

Секція А4 Середня освіта	
УДК 373.5.016:5:[004:005.336.2](043.3)	
Дата першого надходження статті до видання	2026-08-30
Дата прийняття статті до друку після рецензування	2026-08-30
Дата публікації/оприлюднення	2026-08-30

Концептуальна модель формування обчислювальної компетентності учнів базової середньої школи в процесі вивчення природничо-математичних дисциплін

Мицик Марія

аспірантка кафедри методики навчання математики,
Український державний університет імені Михайла Драгоманова
м. Київ, Україна

e-mail: heme.meri@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-6538-5363>

Анотація. Мета дослідження полягає в розробленні концептуальної моделі формування обчислювальної компетентності учнів базової середньої школи та обґрунтуванні методичних засад її практичної реалізації в процесі вивчення природничо-математичних дисциплін. Актуальність проблеми, детально розкрита в нашій попередній публікації [16], зумовлена вимогами Державного стандарту базової середньої освіти щодо формування обчислювальної компетентності на міжпредметному рівні та необхідністю подолання виявленого розриву між задекларованими освітніми результатами й реальним станом методичного забезпечення цього процесу.

Теоретико-методологічну основу дослідження становлять компетентнісний, діяльнісний, особистісно орієнтований, інтегративний, системний та STEM-орієнтований підходи; психолого-педагогічним підґрунтям слугують концепція навчання у співпраці (guided participation) Б. Рогофф [43], теорія поетапного формування пізнавальної навички Дж. Андерсона [25] та доробок Г. С. Костюка [10] щодо психічного розвитку особистості в навчальній діяльності, а також дослідження когнітивних особливостей сучасних підлітків — представників покоління Альфа. Використано методи теоретичного аналізу й систематизації психолого-педагогічної літератури та нормативних документів, метод педагогічного моделювання для розроблення структури концептуальної моделі, а також порівняльно-структурний аналіз чинних модельних навчальних програм з математики, фізики, хімії, біології та географії для виявлення міжпредметного потенціалу кожної дисципліни. Розроблено цілісну шестикомпонентну концептуальну модель, яка об'єднує методологічний, змістовий, процесуальний, технологічний, структурно-компонентний і результативний блоки та визначає логіку поетапного (5–6, 7–8, 9 класи) формування обчислювальної компетентності. На основі аналізу міжпредметних зв'язків алгебри й геометрії з фізикою, хімією, географією та біологією розроблено систему компетентнісних задач інтегрованого змісту, що ілюструють практичну реалізацію моделі на конкретному навчальному матеріалі базової середньої школи — від застосування стандартного вигляду числа під час вивчення будови атома в 7 класі до моделювання експоненційного росту популяції під час вивчення біології в 9 класі. Наукова новизна дослідження полягає в обґрунтуванні наближених обчислень як наскрізного механізму реалізації міжпредметних зв'язків, а не ізольованого розділу змісту навчання математики, та в розробленні конкретного методичного інструментарію, що відповідає когнітивним особливостям учнів покоління Альфа. Практичне значення результатів полягає в можливості безпосереднього використання розробленої моделі та системи

інтегрованих задач учителями математики, фізики, хімії, біології та географії закладів загальної середньої освіти для планування компетентісно орієнтованих уроків і міжпредметних проєктів, а також методичними службами під час підготовки навчально-методичних матеріалів у межах реалізації концепції Нової української школи.

Ключові слова: наближені обчислення, компетентнісний підхід, міжпредметна інтеграція, Нова українська школа, цифрові інструменти навчання, покоління Альфа, психолого-педагогічні засади, STEM-освіта.

A Conceptual Model for Developing Computational Competence in Basic Secondary School Students

Mytsyk Mariia

postgraduate student of the Department of Methods of Teaching Mathematics,
Ukrainian State University named after Mykhailo Dragomanov
Kyiv, Ukraine

e-mail: heme.meri@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-6538-5363>

Abstract. The aim of the study is to develop a conceptual model for the formation of computational competence in students of basic secondary school and to substantiate the methodological foundations for its practical implementation in the process of studying science and mathematics disciplines. The relevance of the problem, examined in detail in our previous publication [16], is determined by the requirements of the State Standard of Basic Secondary Education regarding the cross-curricular formation of computational competence and by the need to bridge the identified gap between declared educational outcomes and the actual state of methodological support for this process. The theoretical and methodological basis of the study comprises the competence-based, activity-based, person-centred, integrative, systemic, and STEM-oriented approaches; its psychological and pedagogical foundation rests on B. Rogoff's [43] concept of guided participation, J. Anderson's [25] theory of the stage-by-stage acquisition of cognitive skill, and H. Kostiuk's [10] work on the psychological development of personality in learning activity, as well as on research into the cognitive characteristics of contemporary adolescents belonging to Generation Alpha. The study employed methods of theoretical analysis and systematisation of psychological, pedagogical, and normative literature; the method of pedagogical modelling for developing the structure of the conceptual model; and comparative-structural analysis of current model curricula in mathematics, physics, chemistry, biology, and geography to identify the cross-curricular potential of each discipline. An integral six-component conceptual model was developed, comprising methodological, content, procedural, technological, structural-componential, and outcome blocks, defining the logic of the stage-by-stage formation of computational competence across Grades 5–6, 7–8, and 9. Based on an analysis of the cross-curricular links between algebra and geometry, on the one hand, and physics, chemistry, geography, and biology, on the other, a system of integrated competence-based tasks was developed to illustrate the practical implementation of the model using curricular content spanning basic secondary school — ranging from the use of standard form notation when studying atomic structure in Grade 7 to modelling exponential population growth in biology in Grade 9. The scientific novelty of the study lies in substantiating approximate calculation as a cross-cutting mechanism for implementing interdisciplinary links, rather than an isolated content unit in mathematics teaching, and in developing concrete methodological tools that account for the cognitive characteristics of Generation Alpha learners. The practical significance of the results lies in the possibility of directly using the developed model and system of integrated tasks by teachers of

mathematics, physics, chemistry, biology, and geography in general secondary education institutions for designing competence-based lessons and interdisciplinary projects, as well as by methodological services in preparing instructional materials within the framework of the New Ukrainian School reform.

Keywords: approximate calculation, competence-based approach, interdisciplinary integration, New Ukrainian School, digital learning tools, Generation Alpha, psychological and pedagogical foundations, STEM education.

Вступ

Актуальність проблеми. У нашому попередньому дослідженні [16] здійснено діагностику стану сформованості обчислювальної компетентності учнів 7–8 класів під час вивчення природничо-математичних дисциплін і встановлено, що ця компетентність сформована переважно на репродуктивному рівні, а вчителі відчують брак методичного забезпечення для її цілеспрямованого формування в міжпредметному контексті. Це актуалізує потребу в переході від констатації проблеми до її системного розв'язання — розроблення теоретично обґрунтованої концептуальної моделі, яка визначала б логіку, структуру та конкретний методичний інструментарій формування обчислювальної компетентності учнів базової середньої школи відповідно до вимог Державного стандарту базової середньої освіти [19] й концепції Нової української школи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Психолого-педагогічним підґрунтям моделювання процесу формування обчислювальної компетентності слугує концепція навчання у співпраці (guided participation) Б. Рогофф [43], яка розкриває роль соціальної взаємодії з більш компетентним партнером у пізнавальному розвитку дитини, та теорія поетапного формування пізнавальної навички Дж. Андерсона [25], що, розвиваючи трифазну модель Фіттса і Познера [32], обґрунтовує необхідність послідовного переходу від декларативного знання до автоматизованої (процедурної) розумової дії. Психологічні механізми навчання математики розкрито також у працях Ж. Піаже [42], Дж. Брунера [28] та Ю. Енгельста [31], а вітчизняну традицію дослідження психічного розвитку особистості в навчальній діяльності репрезентовано працями Г. С. Костюка [10]. Концептуальні засади компетентнісного підходу, що визначають логіку методологічного блоку моделі, представлені у працях Н. Бібік [2], О. Локшиної [13], О. Пометун [18]. Вікові психологічні особливості підлітків, які визначають процесуальний блок моделі (поетапність 5–6, 7–8, 9 класів), висвітлено у працях І. Бека [1] та І. Булах [3]. Безпосереднім методичним підґрунтям для проєктування системи компетентнісних задач слугують праці В. Швеця [21] щодо вдосконалення обчислювальної компетентності старшокласників під час навчання математики та В. Швеця і А. Прус [22] щодо концептуального моделювання практичної спрямованості навчання шкільного курсу математики. Питання формування математичної компетентності та інтегративних підходів до навчання математики активно розробляються й іншими сучасними дослідниками: О. Яковлева, С. Сапрікін та А. Дроць [23] обґрунтовують дидактичні умови формування математичної компетентності через нестандартні алгоритмічні підходи, а О. Мироненко та Т. Соловійова [15] пропонують інтегрований підхід до навчання вищої математики у взаємозв'язку з фаховими дисциплінами. Зазначені дослідження зосереджені на здобувачах вищої освіти, тоді як запропонована модель поширює логіку компетентнісної та міжпредметної інтеграції на учнівство базової середньої школи. Особливої методологічної ваги для проєктування технологічного блоку моделі набувають дослідження когнітивних особливостей покоління Альфа — R. Ziatdinov та J. Cilliers [46], A. Höfrová та ін. [35], а в українському контексті — О. Пасічник [17], які обґрунтовують потребу в поєднанні традиційних і цифрових форм роботи, практико-

орієнтованих і дослідницьких завдань. На відміну від згаданих досліджень, які розглядають психолого-педагогічні чинники здебільшого окремо один від одного, у нашому дослідженні ми вперше пропонуємо об'єднати їх в цілісну структуру педагогічної моделі, яка безпосередньо втілюється в методичний інструментарій навчання природничо-математичних дисциплін. Міжнародні дослідження також засвідчують зростання інтересу до інтеграції обчислювального мислення (computational thinking) у шкільну математичну освіту. S. W.-Y. Lee та ін. [37] емпірично довели, що математична грамотність учнів 8–9 класів опосередковує зв'язок між їхніми переконаннями щодо математики та рівнем сформованості обчислювального мислення, тоді як J. Guggemos [34] зосереджується на прогностичних чинниках розвитку обчислювального мислення на рівні старшої школи. На відміну від цих досліджень, що трактують обчислювальне мислення переважно як складник інформатичної, а не математичної освітньої галузі, F. Özdiñç та ін. [41] пропонують міждисциплінарний підхід через безмашинні (unplugged) програмувальні активності на межі математики й STEM-дисциплін. S. Van Borkulo та ін. [45] демонструють розвиток алгоритмічного мислення та навичок узагальнення безпосередньо на уроках математики засобами динамічного математичного програмного забезпечення — обидва підходи методологічно ближчі до логіки нашої моделі, зокрема до передбаченого технологічним блоком використання цифрових інструментів на кшталт GeoGebra. Дослідницький інтерес до обчислювального мислення поширюється і на підготовку самих учителів: S. Maharani та ін. [39] вивчають його прояви у майбутніх учителів математики під час розроблення поурочних планів. Питання інтеграції математики з природничими дисциплінами висвітлено також у працях M. C. Costa та A. Domingos [29] і A. Dominguez та ін. [30], які, однак, обмежуються рівнем початкової школи або підготовки інженерів, залишаючи поза увагою специфіку базової середньої школи. Важливим емпіричним підґрунтям слугують дослідження математичної грамотності учнів молодшого підліткового віку — O. H. Bolstad [27] на матеріалі норвезької школи 9 класу та M. Maamin та ін. [38] щодо впливу залученості учнів на навчальні досягнення з математики. У тому ж напрямі K. Gjicali та A. Lipnevich [33] на матеріалі американської вибірки міжнародного дослідження PISA простежують опосередкований вплив ставлення учнів до математики на їхні наміри, поведінкову залученість і результати навчання. Ці висновки доповнює нещодавній систематичний огляд N. Alvarez-Tinajero та ін. [24], який виявив фрагментарність наявних досліджень щодо поєднання математичних компетентностей і критичного мислення в середній школі. Проблематику реформування компетентнісно орієнтованих навчальних програм із природничо-математичних дисциплін розглянуто в роботах T. Nøjgaard та J. Sølberg [36] на матеріалі Данії та T. Nsengimana та ін. [40] на матеріалі країн Африки на південь від Сахари, що засвідчує глобальний характер проблеми, дотичної до теми цього дослідження. Суміжний аспект цієї проблематики — роль учительських чинників і підготовки вчителів — розкрито в систематичному огляді S. Schreiter та ін. [44], присвяченому навчанню статистичної та дата-грамотності в межах STEM-освіти K–12. Водночас жодне з проаналізованих досліджень не пропонує цілісної моделі формування саме обчислювальної компетентності на міжпредметному матеріалі базової середньої школи, що й зумовлює новизну пропонованого дослідження.

Виділення невіршеної частини проблеми. Попри наявність ґрунтовних психолого-педагогічних досліджень вікових особливостей підлітків і теоретичних засад компетентнісного підходу, невіршеним залишається питання їх системної інтеграції в конкретну методичну модель, яка не лише декларувала б міжпредметність обчислювальної компетентності, а й пропонувала практичний інструментарій — систему інтегрованих задач і завдань — для її реалізації на конкретному навчальному матеріалі базової середньої школи.

Мета статті. Метою статті є розроблення концептуальної моделі формування обчислювальної компетентності учнів базової середньої школи та обґрунтування методичних засад її практичної реалізації в процесі вивчення природничо-математичних дисциплін.

Наукова новизна. Наукова новизна дослідження полягає в тому, що вперше розроблено цілісну шестикомпонентну концептуальну модель формування обчислювальної компетентності, яка об'єднує методологічний, змістовий, процесуальний, технологічний, структурно-компонентний і результативний блоки в єдину систему; набула подальшого розвитку методика реалізації міжпредметних зв'язків математики з природничими дисциплінами через систему компетентнісних задач інтегрованого змісту, що безпосередньо ілюструють практичне застосування моделі.

Практичне значення. Практичне значення результатів полягає в можливості безпосереднього використання розробленої моделі та системи інтегрованих задач учителями математики, фізики, хімії, біології та географії для проєктування компетентісно орієнтованих уроків і міжпредметних проєктів, а також методичними службами під час підготовки навчально-методичних матеріалів у межах реалізації концепції Нової української школи.

Методологія

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених завдань застосовано комплекс теоретичних методів. Аналіз і систематизацію психолого-педагогічної та методичної літератури, а також нормативних документів (Державного стандарту базової середньої освіти, концепції Нової української школи) використано для обґрунтування методологічних засад моделі. Метод педагогічного моделювання застосовано для розроблення структури концептуальної моделі та визначення взаємозв'язків між її компонентами. Порівняльно-структурний аналіз чинних модельних навчальних програм з математики, фізики, хімії, біології та географії для 7–9 класів застосовано для виявлення міжпредметного потенціалу кожної дисципліни та розроблення на цій основі системи компетентнісних задач інтегрованого змісту.

Джерела даних. Джерельну базу дослідження становлять модельні навчальні програми, затверджені МОН України відповідно до концепції НУШ: інтегрований курс «Математика» та курси «Алгебра» і «Геометрія» для 7–9 класів [4, 7; 14], модельні програми з фізики [11], хімії [5; 12], біології [20] та географії [6; 8]. Емпіричним підґрунтям для побудови моделі слугували результати діагностувального етапу дослідження, детально викладені в нашій попередній публікації [16]; ці результати у даній статті не наводимо повторно, а лише узагальнено використовуємо для обґрунтування структури моделі.

Інструменти аналізу. Опрацювання нормативних і програмних документів здійснено методом якісного контент-аналізу (виокремлення тем, змістових ліній та вимог до математичної підготовки учнівства, дотичних до наближених обчислень) без застосування статистичного програмного забезпечення, оскільки стаття має теоретико-методичний, а не емпірично-статистичний характер.

Обмеження дослідження. Розроблена модель та система компетентнісних задач мають теоретико-методичний характер. Детальний порівняльно-структурний аналіз програмних документів охоплює переважно модельні навчальні програми для 7–9 класів, тоді як базово-операційний етап (5–6 класи) схарактеризовано на рівні загальних методичних принципів без окремого зіставлення відповідних модельних програм — це окреслює перспективу для подальшої деталізації моделі. Експериментальна перевірка ефективності моделі та системи задач у реальному освітньому процесі не входить до завдань цієї статті й становитиме предмет окремої подальшої публікації.

Результати

Розроблена концептуальна модель формування обчислювальної компетентності учнівства базової середньої школи об'єднує шість взаємопов'язаних блоків, структуру яких узагальнено в табл. 1.

Таблиця 1

Структурні компоненти концептуальної моделі формування обчислювальної компетентності учнівства базової середньої школи

Блок моделі	Основний зміст
Методологічний	Компетентнісний, діяльнісний, особистісно орієнтований, інтегративний, системний, STEM-орієнтований підходи; наукове підґрунтя — концепція Б. Рогофф, теорія Дж. Андерсона та доробок Г. С. Костюка.
Змістовий	Внесок математики, фізики, хімії, біології, географії у формування обчислювальних умінь відповідно до освітніх галузей «Математична» та «Природнича» Державного стандарту базової середньої освіти.
Процесуальний	Три етапи: базово-операційний (5–6 кл.) — обчислювальна грамотність; прикладний (7–8 кл.) — обчислювальна функціональність; дослідницько-інтегративний (9 кл.) — сформована компетентність.
Технологічний	Форми (урок-дослідження, STEM-проект, лабораторний практикум), методи (проблемне навчання, кейс-метод, моделювання), засоби (GeoGebra, цифрові лабораторії) та система компетентнісних задач інтегрованого змісту (табл. 2).
Структурно-компонентний	Мотиваційний, когнітивний, операційно-діяльнісний, цифровий, рефлексивно-оцінний компоненти.
Результативний	Критерії (точність, обґрунтованість вибору способу обчислення: усного, письмового чи з використанням засобів ІКТ, здатність застосовувати обчислення в нових ситуаціях) і рівні (початковий, базовий, достатній, високий).

Методичну реалізацію технологічного блоку моделі забезпечує система міжпредметних зв'язків алгебри й геометрії з природничими дисциплінами; окремі з цих зв'язків на загальному рівні вже було окреслено в нашій попередній публікації [16], тоді як у цій статті їх вперше деталізовано у вигляді структурованої системи компетентнісних задач, розробленої на основі аналізу чинних модельних навчальних програм.

Найтісніші зв'язки простежуються між курсами математики й фізики: поняття степеня з цілим показником та стандартного вигляду числа, що опрацьовують на уроках алгебри в 7–8 класах, знаходить безпосереднє застосування під час вивчення будови атома й кількості молекул на уроках фізики в 7 класі. У 8 класі використання формул для обчислення густини речовини, тиску, роботи й потужності спирається на сформовані на уроках алгебри навички дій з раціональними числами, відсотковими розрахунками та найпростішими рівняннями.

На основі виявлених міжпредметних зв'язків розроблено систему компетентнісних задач інтегрованого змісту, приклади якої узагальнено в табл. 2.

*Приклади компетентнісних задач інтегрованого природничо-математичного змісту
(7-9 класи)*

[illegible]

	Географія	температури $+20^{\circ}\text{C}$ максимальний вміст водяної пари в повітрі становить 17 г/м^3 . Обчисліть абсолютну вологість і поясніть, чому результат є наближеним.
8	Алгебра + Хімія	Обчисліть кількість речовини та об'єм $8,8\text{ г}$ вуглекислого газу CO_2 за нормальних умов. Округліть проміжні результати до сотих і поясніть вплив накопичення похибок округлення на кінцеву остаточну відповідь.
9	Алгебра + Біологія	Популяція бактерій у культурі щодня подвоюється за умови необмеженого живлення; початкова кількість становить приблизно 200 клітин. Складіть формулу для наближеного обчислення кількості клітин через n діб (у припущенні стабільного подвоєння) і обчисліть її значення через 10 діб, використовуючи степінь числа 2. Через обмеженість поживних ресурсів фактична кількість клітин на 10-ту добу, за даними спостереження, становить приблизно 153 600 клітин. Обчисліть відносну похибку наближеної моделі (у відсотках від реального значення) і поясніть, чому врахування обмежених ресурсів є важливим для точності математичного моделювання біологічних процесів.

Розроблена система задач реалізує наближені обчислення не як самостійний розділ змісту, а як наскрізний інструмент, що супроводжує розв'язування завдань із різних предметних галузей, послідовно ускладнюючись відповідно до процесуального блоку моделі: від застосування готового алгоритму (7 клас) через самостійний вибір способу обчислення й оцінювання похибки (8 клас) до побудови та критичного оцінювання власної розрахункової моделі (9 клас).

Обговорення

Інтерпретація результатів. Побудова моделі та системи інтегрованих задач безпосередньо відповідає на методичні прогалини, виявлені під час діагностувального етапу дослідження [16]: відсутність чітких орієнтирів у модельних навчальних програмах компенсується деталізованою структурою технологічного блоку моделі, а брак міжпредметних навчальних кейсів — розробленою системою компетентнісних задач, що спираються на реальний зміст чинних програм із математики, фізики, хімії та географії.

Порівняння з іншими дослідженнями. На відміну від досліджень Н. Бібік [2] та О. Пометун [18], які розглядають компетентнісний підхід переважно на загальнодидактичному рівні, запропонована модель деталізує його застосування до конкретної, вузько окресленої компетентності на матеріалі декількох навчальних предметів одночасно. Розроблена модель також розвиває підхід В. Швеця та А. Прус [22] до концептуального моделювання практичної спрямованості шкільного курсу математики: якщо їхня модель стосується практичної спрямованості курсу математики загалом і охоплює переважно старшу школу [21], то представлена модель конкретизує цю логіку стосовно обчислювальної компетентності, поширює її на міжпредметний контекст природничих дисциплін і переносить на молодший віковий етап — учнівство базової середньої школи. Здобуті результати узгоджуються з висновками А. Höfrová та ін. [35] і R. Ziatdinov та J. Cilliers [46] щодо доцільності поєднання традиційних і цифрових форм роботи для покоління Альфа: технологічний блок моделі передбачає

використання GeoGebra та цифрових лабораторій поряд із класичними компетентнісними задачами.

Наукова новизна. Новизна дослідження полягає в переході від декларативного визнання міжпредметності обчислювальної компетентності (що є типовим для більшості проаналізованих досліджень) до розробленої, деталізованої на рівні конкретних тем і класів системи її методичної реалізації, яка може бути безпосередньо використана вчителем без додаткової методичної переробки.

Практичне значення. Розроблена система компетентнісних задач може використовуватися вчителями математики, фізики, хімії, географії та біології як готовий дидактичний матеріал для уроків, домашніх завдань і міжпредметних проєктів; авторами підручників і модельних навчальних програм — як приклад інтеграції змісту; закладами післядипломної педагогічної освіти — під час підготовки вчителів до реалізації компетентнісного підходу.

Висновки

У результаті дослідження розроблено цілісну концептуальну модель формування обчислювальної компетентності учнів базової середньої школи, яка об'єднує методологічний, змістовий, процесуальний, технологічний, структурно-компонентний і результативний блоки та визначає логіку поетапного формування обчислювальної компетентності впродовж навчання в 5–9 класах.

На основі аналізу міжпредметних зв'язків алгебри й геометрії з фізикою, хімією, географією та біологією розроблено систему компетентнісних задач інтегрованого змісту, що забезпечує практичну реалізацію технологічного блоку моделі на конкретному навчальному матеріалі базової середньої школи.

Перспективи подальших досліджень убачаємо в експериментальній перевірці ефективності розробленої моделі та системи задач в умовах реального освітнього процесу, а також у розширенні системи компетентнісних задач на матеріал 5–6 класів та в деталізації порівняльного аналізу відповідних модельних навчальних програм для цього етапу.

Список використаних джерел

1. Бех І. Д. Міжвікові перетворення і ціннісні градації особистості, що зростає. Методист. 2020. № 11–12. С. 64–77.
2. Бібік Н. М. Компетентнісний підхід: рефлексивний аналіз застосування. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи / за заг. ред. О. В. Овчарук. Київ : К.І.С., 2004. С. 45–50.
3. Булах І. С. Психологія особистісного зростання підлітка : монографія. Київ : Нілан-ЛТД, 2016.
4. Бурда М. І., Тарасенкова Н. А., Васильєва Д. В. Алгебра. Геометрія : модельна навчальна програма для 7–9 класів : затв. наказом М-ва освіти і науки України від 24.07.2023 № 883. Київ, 2023.
5. Григорович О. В. Хімія : модельна навчальна програма для 7–9 класів. Київ, 2023.
6. Запотоцький С. П., Карпюк Г. І. та ін. Географія : модельна навчальна програма для 6–9 класів. Київ, 2022.
7. Істер О. С. Математика : модельна навчальна програма (інтегрований курс) для 7–9 класів. Київ, 2023.
8. Кобернік С. Г., Коваленко Р. Р., Гільберг Т. Г., Даценко Л. М. Географія : модельна навчальна програма для 6–9 класів (у редакції наказу М-ва освіти і науки України від 09.02.2022 № 143). Київ, 2022.

9. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи / за заг. ред. О. В. Овчарук. Київ : К.І.С., 2004.
10. Костюк Г. С. Навчально-виховний процес і психічний розвиток особистості / за ред. Л. М. Проколієнко. Київ : Рад. школа, 1989. 608 с.
11. Кременський Б. Г., Гельфгат І. М., Божинова Ф. Я., Ненашев І. Ю., Кірюхіна О. О. Фізика : модельна навчальна програма для 7–9 класів : затв. наказом М-ва освіти і науки України від 24.12.2024 № 1787. Київ, 2024.
12. Лашевська Г. А. Хімія : модельна навчальна програма для 7–9 класів. Київ, 2023.
13. Локшина О. І. Моніторинг рівнів досягнень компетентностей: інноваційні підходи. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи / за заг. ред. О. В. Овчарук. Київ : К.І.С., 2004. С. 26–33.
14. Мерзляк А. Г., Номіровський Д. А., Пихтар М. П., Рубльов Б. В., Семенов В. В., Якір М. С. Алгебра ; Геометрія : модельні навчальні програми для 7–9 класів. Київ, 2023.
15. Мироненко О. В., Соловйова Т. В. Інтегрований підхід до навчання вищої математики: взаємозв'язок фундаментальної підготовки та фахових дисциплін. Академічні візії. 2026. № 55. DOI: <https://doi.org/10.66556/2786-586X.55.myronenko-o>
16. Мицик М. Проблема формування обчислювальної компетентності в учнів базової середньої школи під час вивчення природничо-математичних дисциплін. Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія «Педагогічні науки». 2025. № 4. С. 191–197. DOI: <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2025-4-191-197>
17. Пасічник О. С. Переосмислення вікових психологічних особливостей учнів 7–9 класів та їх вплив на оволодіння іноземною мовою. Український педагогічний журнал. 2023. № 4. С. 115–130. DOI: <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2023-4-115-130>
18. Пометун О. І. Компетентнісний підхід у сучасній історичній освіті. Історія в школах України. 2007. № 6.
19. Про затвердження Державного стандарту базової середньої освіти : Постанова Кабінету Міністрів України від 30.09.2020 № 898. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-п#Text> (дата звернення: 19.08.2026).
20. Соболев В. І. Біологія : модельна навчальна програма для 7–9 класів. Київ, 2023.
21. Швець В. Удосконалення обчислювальної компетентності старшокласників під час навчання математики. Дидактика математики: теорія, досвід, інновації. 2024. № 1. С. 7–20.
22. Швець В., Прус А. Концептуальна модель реалізації практичної спрямованості навчання шкільного курсу математики. Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія «Педагогічні науки». 2025. № 3. С. 81–88. DOI: <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2025-3-81-88>
23. Яковлева О. М., Сапрікін С. М., Дроць А. І. Формування математичної компетентності студентів шляхом впровадження методів пошуку нестандартних алгоритмічних рішень. Академічні візії. 2026. № 55. DOI: <https://doi.org/10.66556/2786-586X.55.yakovlieva-o>
24. Alvarez-Tinajero N., Basantes-Andrade A., Ayala-Vasquez O., Pereira-Gonzalez L.-M., Arciniegas-Romero G. Mathematical competencies and critical thinking in secondary education: A PRISMA-based systematic review (2019-2025). F1000Research. 2025. Vol. 14. Art. 1407. DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.173462.1>
25. Anderson J. R. Acquisition of cognitive skill. Psychological Review. 1982. Vol. 89, No. 4. P. 369–406. DOI: <https://doi.org/10.1037/0033-295X.89.4.369>

26. Bolstad O. H. Secondary teachers' operationalisation of mathematical literacy. *European Journal of Science and Mathematics Education*. 2020. Vol. 8, No. 3. P. 115–135. DOI: <https://doi.org/10.30935/scimath/9551>
27. Bolstad O. H. Lower secondary students' encounters with mathematical literacy. *Mathematics Education Research Journal*. 2021. Vol. 35. P. 237–253. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13394-021-00386-7>
28. Bruner J. S. *The process of education*. Cambridge, MA : Harvard University Press, 1960.
29. Costa M. C., Domingos A. Mathematics education: Promoting interdisciplinarity with science and technology. *Research in Mathematics*. 2022. Vol. 9, No. 1. Art. 2134628. DOI: <https://doi.org/10.1080/27684830.2022.2134628>
30. Dominguez A., De la Garza J., Quezada-Espinoza M., Zavala G. Integration of physics and mathematics in STEM education: Use of modeling. *Education Sciences*. 2024. Vol. 14, No. 1. Art. 20. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci14010020>
31. Engeström Y. *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki : Orienta-Konsultit, 1987.
32. Fitts P. M., Posner M. I. *Human performance*. Belmont, CA : Brooks/Cole, 1967.
33. Gjicali K., Lipnevich A. A. Got math attitude? (In)direct effects of student mathematics attitudes on intentions, behavioral engagement, and mathematics performance in the US PISA. *Contemporary Educational Psychology*. 2021. Vol. 67. Art. 102019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2021.102019>
34. Guggemos J. On the predictors of computational thinking and its growth at the high-school level. *Computers & Education*. 2021. Vol. 161. Art. 104060. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104060>
35. Höfrová A., Balidemaj V., Small M. A systematic literature review of education for Generation Alpha. *Discover Education*. 2024. Vol. 3. Art. 125. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00218-3>
36. Højgaard T., Sølberg J. Fostering competence: A narrative case study of developing a two-dimensional curriculum in Denmark. *Journal of Curriculum Studies*. 2023. Vol. 55, No. 2. P. 223–250. DOI: <https://doi.org/10.1080/00220272.2023.2196570>
37. Lee S. W.-Y., Tu H.-Y., Chen G.-L., Lin H.-M. Exploring the multifaceted roles of mathematics learning in predicting students' computational thinking competency. *International Journal of STEM Education*. 2023. Vol. 10. Art. 64. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00455-2>
38. Maamin M., Maat S. M., Iksan Z. H. The influence of student engagement on mathematical achievement among secondary school students. *Mathematics*. 2022. Vol. 10, No. 1. Art. 41. DOI: <https://doi.org/10.3390/math10010041>
39. Maharani S., Nusantara T., As'ari A. R., Qohar A. Exploring the computational thinking of our pre-service mathematics teachers in prepare of lesson plan. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1783, No. 1. Art. 012101. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012101>
40. Nsengimana T., Mugabo L. R., Hiroaki O., Nkundabakura P. Reflection on science competence-based curriculum implementation in Sub-Saharan African countries. *International Journal of Science Education*. 2024. Vol. 47, No. 8. P. 1071–1084. DOI: <https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1778210>
41. Özdiñç F., Kaya G., Mumcu F., Yıldız B. Integration of computational thinking into STEM activities: An example of an interdisciplinary unplugged programming activity. *Science Activities*. 2022. Vol. 59, No. 3. P. 151–159. DOI: <https://doi.org/10.1080/00368121.2022.2071817>
42. Piaget J. *The psychology of the child*. New York : Basic Books, 1972.

43. Rogoff B. Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context. New York : Oxford University Press, 1990.
44. Schreiter S., Friedrich A., Fuhr H., Malone S., Brünken R., Kuhn J., Vogel M. Teaching for statistical and data literacy in K–12 STEM education: A systematic review on teacher variables, teacher education, and impacts on classroom practice. *ZDM – Mathematics Education*. 2023. Vol. 56, No. 1. P. 31–45. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01531-1>
45. Van Borkulo S., Chytas C., Drijvers P., Barendsen E., Tolboom J. Computational thinking in the mathematics classroom: Fostering algorithmic thinking and generalization skills using dynamic mathematics software. *Proceedings of WiPSCE '21*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1145/3481312.3481319>
46. Ziatdinov R., Cilliers J. Generation Alpha: Understanding the next cohort of university students. *European Journal of Contemporary Education*. 2021. Vol. 10, No. 3. P. 783–789. DOI: <https://doi.org/10.13187/ejced.2021.3.783>

References

1. Alvarez-Tinajero, N., Basantes-Andrade, A., Ayala-Vasquez, O., Pereira-Gonzalez, L.-M., & Arciniegas-Romero, G. (2025). Mathematical competencies and critical thinking in secondary education: A PRISMA-based systematic review (2019-2025). *F1000Research*, 14, 1407. <https://doi.org/10.12688/f1000research.173462.1>
2. Anderson, J. R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89(4), 369–406. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.89.4.369>
3. Bekh, I. D. (2020). Mizhvikovi peretvorennia i tsinnisni hradatsii osobystosti, shcho zrostaie [Cross-age transformations and value gradations of the growing personality]. *Metodyst*, (11–12), 64–77.
4. Bibik, N. M. (2004). Kompetentnisnyi pidkhid: refleksyvnyi analiz zastosuvannia [The competence-based approach: a reflexive analysis of its application]. In O. V. Ovcharuk (Ed.), *Kompetentnisnyi pidkhid u suchasni osviti: svitovyi dosvid ta ukrainski perspektyvy* [The competence-based approach in modern education: world experience and Ukrainian perspectives] (pp. 45–50). K.I.S.
5. Bolstad, O. H. (2020). Secondary teachers' operationalisation of mathematical literacy. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 115–135. <https://doi.org/10.30935/scimath/9551>
6. Bolstad, O. H. (2021). Lower secondary students' encounters with mathematical literacy. *Mathematics Education Research Journal*, 35, 237–253. <https://doi.org/10.1007/s13394-021-00386-7>
7. Bruner, J. S. (1960). *The process of education*. Harvard University Press.
8. Bulakh, I. S. (2016). *Psykhohohiia osobystisnoho zrostantia pidlitka: monohrafiia* [Psychology of adolescent personal growth: a monograph]. Nilan-LTD.
9. Burda, M. I., Tarasenkova, N. A., & Vasylieva, D. V. (2023). *Alhebra; Heometriia. Modelni navchalni prohramy dlia 7–9 klasiv* [Algebra; Geometry. Model curricula for grades 7–9] (approved by Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 883 of 24.07.2023). Ministry of Education and Science of Ukraine.
10. Costa, M. C., & Domingos, A. (2022). Mathematics education: Promoting interdisciplinarity with science and technology. *Research in Mathematics*, 9(1), Article 2134628. <https://doi.org/10.1080/27684830.2022.2134628>
11. Dominguez, A., De la Garza, J., Quezada-Espinoza, M., & Zavala, G. (2024). Integration of physics and mathematics in STEM education: Use of modeling. *Education Sciences*, 14(1), 20. <https://doi.org/10.3390/educsci14010020>
12. Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Orienta-Konsultit.
13. Fitts, P. M., & Posner, M. I. (1967). *Human performance*. Brooks/Cole.

14. Gjicali, K., & Lipnevich, A. A. (2021). Got math attitude? (In)direct effects of student mathematics attitudes on intentions, behavioral engagement, and mathematics performance in the US PISA. *Contemporary Educational Psychology*, 67, 102019. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2021.102019>
15. Guggemos, J. (2021). On the predictors of computational thinking and its growth at the high-school level. *Computers & Education*, 161, 104060. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104060>
16. Höfrová, A., Balidemaj, V., & Small, M. (2024). A systematic literature review of education for Generation Alpha. *Discover Education*, 3, Article 125. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00218-3>
17. Højgaard, T., & Sølberg, J. (2023). Fostering competence: A narrative case study of developing a two-dimensional curriculum in Denmark. *Journal of Curriculum Studies*, 55(2), 223–250. <https://doi.org/10.1080/00220272.2023.2196570>
18. Hryhorovych, O. V. (2023). Khimiia. Modelna navchalna prohrama dlia 7–9 klasiv [Chemistry. Model curriculum for grades 7–9]. Ministry of Education and Science of Ukraine.
19. Ister, O. S. (2023). Matematyka. Modelna navchalna prohrama (intehrovanyi kurs) dlia 7–9 klasiv [Mathematics. Model curriculum (integrated course) for grades 7–9]. Ministry of Education and Science of Ukraine.
20. Kobernik, S. H., Kovalenko, R. R., Hilberh, T. H., & Datsenko, L. M. (2022). Heohrafiia. Modelna navchalna prohrama dlia 6–9 klasiv [Geography. Model curriculum for grades 6–9] (as amended by Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 143 of 09.02.2022). Ministry of Education and Science of Ukraine.
21. Kostiuk, H. S. (1989). Navchalno-vykhovnyi protses i psikhichni rozvytok osobystosti [The teaching-and-upbringing process and the mental development of personality]. *Radianska shkola*.
22. Kreminskyi, B. H., Helfhat, I. M., Bozhynova, F. Ya., Nenashev, I. Yu., & Kiriukhina, O. O. (2024). Fyzyka. Modelna navchalna prohrama dlia 7–9 klasiv [Physics. Model curriculum for grades 7–9] (approved by Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 1787 of 24.12.2024). Ministry of Education and Science of Ukraine.
23. Lashevskia, H. A. (2023). Khimiia. Modelna navchalna prohrama dlia 7–9 klasiv [Chemistry. Model curriculum for grades 7–9]. Ministry of Education and Science of Ukraine.
24. Lee, S. W.-Y., Tu, H.-Y., Chen, G.-L., & Lin, H.-M. (2023). Exploring the multifaceted roles of mathematics learning in predicting students' computational thinking competency. *International Journal of STEM Education*, 10, Article 64. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00455-2>
25. Lokshyna, O. I. (2004). Monitorynh rivniv dosiahnen kompetentnostei: innovatsiini pidkhody [Monitoring levels of competence achievement: innovative approaches]. In O. V. Ovcharuk (Ed.), *Kompetentnisnyi pidkhid u suchasni osviti: svitovyi dosvid ta ukrainski perspektyvy* [The competence-based approach in modern education: world experience and Ukrainian perspectives] (pp. 26–33). K.I.S.
26. Maamin, M., Maat, S. M., & H. Iksan, Z. (2022). The influence of student engagement on mathematical achievement among secondary school students. *Mathematics*, 10(1), 41. <https://doi.org/10.3390/math10010041>
27. Maharani, S., Nusantara, T., As'ari, A. R., & Qohar, A. (2021). Exploring the computational thinking of our pre-service mathematics teachers in prepare of lesson plan. *Journal of Physics: Conference Series*, 1783(1), 012101. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012101>
28. Merzliak, A. H., Nomirovskyi, D. A., Pykhtar, M. P., Rublov, B. V., Semenov, V. V., & Yakir, M. S. (2023). Alhebra; Heometriia. Modelni navchalni prohramy dlia 7–9 klasiv

[Algebra; Geometry. Model curricula for grades 7–9]. Ministry of Education and Science of Ukraine.

29. Myronenko, O. V., & Solovyova, T. V. (2026). Intehrovanyi pidkhd do navchannia vyshchoi matematyky: vzaiemozviazok fundamentalnoi pidhotovky ta fakhovykh dystsyplin [An integrated approach to teaching higher mathematics: the relationship between fundamental training and professional disciplines]. *Akademichni Vizii*, (55). <https://doi.org/10.66556/2786-586X.55.myronenko-o>

30. Mytsyk, M. (2025). Problema formuvannia obchysliuvalnoi kompetentnosti v uchniv bazovoi serednoi shkoly pid chas vyvchennia pryrodnycho-matematychnykh dystsyplin [The problem of forming computational competence in basic secondary school students in the study of science and mathematics disciplines]. *Visnyk Cherkaskoho Natsionalnoho Universytetu imeni Bohdana Khmelnytskoho. Seriiia "Pedahohichni Nauky"*, (4), 191–197. <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2025-4-191-197>

31. Nsengimana, T., Mugabo, L. R., Hiroaki, O., & Nkundabakura, P. (2024). Reflection on science competence-based curriculum implementation in Sub-Saharan African countries. *International Journal of Science Education*, 47(8), 1071–1084. <https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1778210>

32. Ovcharuk, O. V. (Ed.). (2004). Kompetentnisnyi pidkhd u suchasni osviti: svitovyi dosvid ta ukraïnski perspektyvy [The competence-based approach in modern education: world experience and Ukrainian perspectives]. K.I.S.

33. Özdiñç, F., Kaya, G., Mumcu, F., & Yıldız, B. (2022). Integration of computational thinking into STEM activities: An example of an interdisciplinary unplugged programming activity. *Science Activities*, 59(3), 151–159. <https://doi.org/10.1080/00368121.2022.2071817>

34. Pasichnyk, O. S. (2023). Pereosmyslennia vikovykh psykholohichnykh osoblyvostei uchniv 7–9 klasiv ta yikh vplyv na ovolodinnia inozemnoiu movoiu [Rethinking the age-related psychological characteristics of grade 7–9 students and their impact on foreign language acquisition]. *Ukrainskyi Pedahohichnyi Zhurnal*, (4), 115–130. <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2023-4-115-130>

35. Piaget, J. (1972). *The psychology of the child*.

36. Pometun, O. I. (2007). Kompetentnisnyi pidkhd u suchasni istorychnii osviti [The competence-based approach in modern history education]. *Istoriia v Shkolakh Ukrainy*, (6).

37. Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. Oxford University Press.

38. Schreiter, S., Friedrich, A., Fuhr, H., Malone, S., Brünken, R., Kuhn, J., & Vogel, M. (2023). Teaching for statistical and data literacy in K–12 STEM education: A systematic review on teacher variables, teacher education, and impacts on classroom practice. *ZDM – Mathematics Education*, 56(1), 31–45. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01531-1>

39. Shvets, V. (2024). Udoskonalennia obchysliuvalnoi kompetentnosti starshoklasnykiv pid chas navchannia matematyky [Improving the computational competence of senior secondary school students in the process of teaching mathematics]. *Dydaktyka Matematyky: Teoriia, Dosvid, Innovatsii*, (1), 7–20.

40. Shvets, V., & Prus, A. (2025). Kontseptualna model realizatsii praktychnoi spriamovanosti navchannia shkilnoho kursu matematyky [A conceptual model for implementing the practical orientation of school mathematics teaching]. *Visnyk Cherkaskoho Natsionalnoho Universytetu imeni Bohdana Khmelnytskoho. Seriiia "Pedahohichni Nauky"*, (3), 81–88. <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2025-3-81-88>

41. Sobol, V. I. (2023). *Biologiia. Modelna navchalna prohrama dlia 7–9 klasiv* [Biology. Model curriculum for grades 7–9]. Ministry of Education and Science of Ukraine.

42. State standard of basic secondary education (2020). Approved by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 898 of 30.09.2020. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-п#Text>
43. Van Borkulo, S., Chytas, C., Drijvers, P., Barendsen, E., & Tolboom, J. (2021). Computational thinking in the mathematics classroom: Fostering algorithmic thinking and generalization skills using dynamic mathematics software. *Proceedings of WiPSCE '21*. <https://doi.org/10.1145/3481312.3481319>
44. Yakovlieva, O. M., Saprikin, S. M., & Drots, A. I. (2026). Formuvannia matematychnoi kompetentnosti studentiv shliakhom vprovadzhennia metodiv poshuku nestandartnykh alhorytmichnykh rishen [Formation of students' mathematical competence through the implementation of methods for finding non-standard algorithmic solutions]. *Akademichni Vizii*, (55). <https://doi.org/10.66556/2786-586X.55.yakovlieva-o>
45. Zapototskyi, S. P., Karpiuk, H. I., et al. (2022). *Heohrafiia. Modelna navchalna prohrama dlia 6–9 klasiv* [Geography. Model curriculum for grades 6–9]. Ministry of Education and Science of Ukraine.
46. Ziatdinov, R., & Cilliers, J. (2021). Generation Alpha: Understanding the next cohort of university students. *European Journal of Contemporary Education*, 10(3), 783–789. <https://doi.org/10.13187/ejced.2021.3.783>