

Yaroslav BYKOVSKYI

ORCID: 0000-0002-8489-1247

*Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej
w Krakowie*

STEM в освітньому процесі фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти

Abstract: STEM in the educational process of physics and mathematics clubs in after-school educational institutions

The article presents the key aspects of implementing STEM in the educational process of physics and mathematics study clubs in after-school education institutions. The theoretical foundations of STEM and its practical application in various countries are discussed. It has been established that STEM in the activities of physics and mathematics of study clubs within after-school education institutions is an approach based on integrating science, technology, physics, and mathematics into the educational process of these clubs. Pedagogical conditions for the effective operation of physics and mathematics clubs in after-school education institutions based on STEM are provided. Particular attention is given to the application of STEM in the educational process of physics and mathematics clubs within after-school education institutions, considering four key components: Science, Technology, Engineering (Physics), and Mathematics.

Keywords: STEM, after-school education, educational process, physical and mathematical clubs, after-school education institutions

Ключові слова: STEM, позашкільна освіта, освітній процес, фізико-математичні гуртки, заклади позашкільної освіти

Сучасний історичний етап характеризується потужним розвитком науки, техніки, технологій, що впливають на всі сфери життєдіяльності людини. При цьому важливого значення набуває апробація і впровадження в освіті, у тому числі позашкільній освіті, інноваційних підходів в організації освітнього процесу.

Аналізуючи теорію і практику діяльності закладів позашкільної освіти, нами встановлено, що важливого значення набуває впровадження в освітньому процесі фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти STEM.

Питаннями STEM займалися вчені багатьох держав світу, зокрема: В. Байбі (W. Bybee) (https://www.researchgate.net/publication/286200999_Advancing_STM_education_A_2020_vision; Bybee, 2013, с. 120), Д. Брейнер (J. Breiner) (https://www.researchgate.net/publication/264295459_What_is_STEM_A_discussion_about_Conceptions_of_STEM_in_education_and_partnerships), О. Буряк (2018, с. 17–19), Х. Гонзаліз (H. B. Gonzalez) (<http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-Education-Primer.pdf>), О. Гуменний (2018, с. 21–23), Н. Гончарова (2018, с. 19–21), Т. Кеннеді (T. J. Kennedy) (<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1044508.pdf>), О. Кузьменко (Кузьменко О., Неділько С., Шульгін, 2018, с. 35–39), Д. Куїнзі (J. J. Kuenzi) (<http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-Education-Primer.pdf>), А. Д. Лаююм (P. Chien Lo Khai, A. D. Lajium) (https://www.researchgate.net/publication/310651088_The_effectiveness_of_science_technology_engineering_and_mathematics_STEM_learning_approach_among_secondary_school_students), М. Оделл (M. Odell) (<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1044508.pdf>), Ю. Рудніцька (Рудніцька, 2018, с. 59–61), П. Ло Хай Чен (P. Lo Khai Chien) (https://www.researchgate.net/publication/310651088_The_effectiveness_of_science_technology_engineering_and_mathematics_STEM_learning_approach_among_secondary_school_students) та ін.

Основні положення щодо позашкільної освіти, діяльності гуртків закладів позашкільної освіти представлено у працях вчених І. Бех (2008, с. 848), О. Биковська (2008, с. 336), Т. Биковський (2011, с. 198), С. Русова (1918, с. 88), Т. Сущенко (2011, с. 299) та ін.

Отже, основною метою статті є проаналізувати та розкрити основні положення щодо STEM в освітньому процесі фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти.

Здійснюючи історико-теоретичний аналіз щодо терміну «STEM» встановлено, що він з'явився в 90-х рр. XX ст. як абревіатура початкових літер слів, де «S» — science, «T» — technology, «E» — engineering, «M» — mathematics.

STEM запровадив Національний науковий фонд (NSF) як «загальний ярлик для будь-якої події, політики, програми або практики, що включає одну або декілька дисциплін STEM» [1].

При цьому, у США важливість уваги до STEM не втрачає своєї актуальності. Так, у звіті Комітету з освіти, національної науки і технологій «Створення курсу на успіх: стратегія Америки для STEM-освіти» вказано: «Визначити у закладах пріоритетним напрямом підготовку та підвищення кваліфікації працівників STEM у бюджетних запитах на 2020 фінансовий рік.

Заснувати Президентську Національну раду, яка підвищить рівень інформованості американських працівників про високу кваліфікацію при STEM підготовці, сприятиме розширенню професійної підготовки та стимулюватиме інвестиції в освіту працівників.

Розширити доступність учнів до 12 років до високоякісної STEM та комп'ютерної освіти — наказ Міністерства освіти США (<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>).

Варто відзначити, що увага до STEM набуває широкого розповсюдження у багатьох країнах світу.

Так, у Великобританії відзначається, що «STEM Learning — це найбільший постачальник підтримки освіти та кар'єри в галузі науки, техніки, інженерії та математики (STEM). Ми взаємодіємо зі школами, коледжами та іншими особами, що працюють з молоддю у Великобританії. Наше бачення — досягти світової STEM-освіти для всіх молодих людей у Великобританії» (<https://www.stem.org.uk/about-us/our-vision>).

Значна увага STEM приділяється і в Україні. Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти» Міністерства освіти і науки України розробила «Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 навчальний рік», де встановлюється, що «одним з актуальних напрямів модернізації та інноваційного розвитку природничо-математичного та гуманітарного профілів освіти виступає STEM-орієнтований підхід до навчання, який сприяє популяризації інженерно-технологічних професій серед молоді, підвищенню поінформованості про можливості їхньої кар'єри в інженерно-технічній сфері, формуванню стійкої мотивації у вивченні дисциплін, на яких ґрунтується STEM-освіта» (<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1470777-17/print#n1>).

Таким чином, доцільним є застосування STEM в освітньому процесі фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти.

Аналізуючи STEM в науково-освітній практиці нами встановлено, що його розглядається як «підхід», «навчання», «освіта», «проект», «напрямок», «методика», «технологія» тощо.

Х. Гонзаліз (Heather B. Gonzalez), Д. Куїнзі (Jeffrey J. Kuenzi) вказують, що «термін «STEM-освіта» відноситься до викладання та навчання у сфері науки, техніки, інженерії та математики. Як правило, включає освітню діяльність на всіх рівнях, від дошкільного до докторського, як у формальних, так і неформальних класах» (<http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-Education-Primer.pdf>).

Вчені Д. Брейнер (J. Breiner), С. Харкнесс (S. Harkness), К. Джонсон (C. Johnson), М. Келер (C. Koehler) відзначають, що «з освітньої точки зору, поняття STEM може означати різноманітну діяльність, але зазвичай воно включає заміну традиційних лекційно-орієнтованих стратегій викладання більшою кількістю досліджень і проектних підходів.

Для деяких це STEM лише при інтеграції природничих наук, фізики, техніки та математичних навчальних планів, які більш тісно пов'язані в роботі ре-

ального вченого або інженера. Для інших STEM є поштовхом до випуску більшої кількості студентів у галузі природничих наук, технології, інженерії та математики» (https://www.researchgate.net/publication/264295459_What_is_STEM_A_discussion_about_Conceptions_of_STEM_in_education_and_partnerships).

О. Буряк зауважує, що STEM — «педагогічний підхід, що з'єднує, інтегрує розрізнені напрями знань в єдине ціле» (Буряк, 2018, с. 17–19).

О. Гуменний вказує, що «одним з актуальних напрямів модернізації та інноваційного розвитку освіти виступає STEM-орієнтований підхід до навчання. А саме впровадження Smart-комплексів навчальних дисциплін сприятиме популяризації інженерно-технологічних професій серед молоді, підвищенню поінформованості про можливості їх кар'єри в інженерно-технічній сфері, формуванню стійкої мотивації у вивченні дисциплін, на яких ґрунтується STEM-освіта» (Гуменний, 2018, с. 21–23).

Н. Гончарова зазначає, що «провідним у впровадженні STEM-освіти, як одного з інноваційних напрямів, ми вбачаємо використання сучасних технологій. І однією з таких технологій, яка активно розвивається в останні роки, є віртуальна реальність» (Гончарова, 2018, с. 19–21).

П. Ло Хай Чен (P. Lo Khai Chien) і Д. Лаюїум (D. Lajium) вказують, що «цей підхід в освіті покликаний революціонізувати викладання таких предметних галузей, як математика та природничі науки, шляхом включення технології та інженерії до регулярного навчального плану через створення «метадисципліни», що відноситься до підходу, набору загальних принципів та конкретних інструментів і методів, а не конкретної предметної галузі, і може застосовуватися в багатьох різних галузях» (https://www.researchgate.net/publication/310651088_The_effectiveness_of_science_technology_engineering_and_mathematics_STEM_learning_approach_among_secondary_school_students).

Т. Кеннеді (T. Kennedy) і М. Оделл (M. Odell) зазначають: «STEM-освіта перетворилася на метадисципліну, інтегровану роботу, яка усуває традиційні бар'єри між цими предметами і замість цього зосереджується на інноваціях і процесі проектування рішень складних контекстних проблем, використовуючи сучасні інструменти та технології» (<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1044508.pdf>).

В. Байбі (W. Bybee) підкреслює, що «загальна мета STEM-освіти полягає в подальшому розвитку освіченого суспільства STEM, де «STEM-освіченість» включає:

— знання, ставлення та вміння визначати питання та проблеми в життєвих ситуаціях, пояснювати природний і задуманий світ й відображати на основі доказів висновки щодо питань, пов'язаних зі STEM;

— розуміння характерних особливостей дисциплін STEM як форми гуманітарних знань, пошуків та дизайну;

— усвідомлення того, як дисципліни STEM формують наше матеріальне, інтелектуальне та культурне середовище;

— готовність брати участь у питаннях, пов'язаних зі STEM та ідеями науки, технології, техніки та математики як конструктивний, занепокоєний та рефлексивний громадянин» (Bybee, 2013, с. 120).

Ю. Рудніцька вказує, що «STEM — нова методика навчання учнів, яка має таку основу:

1. Інтегроване навчання за темами, а не за предметами, які тісно пов'язані між собою на практиці при вивченні математики, природничих дисциплін, технології та інженерії.

2. Використання науково-технічних знань у реальному житті» (Рудніцька, 2018, с. 59–61).

Таким чином, в освітньому процесі гуртків закладів позашкільної освіти раціональним є використання STEM як підходу, що є концептуальним підґрунтям за своїм функціоналом, призначенням та можливостями, який відповідає цілям і задачам функціонування фізико-математичних гуртків.

Розглядаючи теоретичні основи і практику застосування STEM у діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти нами встановлено, що «це підхід, який базується на включенні науки, технології, фізики та математики до освітнього процесу фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти» (Биковський, 2020, с. 148).

У процесі дослідження нами визначені педагогічні умови ефективної діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти, в основу яких покладено застосування STEM з включенням до освітнього процесу 4-х змістових ліній:

Змістова лінія I. «S» — «Science/Наука»

Змістова лінія II. «T» — «Technology/Технології»

Змістова лінія III. «E» — «Engineering/Фізика»

Змістова лінія IV. «M» — «Mathematics/Математика»

Серед педагогічних умов ефективної діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти на основі STEM нами визначено і теоретично обґрунтовано наступні:

— удосконалення мети, принципів та завдань освітнього процесу у діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти на основі STEM;

— модернізація змісту освіти у діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти з урахуванням 4-х змістових ліній «S» — «Science/Наука», «T» — «Technology/Технології», «E» — «Engineering/Фізика», «M» — «Mathematics/Математика»;

— забезпечення різноманітних форм організації освітнього процесу у діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти на основі STEM;

— застосування варіативних методів організації освітнього процесу на основі STEM у діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти;

— використання сучасних засобів організації освітнього процесу на основі STEM у діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти.

Так, при удосконаленні мети, принципів та завдань, що виступає першою педагогічною умовою, ціллю освітнього процесу в діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти на основі STEM постає формування компетентностей особистості з фізики, математики, науки та технології.

Основними принципами ефективної діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти на основі STEM визначено наступні: міждисциплінарність, інтеграція, доступність, практичність, візуалізація.

Узагальнюючи завдання ефективної діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти на основі STEM та з урахуванням компетентнісного підходу, що лежить в основі цільових, процесуально-змістових та результативних характеристик сучасної позашкільної освіти, нами виділено розвиток в учнів таких компетентностей, як:

— пізнавальна (засвоєння початкових знань, елементарних уявлень і понять з фізики і математики, науки та технології, ознайомлення з найпростішими фізико-математичними та техніко-технологічними процесами та ін.);

— практична (формування вмінь та навичок застосування отриманих знань на практиці, розв'язання фізичних, математичних, наукових і технологічних завдань та ін.);

— творча (розвиток досвіду творчої діяльності з фізики, математики, науки та технології, здатності проявляти творчу ініціативу, формування стійкого інтересу до фізики і математики, науки та технології та ін.);

— соціальна (виховання культури особистості, позитивних якостей, формування емоційно-вольової сфери, набуття досвіду комунікації, входження до соціуму та ін.).

Сутністю другої педагогічної умови ефективної діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти на основі STEM є включення до змісту освіти на всіх рівнях як теоретичного матеріалу, так і практичних завдань з урахуванням 4-х змістових ліній «S» — «Science/Наука», «T» — «Technology/Технології», «E» — «Engineering/Фізика», «M» — «Mathematics/Математика».

При цьому варто відзначити, що саме зміст навчання учнів у фізико-математичних гуртках закладів позашкільної освіти забезпечує індивідуалізацію та диференціації навчання згідно з вікових та психофізичних особливостей учнів.

Реалізація змісту навчання фізико-математичного гуртка закладів позашкільної освіти на основі STEM передбачає 3 роки навчання — у групах осно-

вного та вищого рівня. При цьому, навчання у групах основного рівня становить 2 роки, основного — 1 рік з наступною кількістю годин:

— основний рівень, I рік навчання (7–8 клас, 12–14 років) — 144 год (4 год/тиждень);

— основний рівень, II рік навчання (8–9 клас, 13–15 років) — 216 год (6 год/тиждень);

— вищий рівень (9–11 клас, 14–17 років) — 216 год (6 год/тиждень).

До змісту навчання фізико-математичного гуртка закладів позашкільної освіти включено як теоретичний матеріал, а також практичну роботу.

Слід відзначити, що урахування STEM в освітньому процесі фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти дало можливість переходити від теоретичного опанування матеріалом до виконання практичної роботи, у тому числі розробки і виготовлення виробів.

При цьому, нами було запропоновано розділити теми навчальної програми поділити на більш вузькі питання, що вирішуються у процесі проведення занять.

Самі теми подано з урахуванням поступового ускладнення завдань, а навчальний матеріал було згруповано за смисловою ознакою. Кількість годин була адаптована з урахуванням рівня підготовки учнів з можливістю внесення відповідних змін і коректив.

Розриємо більш детально зміст навчання учнів у групах основного рівня на основі STEM.

Варто відзначити, що реалізація змісту навчання у фізико-математичному гуртку на основі STEM включає, насамперед ознайомлення з планом роботи гуртка, а також технікою безпекою.

У процесі навчання у фізико-математичному гуртку закладів позашкільної освіти на I році основного рівня на основі STEM при вивченні «Science/Наука: Загальні питання» виділяються дві теми — «Історія науки» і «Структура науки».

Тема «Історія науки» передбачає опанування основних положень щодо науки як спеціалізованої форми пізнання, її виникнення та історичні періоди розвитку.

Крім того, важливим є опанування питань сучасної науки, зокрема знайомство з історією та розвитком Stem.

При опануванні теми щодо структури науки у змісті навчання фізико-математичного гуртка закладів позашкільної освіти основного рівня на основі STEM розглядаються загальні положення наукових теорій, галузі наук, а також характерні риси теоретичного та практичного рівнів пізнання.

У процесі занять у фізико-математичному гуртку закладів позашкільної освіти на I році основного рівня на основі STEM в практичній частині доцільно навести приклади сучасних винаходів, відкриттів тощо.

Слід відзначити, що при опануванні учнями розділу «Technology/Технології: Технології виробництва» у процесі навчання у гуртку на I році основного рівня на основі STEM виділяються наступні теми:

«Поняття про техніку і технології»

«Елементи графічної грамоти»

«Технічне моделювання та конструювання».

Зокрема, при опануванні теми «Поняття про техніку і технології» необхідно на початку обговорити значення та важливість техніки у сучасному житті людей, розглянути етапи розвитку технологій.

Після цього доцільно здійснити ознайомленням із сучасними технологіями, видами техніки тощо.

Чергове заняття фізико-математичного гуртка для закладів позашкільної освіти присвячене темі «Елементи графічної грамоти». Під час цього заняття учні вивчають основи графічної грамотності, зокрема зображення, типи креслярських ліній і умовні позначення. Крім того, вони освоюють техніку креслення та розробку технічних малюнків, тобто ця тема — «Елементи графічної грамоти» є логічним продовженням теми «Поняття про техніку і технології», після вивчення якої учні у фізико-математичному гуртку закладів позашкільної освіти на першому році основного рівня починають розуміти техніку і технології на глибшому рівні, що закладає базу для подальшого вивчення пристроїв і їхньої структури.

Наступна тема занять «Технічне моделювання та конструювання» першого року навчання основного рівня фізико-математичному гуртку закладів позашкільної освіти включає дослідження матеріалів, їхніх характеристик і застосування, а також обговорення можливостей використання вторинної сировини. Завершивши перший рік навчання за цими темами, учні набувають навичок для вирішення простих технічних і технологічних завдань.

В ході занять практичною частиною за розділом «Technology/Технології: Технології виробництва» у фізико-математичному гуртку закладів позашкільної освіти на першому році основного рівня учні працюють з папером, картоном і металевим дротом. Вони створюють вироби плоскої форми з кількох деталей, а згодом переходять до виготовлення найпростіших моделей техніки та макетів на основі шаблонів, креслень або власних задумів.

У процесі навчання за розділом «Engineering/Фізика: Фізика — наука про природу» у фізико-математичному гуртку на першому році основного рівня розглядаються три ключові теми: «Історія та основи фізики», «Величини та їхнє вимірювання» і «Механіка».

Під час опанування теми «Історія та основи фізики» учні вивчають історичний розвиток фізики та особливості використання наукового методу дослідження. Особлива увага приділяється будові речовин, включаючи атоми і молекули. Розглядаються найпоширеніші молекули в тілі людини, на планеті Земля та у всесвіті.

Крім того, корисним є вивчення характеристик атомів і молекул, таких як розмір, маса, структура та форма. Обговорюється також питання щодо неподільності атома, що сприяє розширенню уявлень учнів про мікросвіт.

Тема «Величини та їх вимірювання» є другою темою при вивченні фізики та передбачає знайомство з прямими та непрямими методами вимірювання фізичних величин. Учні практикуються у самостійному визначенні різних фізичних параметрів, що дозволяє їм розвивати практичні навички у цій галузі.

У рамках вивчення цієї теми значна увага приділяється систематизації отриманих знань, які стосуються основних характеристик вимірювань, зокрема міжнародної системи одиниць СІ. Під час цих занять на фізико-математичному гуртку першого року основного рівня також розкриваються теми абсолютної та відносної похибки.

Під час вивчення «Механіка» учні знайомляться з механічним рухом, фізичними моделями матеріальної точки, типами траєкторій, а також поняттям відносності руху.

Крім того, у темі «Механіка» детально розглядаються фундаментальні закони механіки, зокрема закони збереження енергії та імпульсу. Особливу увагу приділяють механічній роботі та потужності, які згодом аналізуються через приклади механізмів, та прилади.

У процесі практичних занять, що стосуються розділу «Engineering/Фізика: Фізика — наука про природу», учні фізико-математичного гуртка виконують завдання з розглянутих тем. Проводяться лабораторні роботи, наприклад, вимірювання й обчислення похибки, вивчення законів збереження енергії та аналіз потужності певних механізмів.

Вивчаючи розділ 4 «Mathematics/Математика: Основи математики», учні фізико-математичного гуртка закладів позашкільної освіти зосереджуються на трьох ключових темах: «Числа і вирази», «Рівняння та нерівності» і «Основи геометрії».

У першій темі «Числа і вирази» учні опановують поняття раціональні числа та виконують арифметичні дії з ними: додавання, віднімання, множення та ділення. Також вивчається відношення пропорції й основи лінійної функції.

Під час опанування другої теми «Рівняння та нерівності» учні розглядають методи розв'язання рівнянь та нерівностей. Вивчаються методи для розв'язання лінійних рівнянь і функцій, розглядаються завдання для розв'язання нерівностей.

Третя тема «Основи геометрії» фізико-математичного гуртку на першому році основного рівня знайомить учнів з основними поняттями геометрії, такими як точка та пряма, фігури на площині і їх властивості. Розглядаються поняття довжини, площі, відстані та градусної міри кута.

На практичних заняттях розділу «Mathematics/Математика: Основи математики» учні фізико-математичного гуртка на першому році основного рівня ви-

конують дії з числами, розв'язують рівняння та будують графіки лінійних функцій. Крім цього, проводяться вимірювання та розрахунки геометричних величин.

Тобто представлене вище демонструє STEM як важливу педагогічну умову для оновлення змісту освіти у фізико-математичних гуртках закладів позашкільної освіти першого року основного рівня. Ураховуються чотири ключові змістові лінії: «S» — «Science/Наука», «T» — «Technology/Технології», «E» — «Engineering/Фізика», «M» — «Mathematics/Математика».

Доцільно зосередитися на деталях навчального процесу у фізико-математичних гуртках другого року основного рівня, що враховує STEM як педагогічну умову модернізації.

Зміст навчання фізико-математичних гуртків другого року основного рівня відображає загальний підхід до оновлення освітнього процесу в позашкільних закладах. Він базується на чотирьох змістових лініях: «S» — «Science/Наука», «T» — «Technology/Технології», «E» — «Engineering/Фізика», «M» — «Mathematics/Математика».

У рамках розділу «Science/Наука: Наукові дослідження» на другому році основного рівня навчання виділяють три основні теми: «Основи наукової роботи», «Експеримент як частина наукового дослідження» та «Правові та етичні норми проведення наукових досліджень».

При вивченні першої теми «Основи наукової роботи» учні знайомляться з основними аспектами наукового дослідження: його завданнями, предметом, типами та методами. Також розглядаються особливості фундаментальних і прикладних досліджень.

Разом з том, під час навчання у фізико-математичному гуртку другого року основного рівня в межах розділу «Technology/Технології: Інформаційно-комунікаційні технології», вивчаються три теми: «Текстовий і табличний процесори», «Електронні презентації» та «Мережеві технології».

Вивчення першої теми «Текстовий і табличний процесори» спрямоване на формування вмінь роботи з текстовими редакторами та електронними таблицями. Учні ознайомлюються з програмним забезпеченням, вивчають його функціонал і навчаються використовувати основні можливості текстових і табличних процесорів. Використання яких є необхідним для сучасної людини, щоб бути конкурентно спроможним.

Тема «Електронні презентації» викликає особливий інтерес у учнів, адже презентації стали невід'ємною частиною якісної доповіді. На заняттях учні вивчають типи й види презентацій, а також вимоги до їхнього створення. Особливо розглядається роль презентацій у представленні наукових результатів і формуються навички їхнього ефективного використання.

Останньою темою в розділі «Technology/Технології: Інформаційно-комунікаційні технології» є «Мережеві технології». На заняттях з цієї теми учні озна-

йомлюються з основами мережевих технологій, зокрема їх використанням у наукових дослідженнях. Особливу увагу приділяють технічним аспектам, таким як класифікація та типи сервісів, а також безпеці й культурі використання мережевих ресурсів, включаючи Інтернет.

У практичній частині «Technology/Технології: Інформаційно-комунікаційні технології» учні виконують форматування об'єктів у текстових і табличних процесорах, створюють презентації, які потім демонструються, та застосовують знання про мережеві технології.

У розділі «Engineering/Фізика: Загальна фізика» другого року навчання розглядаються три ключові теми: «Вступ до молекулярної фізики», «Основи електродинаміки» та «Атомний проект».

У темі «Вступ до молекулярної фізики» учні знайомляться з основними положеннями молекулярно-кінетичної теорії, вивчають моделі ідеального газу, рівняння стану ідеального газу, а також поняття кількості теплоти, питомої теплосмності та термодинамічної роботи. Практичний інтерес викликає вивчення принципу роботи теплового двигуна.

Тема «Основи електродинаміки» охоплює вивчення електромагнітної взаємодії, основ електростатики, закону Кулона, електричного поля, провідників і діелектриків. Учні вивчають спрямований рух заряджених частинок, електричний струм, магнітні явища та принцип дії електродвигуна.

У темі «Атомний проект» розглядаються ще одна фундаментальна сила з фізики — ядерна. Тобто розглядаються питання ізотопів, радіоактивності, ядерних реакцій. Учні знайомляться з історією атомного проекту, принципами роботи ядерних реакторів, а також перспективами використання атомної енергії.

Під час практичних занять з розділу «Engineering/Фізика: Загальна фізика» учні знайомляться з прикладами роботи теплових двигунів, розбирають їхні принципи функціонування та виконують задачі на обчислення роботи й потужності таких пристроїв. Для наочного пояснення електричного поля, яке неможливо спостерігати безпосередньо, проводяться демонстрації із використанням металевих стружок. Лабораторна робота з електромагнітної індукції передбачає визначення сили взаємодії між зарядженими частинками. У рамках теми «Атомний проект» учні виконують завдання з розрахунків, пов'язаних із напіврозпадом речовин, обчислюють вік Землі методом радіоізотопного датування, а також проводять експерименти у віртуальній лабораторії.

У розділі «Mathematics/Математика: Алгебра і геометрія» на другому році навчання виокремлюються три теми: «Множини та дії над ними», «Текстові задачі» та «Планіметрія і стереометрія».

У темі «Множини та дії над ними» учні вивчають числові множини, операції над множинами, правила арифметичних операцій над дробами, тотожні перетворення та ознаки подільності.

У другій темі «Текстові задачі» розглядаються методи побудови математичних моделей для задач на відсотки та пропорції. Це важлива тема, адже вони показує зв'язок реальних проблем та «перекладення» їх на математичну мову, які допомагають розв'язати подані завдання, що мають прикладне значення в реальному житті.

У темі «Планіметрія та стереометрія» учні досліджують властивості геометричних фігур на площині та в просторі, аналізують їхнє взаємне розташування, вимірюють геометричні величини. Практичні заняття охоплюють побудову моделей, обчислення відстаней, довжин, площ, а також створення об'ємних фігур із визначенням їхніх характеристик.

Під час практичних занять із розділу «Mathematics/Математика: Алгебра і геометрія» увага зосереджується на застосуванні дробів у реальних життєвих ситуаціях і використанні ознак подільності для спрощення обчислень. Учні вчаться доводити тотожність виразів, а також розв'язують текстові задачі, серед яких особливу увагу приділено «економічним задачам», що стосуються розрахунків відсотків.

У межах вивчення геометрії створюються моделі геометричних фігур, обчислюються відстані між ними, довжини й площі. Також аналізуються можливі варіанти композицій двох фігур на площині. Учні самостійно виготовляють об'ємні моделі геометричних фігур і проводять розрахунки їхніх характеристик.

Таким чином, при модернізації змісту освіти у діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти основного рівня другого року з урахуванням 4-х змістових ліній «S» — «Science/Наука», «T» — «Technology/Технології», «E» — «Engineering/Фізика», «M» — «Mathematics/Математика» враховано STEM як педагогічну умову.

Таким чином, у процесі модернізації змісту освіти у діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти основного рівня другого року з урахуванням 4-х змістових ліній «S» — «Science/Наука», «T» — «Technology/Технології», «E» — «Engineering/Фізика», «M» — «Mathematics/Математика» враховано STEM як педагогічна умова.

Третьою педагогічною умовою ефективної діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти на основі STEM є забезпечення різноманітних форм організації освітнього процесу. Так, для диференціації та індивідуалізації навчання відповідно до вікових, психофізичних особливостей, творчих здібностей та стану здоров'я вихованців, учнів, слухачів, поряд з груповими та колективними формами проведення занять, нами застосовувалася індивідуальна робота, зорієнтована на їхні особисті можливості та потреби.

Наступною, четвертою педагогічною умовою ефективної діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти визначено застосування варіативних методів організації освітнього процесу на основі STEM, успішне

поєднання як традиційних методів навчання та виховання, так і інноваційних. Серед них, визначено так: пояснювально-ілюстративні, репродуктивні та творчі.

Окрема увага, як п'ятій педагогічній умові ефективної діяльності фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти, приділялася використанню сучасних засобів організації освітнього процесу на основі STEM, серед яких: технічні засоби навчання (презентації, відео, віртуальні лабораторні роботи та ін.), роздатковий матеріал, наочні посібники тощо.

Отже, використання STEM на сучасному етапі є ефективним в освітньому процесі фізико-математичних гуртків закладів позашкільної освіти.

Література

- Breiner, M. J., Johnson, C., Harkness Sheats, S., Koehler, M. C. [date??] *What Is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships*. [Електронний ресурс], https://www.researchgate.net/publication/264295459_What_is_STEM_A_discussion_about_Conceptions_of_STEM_in_education_and_partnerships
- Bybee, W. R. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association. NSTA Press, April 26, p. 120.
- Bybee, W. R. (2020). *Advancing STEM education: A 2020 vision*. [Електронний ресурс], https://www.researchgate.net/publication/286200999_Advancing_STEM_education_A_2020_vision
- Chien Lo Khai, P., Lajium A. D. (2016). *The effectiveness of science, technology, engineering and mathematics (STEM) learning approach among secondary school*. [Електронний ресурс], https://www.researchgate.net/publication/310651088_The_effectiveness_of_science_technology_engineering_and_mathematics_STEM_learning_approach_among_secondary_school_students
- Committee on STEM education of the national science & technology Council. *Charting a course for success: America's strategy for STEM education* (2016). [Електронний ресурс], <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>
- Gonzalez, B. H., Kuenzi, J. J. (2010). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer*. Congressional Research Service. [Електронний ресурс], <http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-Education-Primer.pdf>.
- Kennedy, T. J., Odell, M. R. L. (2014). *Engaging Students In STEM Education*. „Science Education International”, 25, issue 3, pp. 246–258. [Електронний ресурс], <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1044508.pdf>
- STEM learning* (2016). [Електронний ресурс], <https://www.stem.org.uk/about-us/our-vision>
- Бех, І. (2008). *Д. Виховання особистості: Підруч. для студ. вищ. навч. закл.* Київ: Либідь.
- Биковська, О. (2008). *Позашкільна освіта: Теоретико-методичні основи: Моногр.* Київ: ІВЦ АЛКОН.
- Биковський, Т. В. (2011). *Методика навчання інформаційних технологій у позашкільних навчальних закладах*. [Дис. ... канд. пед. Наук, 13.00.02. Київ].
- Биковський, Я. Т. (2020). *Педагогічні умови діяльності гуртків закладів позашкільної освіти: Монографія*. Київ: ІВЦ АЛКОН, <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/32293>
- Буряк, О. (2018). *Розвиток професійних навичок педагогів для роботи за основними напрямками STEM-навчання. STEM-освіта — проблеми та перспективи: матеріали III міжнар. наук.-практ. семін., м. Кропивницький, 24–25 жовт.* Кропивницький: ЛА НАУ, 17–19.

- Гончарова, Н. (2018). *Віртуальна реальність в STEM-освіті. STEM-освіта — проблеми та перспективи: матеріали III міжнар. наук.-практ. семін., м. Кропивницький, 24-25 жовт.* Кропивницький: ЛА НАУ, 19–21.
- Гуменний, О. (2018). *Використання SMART-комплексів у STEM-освіті. STEM-освіта — проблеми та перспективи: матеріали III міжнар. наук.-практ. семін., м. Кропивницький, 24–25 жовт. 2018 р.* Кропивницький : ЛА НАУ, 21–23.
- Закон України «Про освіту». (2018). [Електронний ресурс], <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
- Закон України «Про позашкільну освіту». (2024). [Електронний ресурс], Режим <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1841-14>.
- Кузьменко, О., Неділько, С., Шульгін, В. (2018). *Використання цифрових лабораторій у навчанні фізики в контексті STEM-освіти. STEM-освіта — проблеми та перспективи: Матеріали III міжнар. наук.-практ. семін., м. Кропивницький, 24–25 жовт.* Кропивницький: ЛА НАУ, 35–39.
- Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 навчальний рік. (2017). [Електронний ресурс], <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1470777-17/print#n11>.
- Рудніцька, Ю. (2018). *Впровадження STEM-освіти під час навчання математики у школі. STEM-освіта — проблеми та перспективи: Матеріали III міжнар. наук.-практ. семін., м. Кропивницький, 24–25 жовт.* Кропивницький: ЛА НАУ, 2018, 59–61.
- Русова, С. Ф. (1918). *Позашкільна освіта. Засоби її переведення* Київ: Дзвін.
- Сущенко, Т. (2011). *Позашкільна педагогіка: Теорія, історія практика: Наук.-метод. посібник.* Київ: МАН.