується на міжпредметній інтеграції, де мистецтво є важливою частиною широкої та збалансованої програми, адже робить особливий внесок у навчальну програму, спирається на природну допитливість учнів, їхній інтерес до дослідження, творчості, тобто вносить креативний і гуманізуючий чинники в предметні галузі STEM. Цей підхід може забезпечити залучення кожного учня/учениці до освітнього процесу, сприяти усуненню бар'єрів навчальної взаємодії, впливати

на мотивацію учнів і реалізацію творчого потенціалу всіх учасників освітнього процесу. Мистецтво є засобом впливу як на інтелектуальну, соціальну, так і духовну сфери учнів. Це може бути фактором розв'язання багатьох проблем в освіті. Розроблена нами модель стосується поступового впровадження мистецьких практик, інтегрованих зі STEAM для різних рівнів освіти, у різних умовах і форматах, для різних завдань, які постають перед вчителем під час організації навчального процесу. У процесі розроблення моделі були використані деякі ідеї з Моделі «Карта наступності», CONTINUUM CARD запропонована Інститутом інтеграції мистецтв і STEAM, США ([The Institute for Arts Integration and STEAM](#)).

Модель показує як інтегрувати мистецтво з іншими навчальними предметами з акцентом на самому процесі інтеграції. Вона складається із семи компонентів (рис. 3.20), які можна розглядати комплексно як поступовий процес розбудови STEAM-освіти в навчальному закладі, так і як окремі компоненти, які обирає вчитель/вчителька для вирішення певних педагогічних задач. Кожен/кожна може обрати і запланувати будь-яку модель інтеграції мистецтва на різних етапах навчання залежно від потреби і поставленої мети. Загалом модель спрямована на співпрацю між вчителями та адміністрацією закладу освіти для реалізації освітніх ідей STEAM. Також вона окреслює можливість виходу за межі класу, школи, залучення фахівців, колаборації з різними установами ззовні, які можуть сприяти інтеграційним процесам мистецтва і STEAM.

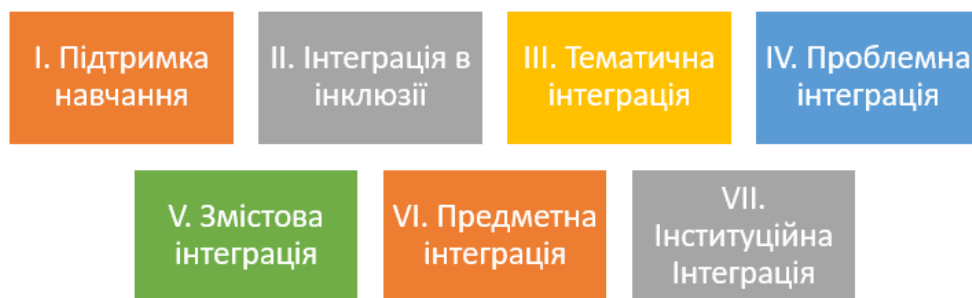


Рис. 3.20. Поетапна модель інтеграції мистецтва і STEAM

I блок. *Інтеграція підтримки* стосується кожного предмета окремо, коли елементи мистецтва, мистецькі практики використовуються для покращення сприйняття, розуміння, запам'ятовування, застосування, поглиблення та презентації знань, а також як засіб стимулювання уяви, асоціативного, креативного, критичного мислення тощо. Базові предмети: один зі S, T, E, M + Art. *Основний фокус цієї інтеграції:* підтримка навчання, формування предметних компетентностей, забезпечення результативності.

II блок. *Інтеграція в інклюзії* є різновидом підходу реалізованому в першому блоці *підтримки*. STEAM-підхід до навчання, завдяки інтеграції базових предметів STEM з різними видами мистецтва, допомагає включити учнів з особливими потребами в активний освітній процес, розв'язувати проблеми доступності знань, регулювання емоційного стану, реалізації індивідуального підходу до навчання й набуття необхідного навчального досвіду. Базовим може бути кожен із предметів S, T, E, M + Art як педагогічний інструмент, а також і самі мистецькі дисципліни, які за певних умов можуть охоплювати програмні компоненти предметів S, T, E, M. *Основний фокус:* формування і розвиток навичок учнів з особливими освітніми потребами в комфортних, підтримувальних умовах.

III блок. *Тематична інтеграція* стосується двох і більше предметів STEAM, один із яких стосується мистецької галузі. Для цього обираються споріднені поняття, явища, ефекти тощо, які об'єднують різні предмети і допомагають покращити чи поглибити розуміння означеної теми, заради якої відбувається інтеграція. Причому завдання не торкаються головного змісту програми, а стосуються лише обраної теми. *Базові предмети:* один або декілька зі S, T, E, M + Art. *Основний фокус тематичної інтеграції:* підтримка і поглиблення навчання, формування широкого кола компетентностей, зокрема уміння виходити за межі окремого предмета, забезпечення результативності вивчення окремої теми тощо.

IV блок. *Проблемна інтеграція* стосується змісту декількох предметів, який торкається різнобічного дослідження однієї навчальної проблеми, коли існує можливість її представлення або розв'язання, зокрема і засобами мистецтва. Навчальну проблему обирає вчитель-предметник (можливо і спільно з колегами, які долучаються до співпраці) та узгоджує її з вчителем мистецтва. Обрана проблема може стосуватися наскрізних тем, визначених в освітньому стандарті, задач сталого розвитку тощо. Для реалізації цього варіанту інтеграції існує багато способів організації уроку/заняття, залежно від розкладу, гнучкості можливостей створення умов для проведення занять у закладі освіти та зацікавленості колег. Зазвичай відбувається спільне обговорення і планування вчителем програмових та організаційних моментів з учителями мистецтва, можлива і деяка співпраця вчителів на самому уроці/занятті. *Базові предмети:* один або декілька зі S, T, E, M + Art. *Основний фокус тематичної інтеграції:* формування міжпредметних компетентностей, відпрацювання навичок розв'язання міждисциплінарної навчальної проблеми.

V блок. *Проектна інтеграція* стосується спільної підготовки та проведення міждисциплінарного проєкту вчителями предметниками і мистецтва

на умовах рівної участі з урахуванням програми та стандартів кожного з предметів S, T, E, A, M, які інтегруються між собою. Оцінювання учнів проводиться з кожного предмета окремо з урахуванням відповідних вимог. Існує також багато варіантів реалізації цього етапу залежно від обраної тематики і планованих результатів міждисциплінарного проєкту, його рівня, тривалості, кількості учасників тощо. Навчальний процес може відбуватися роздільно в профільних кабінетах, або в одній класній кімнаті з різними вчителями, які об'єднуються для реалізації свого задуму. Можливий дистанційний або змішаний формат виконання проєкту. Для організації відповідного варіанту інтеграції спочатку з'ясовується мета міждисциплінарного проєкту (яку роль може відіграти мистецька складова), формулюються завдання, які узгоджуються зі змістом програми кожного з предметів. *Базові предмети:* два і більше зі S, T, E, A, M + Art (обов'язково!). *Основний фокус тематичної інтеграції:* формування міжпредметних компетентностей, відпрацювання навичок спільного розв'язання міждисциплінарної навчальної проблеми, стимулювання інтересу до предметних галузей STEAM, мотивації до поглибленого вивчення STEAM. Планування та оцінювання навчальної діяльності відбувається незалежно з кожного предмета за стандартами предметних галузей міждисциплінарного проєкту.

VI блок. *Предметна інтеграція* – це спільна підготовка уроку/заняття/заходу вчителями різних предметів з обов'язковим долученням мистецтва, що базується на стандартах кожної предметної галузі. Цей варіант інтеграції пропонують за умови, коли учні вже освоїли програмний матеріал, із метою застосування предметних знань, щоб збагатити досвід навчання в міждисциплінарному контексті. Під час планування такого варіанту інтеграції визначається загальна мета, плануються освітні результати, формулюються завдання, узгоджуються предметні стандарти та підходи до оцінювання кожної з інтегрованих дисциплін на рівноправній основі, розробляються шляхи досягнення планованих результатів, розробляються дидактичні матеріали та рубрики з показниками досягнень і критеріями оцінювання. *Базові предмети:* два і більше зі S, T, E, A, M + Art (обов'язково!) *Основний фокус тематичної інтеграції:* демонстрація знань, набутих умінь і навичок, ціннісного ставлення до природничих наук, математики, технологій, технічної творчості і мистецтва, формування досвіду міждисциплінарного навчання, мотивації до поглибленого вивчення предметів STEAM. На цьому рівні може бути реалізовано трансдисциплінарний проєкт, який розгортається навколо певної «великої» соціальної або технологічної проблеми і має закінчитися пропозицією та представленням деякого реального прототипу щодо її вирішення.

VII блок. *Інституційна інтеграція* – організація навчального процесу (уроку, заняття, заходу, проєкту, курсу за вибором тощо) спільно з фахівцями іншої освітньої (заклад позашкільної освіти, університет, науковий центр, лабораторія тощо), або культурологічної установи (бібліотека, музей, театр, виставка тощо) та ін., можливо із залученням фахівців, а також батьків, які є прихильниками мистецтва і можуть ділитися своїм досвідом, мистецькими стратегіями і техніками. Окрім навчальних та інформаційно-мотиваційних заходів, за партнерської участі може також бути створена програма спецкурсів для профільного навчання мистецького, дизайнерського чи іншого напрямку STEAM. Також може бути реалізований трансдисциплінарний проєкт за умови зовнішньої фахової підтримки.

Поетапна модель предметної інтеграції мистецтва і STEAM демонструє різні методи навчання STEAM. Вона передбачає велику кількість варіантів практичної реалізації інтегративних підходів для досягнення цілей навчання, реалізацію багатьох відомих та інноваційних методів навчання.

Запитання і завдання:

1. Запропонуйте приклади практичної реалізації кожного з етапів моделі поетапної інтеграції мистецтва з іншими навчальними предметами
2. Який, на Вашу думку спецкурс STEAM-освіти для профільного навчання можна розробити в умовах Вашого освітнього закладу?

3.7. Оцінювання навчальних STEM/STEAM-проєктів

Ознакою STEM/STEAM-проєктів є детальна розробка досліджуваної проблеми, спираючись на різні галузі знань, яка закінчується конкретним практичним результатом із можливим соціальним і дизайнерським рішенням. Спостереження за перебігом навчального проєкту надає унікальну можливість вчителю оцінити те, як саме розгортається діяльність учнів, їхня залученість, взаємодія, становлення їх академічних і лідерських компетентностей. Як відомо, на результати навчання та рівень залученості учнів можуть вплинути обрані вчителем (ментором, фасилітатором проєкту) стратегії, види та форми оцінювання, які використовуються на різних етапах розробки проєкту. Оцінюючи роботу учнів, можна фіксувати та моніторити прогрес у навчанні. Маючи дані про рівень навичок учнів, здійснюється корекція роботи над проєктом з метою отримання запланованих результатів.

До оцінювання можна підходити по-різному.

Формувальне оцінювання – це цілеспрямований неперервний процес спостереження за навчанням учнів, воно є необхідною умовою під час виконання оцінювання STEM/STEAM-проектів.

Підсумкове оцінювання спрямоване на перевірку знань, набутих навичок на завершальному етапі певного навчального періоду, зокрема STEM/STEAM-курсу чи STEM/STEAM-проекту. Підсумкове оцінювання можна використовувати в поєднанні та узгодженні з формувальним оцінюванням, базуючись на компетентнісному підході.

Важливо, щоб практика оцінювання результатів навчальних STEM/STEAM-проектів враховувала й навчальний поступ, що демонструє вміння знаходити та застосовувати інформацію, використання творчого підходу до виконання проекту, навички демонстрації і презентації результатів тощо. У такому контексті рекомендують звернути увагу на *автентичне оцінювання*, яке є альтернативою традиційним методам оцінювання.

Автентичне оцінювання – це вид оцінювання, який насамперед застосовується в практико-орієнтованій діяльності та передбачає оцінювання сформованості вмінь і навичок особистості в умовах ситуації, що максимально наближена до реального життя – повсякденного чи професійного. Такий підхід дасть учням змогу стати більш самостійними.

За визначенням Дж. Мюллера, автентичне оцінювання – це форма оцінювання, відповідно до якої учнів просять виконати пов'язані з реальним життям завдання, щоб продемонструвати застосування основних знань навчального змісту та затребуваних навичок.³⁵ Висловлені учнями думки є невіддільною частиною автентичного оцінювання.

Автентичне оцінювання як форма оцінювання особистих досягнень здійснюється на постійній основі, безпосередньо в самому процесі діяльності. Воно рівнозначне терміну «оцінка реальних досягнень учня» і допомагає представити учню/учениці весь комплекс набутих компетенцій – знань, навичок, ставлень запланованих інтегрованою програмою STEM/STEAM. При цьому учень/учениця займає активну позицію до власного навчання, його/її залученість поступово переходить від «зовнішніх» стимулів до навчання у «внутрішню» мотивацію – «я хочу вчитися, мені це цікаво», а це і є одним із найважливіших завдань трансформації сучасної освіти, зокрема STEM/STEAM-освіти. Зворотний зв'язок за автентичного підходу до оцінювання дає змогу

³⁵ Jon Mueller. The Authentic Assessment Toolbox: Enhancing Student Learning through Online Faculty Development. URL: https://www.researchgate.net/publication/228649683_The_Authentic_Assessment_Toolbox_Enhancing_Student_Learning_through_Online_Faculty_Development.

«підлаштувати» навчальний план, програмовий матеріал під потреби та можливості учнів, виходячи на рівень індивідуалізації навчання.

Головною метою автентичного оцінювання є спостереження за поступом учня/учениці й визначення рівня досягнень під час індивідуальної та командної роботи у STEM/STEAM-проєктах.

Автентичне оцінювання використовує численні прийоми, методи підтримки і ґрунтовний підхід до планування навчання. Учителю спостерігає за навчальною діяльністю учнів, виконанням ними практичних, творчих завдань, участю у дискусії, дебатах, оформленні робочих аркушів, лепбуків, портфоліо, результатами самооцінювання, а також збирає інформацію, щоб оцінити прогрес. Важливим є використання допоміжних інструментів самооцінювання: *листка самооцінки, чек-листа, рубрики оцінювання* тощо (рис. 3.21).



Рис. 3.21. Особливості автентичного оцінювання

За автентичного підходу до оцінювання увагу також приділяють оцінці міжособистісних навичок. Міжособистісні навички, зокрема колаборації, взаємодії допомагають розбудовувати продуктивні взаємини з іншими.

Які переваги автентичного навчання?



Рис. 3.22. Переваги автентичного оцінювання

Автентичну оцінку розробляють орієнтуючись на критерії, а не на загальні норми оцінювання, тому що вона передбачає безпосереднє оцінювання процесу особистісного розвитку суб'єктів навчання, призначене для покращення успішності, оскільки надає корисну діагностичну інформацію про наявні навички і знання (рис. 3.22).

Інструменти оцінювання за критеріями та рубриками

Один з інструментів, який пропонують зарубіжні дослідники (Даніель Герро та ін.) для оцінювання ефективності проектної діяльності учнів, охоплює п'ять критеріїв: *взаємодія з однолітками, позитивне налаштування, допитливість, дослідницька позиція, міждисциплінарні навички*.

1. *Взаємодія з однолітками* – активна комунікація в процесі пошукової діяльності, прийняття розподілених ролей між членами групи та позиції кожного.

2. *Позитивне налаштування* – повага до ідей інших, використання соціально відповідної мови та поведінки, вміння слухати інших.

3. *Допитливість* – продукування відповідних запитань у процесі роботи з інформацією та аналізу даних.

4. *Дослідницька позиція* – обмін думками, використання методів досліджень, пошукових і дослідницьких інструментів.

5. *Міждисциплінарні навички* – обговорення завдань з позицій різних галузей знань, підхід до проблеми та її розв'язання шляхом включення ідей з різних дисциплін.³⁶

Іншим інструментом є оцінювання на основі *рубрик*.

Рубрика – це інструмент автентичного оцінювання та самооцінювання, що визначає вимоги до результатів виконання певного завдання чи до самого процесу його виконання, а, можливо, і до якостей учнів, які проявляються в процесі діяльності. Рубрика демонструє учням як саме виглядає результат, якості, які необхідно проявити та навички, які необхідно набути. Вимоги прописуються поряд із критеріями за визначеними рівнями оцінювання чи балами. Рубрика з опису вимог до виконання й оцінювання конкретного практичного завдання розробляється одночасно з цим завданням, або обирається під нього з уже наявних розробок (рис. 3.23).

³⁶ Danielle Herro, Cassie Quigley, Jessica Andrews & Girlie Delacruz Co-Measure: developing an assessment for student collaboration in STEAM activities. International Journal of STEM Education. 2017. 4, Art. 26. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0094-z>.

Завдання автентичного оцінювання залучають учнів до реальної практичної навчальної діяльності та тісно пов'язані з планованими результатами навчання. Інформація, яку надають результати автентичного оцінювання, розкриває сильні та слабкі сторони навчальних досягнень учнів і допомагає педагогам у подальшому плануванні освітнього процесу. Розробляючи завдання для автентичного оцінювання, вчителі мають врахувати такі фактори: фокус завдання, контекст завдання, вказівки для учнів і рубрику оцінювання (рис. 3.24).



Рис. 3.23. Автентичний інструмент оцінювання

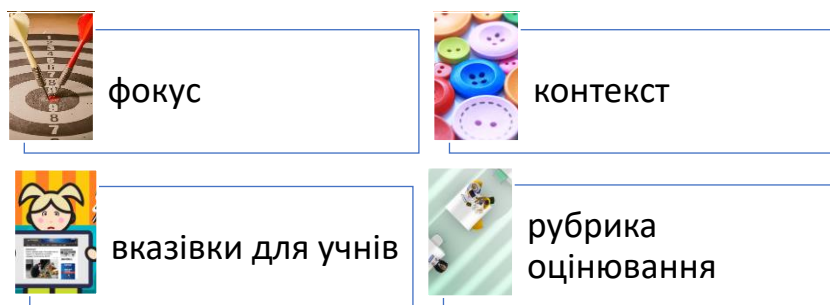


Рис. 3.24. Складові завдання для автентичного оцінювання

- Фокус завдання спрямований на отримання результатів навчання.
- Контекст має містити запитання, що тісно пов'язані з планованими результатами відповідно до програми.
- Учням варто надати інструктивні матеріали, які допомагають впоратися з непростим завданням, описують порядок виконання роботи чи продукт, який вони мають отримати, надають пояснення.
- Рубрика оцінювання з визначеними рівнями навчальних досягнень і чіткими критеріями до кожного з них, спрямовує учнів на свідому результативність під час виконання кожного із завдань.

Рубрику можна створювати як для оцінювання особистого поступу кожного учня/учениці, так і для оцінки командної роботи. Розробляючи матеріали для автентичного оцінювання, необхідно визначити, на що саме воно буде спрямоване та що необхідно для його виконання, тобто визначити:

– Чи бажаєте ви оцінити знання або навички їх застосування в нових ситуаціях (або те й інше)?

- Чи бажаєте ви оцінити продукт навчальної діяльності або сам процес його створення (чи і те, і інше)?

- Чи бажаєте ви оцінити навчальні навички: письмо, читання, розмовні навички, навички роботи з інформацією, використання інформаційних технологій, навички комунікації та колаборації тощо?

- Чи важливо оцінити вміння учнів працювати в команді?

- Які ключові навички STEM/STEAM будуть потрібні для розв'язання обраної проблеми?

- Скільки часу має тривати виконання цього завдання/проєкту?

- Чи існує певна послідовність виконання завдань у проєкті?

Критерії оцінювання повідомляються учням перед початком роботи над проєктом. Це допомагає керувати проєктом і сприяти досягненню найкращого результату.³⁷

Під час розроблення STEAM/STEAM-уроків/занять важливо врахувати, що при виконанні завдань на розвиток креативності, застосування нестандартного мислення, надання вузько структурованої рубрики може бути контрпродуктивним і пригнічувати прояв творчих якостей. У таких випадках рубрика має бути такою, щоб сприяти творчому мисленню.³⁸

Зворотний зв'язок, наданий учням після оцінювання, дає змогу вчитися на помилках. Навчитися зазнавати невдач із позиції «через невдачу до успіху» – це життєво важлива навичка для будь-якої сфери діяльності. Саме на цьому наголошував Ману Капур (Manu Kapur) – керівник лабораторії дослідження освітніх процесів у Національному інституті освіти Сінгапуру, який розробив метод навчання під назвою «продуктивна невдача». Невдача може бути найкращим учителем учня/учениці, але лише за умови, що педагоги знають, як цим скористатися. Згідно з цим методом учні мають декілька самостійних спроб щодо вирішення завдання – і тільки після цього вони ознайомлюються з варіантом правильного рішення. Напружена боротьба активізує ділянки мозку, відповідальні за глибоке засвоєння матеріалу, тому учні врешті краще його пам'ятають і застосовують. До того ж, під час пошуку рішення вони мають з'ясувати три речі: що вони знають, чого не знають, чого їм бракує для отримання рішення. Згодом ці навички допомагають розв'язувати інші задачі, а також знаходити вихід зі складних життєвих ситуацій.³⁹

³⁷ Jeff Todd. How to Create Rubrics That Will Enhance STEAM Projects in the Math Classroom. URL: <https://www.sadlier.com/school/sadlier-math-blog/how-to-create-rubrics-that-will-enhance-steam-projects-in-the-math-classroom>.

³⁸ Bob Sullo. Rubrics, Self-Evaluation and Creativity. URL: <https://funderstanding.com/gurus/rubrics-self-evaluation-and-theory/>.

³⁹ About Manu Kapur. URL: <https://www.manukapur.com/>.

Продуктивна невдача – це метод навчання, що спонукає самостійно долати труднощі; розуміти проблеми, власні «слабкі місця»; приймати інноваційні рішення; розв’язувати завдання шляхом випробувань, спостережень; проведення самоаналізу, роботи над помилками; додання страху поразки; відпрацювання стратегії досягнення результатів.⁴⁰ Цей підхід є особливо важливим для успішного виконання STEM/STEAM-завдань або проєктів, коли можуть виникати різноманітні труднощі та перешкоди. Набуті учнями навички продуктивного досягнення мети знайдуть своє застосування в їхньому шкільному та подальшому житті.

Таким чином, автентичне оцінювання може бути корисним не лише як спостереження за поступом учнів у STEM/STEAM-діяльності щодо застосування знань, навичок до нових ситуацій, творчого інтегрування, а й потужна сила для сприяння особистісному зростанню учнів, розвитку, ідентичності, впевненості та власної гідності.

Запитання і завдання:

1. Обґрунтуйте загальну характеристику сучасних підходів до оцінювання навчальних досягнень учнів у STEM/STEAM-навчанні?
2. Які, на Вашу думку, переваги і недоліки автентичного оцінювання?
3. Запропонуйте критерії та створіть рубрику для оцінювання командної роботи над обраним STEM/STEAM-проєктом.

Шановні освітяни, усі хто долучився чи планує долучитись до захопливої подорожі у світ знань та відкриттів, яку передбачає практика STEM/STEAM-освіти, сподіваємось, що наш посібник розширить уявлення про інноваційні інтегровані підходи та їхнє значення для сучасної освіти, допоможе поповнити методичний арсенал активних форм і методів, стане основою для обговорення та спільного розроблення навчальних програм та проєктів STEM/STEAM, щоб забезпечити учнів якісною сучасною освітою, підготувати їх до викликів динамічного світу.

⁴⁰ Як учні отримують користь від продуктивної невдачі в STEAM. URL: <https://tinkrworks.com/?s=how+students+benefit+from+productiv+failure+in+steam>.

ДОДАТКИ

Додаток А




Шляхи становлення STEAM освіти в США та інших країнах

Організація	Результати діяльності
1993 рік	
Американська асоціація сприяння розвитку науки (American Association for the Advancement of Science)	Визначено базовий рівень природничо-наукових знань, умінь і навичок (Benchmarks for Science Literacy)
1996 рік	
Національна комісія з викладання і майбутнього Америки (National Commission on Teaching and America's Future)	Оприлюднено звіт «What Matters Most: Teaching for America's Future» з висновками про володіння учнями основами наукових знань
Національний науковий фонд (National Science Foundation)	Розроблено стандарти середньої природничо-наукової освіти (National Science Education Standards), які прийняті багатьма штатами за основу шкільної програми
2009 рік	
Сенат Сполучених Штатів Америки (In The Senate Of The United States)	Закон «Про координацію дій в області STEM-освіти» (STEM Education Coordination Act of 2009)
2011 рік	
Національна дослідницька рада (National Research Council)	Запропоновано нову структуру для середньої природничо-наукової освіти
Комітет STEM-освіти при Науково-технологічній раді (Committee on STEM Education National Science and Technology Council)	Завдання – координація федеральних програм і заходів, що спрямовані на підтримку STEM-освіти
Міністерство освіти Південної Кореї (Ministry of Education of South Korea)	Оприлюднено загальнонаціональну політичну програму, яка включала сприяння інтеграції науки, технологій, інженерії, мистецтва та математичної освіти (STEAM)
Комітет STEM-освіти (Committee on STEM Education National Science and Technology Council)	Здійснює координацією федеральних програм і заходів, спрямованих на підтримку STEM-освіти (наприклад, STEM-програми NASA)
2012 рік	
Департамент освіти штату Меріленд (Maryland State Department of Education)	Департамент розробив визначення STEM: вивчати та застосовувати міжпредметний зміст; інтегрувати контент різних дисциплін; вправлятися в інтерпретації та передачі інформації; проводити дослідження; розвивати логічне та критичне мислення; співпрацювати як команда; правильно застосовувати технологію



2013 рік	
Комітет STEM-освіти при Науково-технологічній раді (Committee on STEM Education National Science and Technology Council)	П'ятирічний стратегічний план Федеральної науки, технологій, інженерії та математики (STEM)
Національна дослідницька рада (National Research Council)	Нові стандарти середньої природничо-наукової освіти
Стандарти науки наступного покоління США (Next Generation Science Standards. NGSS)	Нові стандарти наступного покоління для природничо-наукової освіти NGSS охоплюють інженерне проектування і дослідницьку практику як основні елементи наукової освіти
2014 рік	
Національний форум STEM, Німеччина (Nationales MINT Forum)	Форум створено для просування освіти STEM на всіх рівнях освіти, формальної і неформальної (Nationales MINT (STEM) Forum, 2014)
Міжнародний проєкт Global Cardboard Challenge	Один із перших міжнародних проєктів у рамках STEAM було ініційовано некомерційною організацією «Imagination Foundation» і покликаний надихнути дітей та дорослих у всьому світі на створення та гру з використанням картону
2015 рік	
Організація економічного співробітництва та розвитку (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD)	Проект «Майбутнє освіти та навичок 2030». Мета – допомогти країнам знайти відповіді на два далекосяжні запитання: – Які знання, навички, ставлення та цінності знадобляться сучасним студентам, щоб процвітати та формувати свій світ? – Як системи навчання можуть ефективно розвивати ці знання, навички, ставлення та цінності?»
2016 рік	
Національна комісія з викладання і майбутнього Америки (National Commission on Teaching and America's Future)	Рекомендації, у яких STEM-освіту визначено національним пріоритетом. Окреслено десять причин, за якими саме STEM-освіту піднесено до рівня першочергових завдань держави
2018 рік	
Управління науково-технічної політики адміністрації Президента США (The Office of Science and Technology Policy) та Комітет з політики у сфері STEM-освіти Міністерства освіти США (Policy Committee on STEM Education)	Оприлюднено п'ятирічний стратегічний план «Шлях до успіху: американська стратегія STEM-освіти», що містить заходи щодо розширення можливостей навчання на робочому місці, підвищення грамотності щодо STEM


Програма освітньої політики «STEAM Learning», Велика Британія	Програма освітньої політики, яка сприяє інтеграції науки, технологій, інженерії і математики (STEM) як у шкільній, так і в позашкільній освіті. Програма орієнтується на національну стратегію розвитку науки та інновацій, яка передбачає фінансування та підтримку STEAM-галузей
2020 рік	
Міжвідомча робоча група (IWG) з конвергенції Федеральної координації освіти STEM (FC-STEM)	Грунтовний аналіз публікацій, які стосуються конвергентної освіти. Одним з отриманих висновків стало те, що терміни «трансдисциплінарний», «конвергентний» й «STEAM інтегрований» часто використовуються як взаємозамінні
2021 рік	
Національне управління з аеронавтики та дослідження космосу NASA (National Aeronautics and Space Administration, США)	Проведення програм STEAM для школярів через інтерактивні онлайн-курси та заходи, такі як «Mission to Mars»
Erasmus+ STEAM (ЄС)	Створення STEAM-проектів у школах Європи, обмін викладачами між країнами для інтеграції мистецтва і STEM
Асоціація STEM-освіти (China STEM Education Association, Китай)	Впровадження національної програми STEAM у школах із акцентом на робототехніку та програмування
2022 рік	
Національний науковий фонд (National Science Foundation (NSF), США)	Запуск грантових програм для викладачів STEAM, акцент на інноваційних методах викладання
STEM навчання Великобританії (STEM Learning UK, Велика Британія)	Організація літніх таборів STEAM для учнів та тренінгів для вчителів; залучення більшої кількості дівчат до STEM
STEAM назустріч Австралії (STEAM Ahead Australia, Австралія)	Розробка мобільних лабораторій для віддалених шкіл, інтеграція природничих наук і творчості

Корисні посилання на міжнародні ресурси STEAM-освіти

Назва	Qr код	Зміст
<p><u>Scientix – спільнота наукової освіти Європи</u></p>		<p>Scientix створено за ініціативи Європейської Комісії, координатор – European Schoolnet (Європейська шкільна мережа). Проект спрямований на сприяння та підтримку загальноєвропейської співпраці між викладачами STEM/STEAM, дослідниками освіти, політиками та іншими зацікавленими сторонами в освіті. Створено онлайн-портал для збору та представлення європейських освітніх проєктів STEM/STEAM, та їх результатів</p>
<p><u>Компанія PASCO</u></p>		<p>Розробка інноваційних способів викладання та вивчення природничих наук. Виробництво обладнання для STEM/STEAM-лабораторій. Лабораторний набір PASCO включає цифрові датчики, демонстраційне та лабораторне обладнання, програми забезпечення для організації лабораторних практикумів і проєктів. Представлені у вигляді комплектів із предметів природничо-наукового циклу</p>
<p><u>The Global Science Opera (GSO)</u></p>		<p>Спільний освітній проєкт GSO Європейської Комісії CREAT-IT, Global Hands on Universe (GHO), Galileo Програма підготовки вчителів (GTTP) і проєкт Європейської економічної зони Write a Science Opera (WASO). Об'єднує ідеї трьох ініціатив: Write a Science Opera (WASO); Global networks of science teachers: Програма підготовки вчителів Galileo (GTTP) і Global Hands on Universe (GHO); Distance Learning: співпраця на основі ІКТ між сільськими школами під керівництвом професора Петроса Стергіопулоса в Ellinogermaniki Agogi в Афінах, Греція</p>

<p align="center"><u>Autodesk Instructables/ 100 STEAM Projects for Teachers</u></p>		<p>Колекція зі 100 проєктів STEAM. Кожен проєкт заохочує досліджувати, модифікувати та спонукає учнів до реалізації власних ідей і цікавинок. Основна ідея – доступність як за підходом, так і за вартістю матеріалів</p>
<p align="center"><u>7 STEAM education examples using Nearpod and Flocabulary</u></p>		<p>Сім прикладів проєктів STEAM-освіти з використанням платформи Nearpod і Flocabulary. Платформа Nearpod містить інтерактивні уроки, інтерактивні відео, гейміфікації та вправи</p>
<p align="center"><u>The Association for Science Education (ASE)</u></p>		<p>На вебсайті Асоціації наукової освіти (ASE) розміщено ресурси для збагачення викладання та навчання в науці. Партнерами є промислові та дослідницькі підприємства, які надають безкоштовні наукові онлайн-ресурси для вчителів та учнів. Містить також наукові освітні ресурси з усього світу</p>
<p align="center"><u>Little Bins for Little Hands</u></p>		<p>21 STEAM Activities For Kids – добірка малобюджетних і нескладних у налаштуванні наукових проєктів практичного навчання</p>
<p align="center"><u>Hess UnAcademy</u></p>		<p>29+ Surprising STEAM Activities for Elementary Kids – колекція вправ STEAM для дітей початкової школи</p>
<p align="center"><u>Teaching Expertise</u></p>		<p>30 Super STEAM Ideas for Elementary and Middle School Students – колекція веселих експериментів, наукових проєктів STEAM для учнів початкової та середньої школи</p>
<p align="center"><u>STEAM2GO</u></p>		<p>Велика кількість відкритих освітніх ресурсів (OER) для викладачів на новій цифровій платформі для співпраці. Є новаторською ініціативою в галузі освіти, що сприяє озброєнню учнів навичками, необхідними для досягнення успіху в ХХ столітті</p>

<u>Hess UnAcademy</u>		16 потужних вправ STEM для старшокласників
<u>iCEV</u>		Чотири найкращі завдання STEM для старшої школи
<u>Inspirit</u>		Проекти STEM для середньої школи: як почати роботу над проектом STEM. Проекти середньої школи + курси
<u>RISD, Род-Айлендська школа дизайну</u>		RISD – це коледж і музей (м. Провіденс, штат Род-Айленд, США) На сайті програми, інтерактивні уроки, відео, вправи та проекти
<u>Smithsonian magazine</u>		Наукові зображення, які межують із мистецтвом
<u>Institute for Arts Integration and STEAM</u>		Ідеї для використання в навчальному процесі мікроскопічних зображень об'єктів дослідження, які межують із мистецтвом
<u>Digital Competency Framework</u>		OCSSTEAMCHALLENGE 6: КВІТКОВИЙ ДИЗАЙН. Візерунок або шаблон – це двовимірний плоский інструмент, який допомагає створити тривимірний предмет, що має об'єм. Це особливо корисно, коли ви хочете створити багато копій об'єкта
<u>Навчальна програма ARTFUL THINKING</u>		Ця програма є однією з декількох програм Project Zero, об'єднаних темою «Видиме мислення», щоб допомогти вчителям регулярно використовувати твори образотворчого мистецтва та музики у своїх навчальних планах і програмах

<p><u>Команда inSTEAM</u></p>		<p>Збірник інклюзивних екологічних STEAM уроків у формі Inquiry Learning Spaces (ILS) в екосистемі Go-Lab. ILS присвячені трьом загальним темам: зміна клімату, відновлювана енергія, управління водними ресурсами.</p> <p>Запропонована реалізація: кожен навчальний простір Inquiry може бути реалізований в автономному режимі. Окрім того, їх можна об'єднати в більш масштабний проект, який стосується конкретної теми. Якщо їх об'єднати, то за ILS із підходом інклюзивного наукового впливу можуть слідувати ILS із підходами соціально-економічного, відкритого навчання та/або культурного інклюзивного впливу. У розробках використовуються принципи універсального дизайну для навчання (UDL)</p>
--------------------------------------	---	--

Додаток В

Шляхи впровадження STEM/STEAM-освіти в Україні

Установа	Документ	Зміст
2015 рік		
Міністерство освіти і науки України	<u>Наказ від 30 червня 2015 р. № 691 «Про затвердження структури Інституту модернізації змісту освіти»</u>	Наказом затверджено структуру Інституту модернізації змісту освіти (ІМЗО), виокремлено відділ STEM-освіти, встановлено штатну чисельність підрозділу
2016 рік		
Міністерство освіти і науки України	<u>Наказ від 29 лютого 2016 р. № 188 «Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні»</u>	Наказом затверджено склад робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні
Інститут модернізації змісту освіти	<u>План заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016–2018 роки</u>	План заходів передбачає створення STEM-центрів/лабораторій на базі загальноосвітніх (регіональних опорних шкіл), позашкільних освітніх закладів, наукових лабораторій, які мають відповідну матеріально-технічну, науково-методичну базу, фахівців для організації ефективної навчальної та науково-проектної діяльності
2017 рік		
Міністерство освіти і науки України	<u>Наказ від 17 травня 2017 р. № 708 «Про проведення дослідно-експериментальної роботи всеукраїнського рівня за темою: «Науково-методичні засади створення та функціонування Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру (ВНМВ STEM-центр)» на 2017–2021 роки»</u>	Регламентуються умови створення та функціонування Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру

2018 рік		
Мала академія наук України	<u>Створення STEM-лабораторії МАНЛаб</u>	Центр реальних і віртуальних навчальних досліджень, спрямований на підтримку та розвиток STEM-освіти в Україні. Пропонує дистанційну й очну фахову методичну і технологічну допомогу в організації STEM-навчання учнівської молоді, спеціалізується на здійсненні досліджень у галузі природничих дисциплін: фізика, хімія, біологія, географія, астрономія, екологія, мінералогія
2019 рік		
Міністерство освіти і науки України	<u>Наказ від 10 липня 2019 р. № 954 «Про проведення експерименту всеукраїнського рівня за темою “Організаційно-педагогічні умови створення і функціонування STEAM-центру” у вересні 2019 року – грудні 2022 року»</u>	Регламентуються програма та необхідні умови для організації та проведення експерименту, призначаються відповідальні за експертизу
2020 рік		
Кабінет Міністрів України	<u>Розпорядження від 5 серпня 2020 р. № 960-р «Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)»</u>	Концепція спрямована на модернізацію природничо-математичної освіти (STEM-освіти), її широкомасштабне впровадження на всіх складниках та рівнях освіти, встановлення партнерства з роботодавцями і науковими установами та їхнє залучення до розвитку природничо-математичної освіти
Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти»	<u>Лист ІМЗО від 19 серпня 2020 р. № 22.1/10-1646 «Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2020/2021 навчальному році»</u>	Містить інформацію про розширення можливостей та допомоги спланувати освітню діяльність на навчальний рік щодо розвитку напрямів STEM-освіти
Міністерство освіти і науки України	<u>Наказ від 29 квітня 2020 р. № 574 «Про затвердження Типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій»</u>	Типовий перелік визначає вимоги до засобів навчання та обладнання, якими можуть бути обладнані навчальні кабінети біології, географії, математики, фізики, хімії та STEM-лабораторії державних і комунальних закладів загальної середньої та професійної (професійно-технічної) освіти

2021 рік		
Кабінет Міністрів України	<u>Розпорядження від 13 січня 2021 р. № 131-р</u> «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року»	Представлене поетапне впровадження положень Концепції
Кабінет Міністрів України	<u>Розпорядження від 14 квітня 2021 р. № 320-р</u> «Про затвердження плану заходів щодо популяризації природничих наук та математики до 2025 року»	План заходів щодо популяризації природничих наук і математики. Зазначені відповідальні за виконання плану заходів
2022 рік		
Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти»	<u>Лист ІМЗО від 15 серпня 2022 р. № 22.1/10-1080</u> «Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2022/2023 навчальному році»	Містить інформацію про розширення можливостей та допомоги спланувати освітню діяльність на навчальний рік щодо розвитку напрямів STEM-освіти
2023 рік		
Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти»	<u>Лист ІМЗО від 01 серпня 2023 р. № 1242</u> «Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2023/2024 навчальному році»	Містить інформацію про розширення можливостей та допомоги спланувати освітню діяльність на навчальний рік щодо розвитку напрямів STEM-освіти
Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти»	<u>Наказ ІМЗО від 23 жовтня 2023 р. №32</u> «Про проведення Всеукраїнського заходу «Ми розвиваємо STEM»	Містить мету заходу, терміни проведення, склад організаційного комітету та експертної комісії

Науково-практичне видання

ПОЛІХУН Наталія Іванівна
ПОСТОВА Катерина Григорівна
ОНОПЧЕНКО Галина Василівна
ОНОПЧЕНКО Олена Василівна
ШЕВЧЕНКО Ірина Миколаївна

STEM/STEAM-ОСВІТА: ВІД ТЕОРІЇ ДО ПРАКТИКИ

методичний посібник

Редагування: Анастасія Ласкова-Ярмоленко
Комп'ютерний дизайн і верстка: Олена Онопченко
Дизайн обкладинки: Ярослава Пашковська

Підписано до опублікування: 27.12.2023.
Умов.-друк. арк. 14,07. Електронне видання.

Інститут обдарованої дитини НАПН України
04053, вул. Січових Стрільців, 52-Д, м. Київ, Україна
тел./факс: (044) 481-27-02
E-mail: iod.napn@ukr.net, iod@iod.gov.ua
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єкта видавничої справи
Серія ДК № 6081 від 14.03.2018 р.