

УДК 373.5.016:53:004.8

DOI <https://doi.org/10.32782/cusu-pmtp-2025-2-6>

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК РЕСУРС МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Ілін Микола Михайлович,

аспірант 3-го року навчання кафедри фізики та астрономії

Карпатського національного університету імені Василя Стефаника

ORCID ID: 0009-0000-5507-0071

Мета статті полягає у визначенні педагогічного потенціалу інструментів штучного інтелекту (далі – ШІ) для модернізації методики викладання фізики в закладах загальної середньої освіти, а також у формуванні практичних рекомендацій щодо інтеграції цих технологій у навчальний процес.

У дослідженні застосовано комплексний методологічний підхід, що містить теоретичний аналіз і синтез сучасних науково-педагогічних джерел, порівняльний аналіз досвіду впровадження AI-технологій у країнах – лідерах освіти (США, Фінляндія, Сінгапур), узагальнення успішних практик і педагогічне моделювання для розробки авторської методики використання ШІ у викладанні фізики. Джерельну базу становлять публікації іноземних учених, міжнародні освітні звіти та практичні кейси застосування AI-технологій.

У результаті доведено, що інструменти ШІ мають значний потенціал для персоналізації та підвищення ефективності навчання фізики. Виокремлено п'ять основних категорій AI-рішень: інтелектуальні навчальні чатботи (наприклад, ChatGPT, Khanmigo), адаптивні системи навчання, автоматизовані системи оцінювання, віртуальні лабораторії та симуляції, а також рекомендаційні алгоритми навчального контенту. Визначено, що їх інтеграція сприяє індивідуалізації освітніх траєкторій, підвищенню залученості учнів, формуванню критичного мислення та покращенню візуалізації абстрактних фізичних понять. На прикладі США, Фінляндії та Сінгапуру показано успішні моделі впровадження AI-технологій, що призвели до підвищення мотивації учнів та покращення результатів навчання. Окремо запропоновано авторську методику «співпраці з AI-асистентом», яка поєднує функції віртуального наставника з груповими формами роботи та рефлексивними практиками. Водночас акцентовано на ризиках використання ШІ: недостатній підготовці педагогів, цифровій нерівності, потенційних помилках алгоритмів, загрозах академічній доброчесності та необхідності дотримання етичних стандартів.

Зроблено висновок, що штучний інтелект є дієвим ресурсом модернізації методики викладання фізики, здатним підвищити якість освітнього процесу, проте його ефективне впровадження потребує інвестицій у підготовку педагогів, розвиток інфраструктури та створення етичних меж. Оптимальним є підхід, за якого вчитель і ШІ працюють у тандемі, поєднуючи педагогічну компетентність із технологічними можливостями. Така синергія здатна створити інноваційне, гнучке та гуманістичне навчальне середовище, що відповідає викликам сучасної освіти.

Ключові слова: штучний інтелект, викладання фізики, адаптивні системи навчання, AI-асистенти, віртуальні лабораторії, персоналізоване навчання, міжнародний досвід.

Ilyn Mykola. Artificial intelligence tools as a resource for modernizing the methodology of teaching physics in general secondary education institutions

The purpose of the article is to determine the pedagogical potential of artificial intelligence (AI) tools for modernizing the methods of teaching physics in general secondary education, as well as to formulate practical recommendations for integrating these technologies into the educational process.

The study applies a comprehensive methodological approach, including theoretical analysis and synthesis of modern scientific and pedagogical sources, comparative analysis of the experience of implementing AI technologies in leading countries (USA, Finland, Singapore), generalization of successful practices and pedagogical modeling to develop the author's methodology for using AI in physics teaching. The source base includes publications by foreign scientists, international educational reports, and practical cases of AI technologies.

As a result, it is proved that AI tools have significant potential for personalizing and improving the effectiveness of physics education. Five main categories of AI solutions have been identified: intelligent educational chatbots (e.g., ChatGPT, Khanmigo), adaptive learning systems, automated assessment systems, virtual laboratories and simulations, and recommendation algorithms for educational content. It has been determined that their integration contributes to the individualization of educational trajectories, increased student engagement, the formation of critical thinking, and improved visualization of abstract physical concepts. The article shows successful models of AI technologies implementation in the USA, Finland, and Singapore, which led to increased student motivation and improved learning outcomes. The author's own methodology of "cooperation with an AI assistant" is proposed, which combines the functions of a virtual tutor with group work and reflective practices. At the same time, the author emphasizes the risks of using AI: insufficient training of teachers, digital inequality, potential algorithmic errors, threats to academic integrity, and the need to comply with ethical standards.

It is concluded that artificial intelligence is an effective resource for modernizing physics teaching methods that can improve the quality of the educational process, but its effective implementation requires investment in teacher training, infrastructure development, and the creation of an ethical framework. The optimal approach is when a teacher and AI work in tandem, combining pedagogical competence with technological capabilities. This synergy can create an innovative, flexible, and humanistic learning environment that meets the challenges of modern education.

Key words: artificial intelligence, physics teaching, adaptive learning systems, AI assistants, virtual laboratories, personalized learning, international experience.

Вступ. Сучасний етап розвитку освіти характеризується стрімким впровадженням технологій штучного інтелекту (далі – ШІ) в навчальний процес. ШІ здатний опрацьовувати величезні масиви інформації, генерувати новий контент та підтримувати ухвалення рішень через прогнозні аналізи. У сфері освіти ці можливості вже трансформують традиційні відносини між учителем і учнем у тристоронню взаємодію «вчитель – ШІ – учень» [4]. Це робить актуальним переосмислення ролі вчителя та модернізацію методик викладання: педагог має стати фасилітатором, який ефективно використовує інструменти ШІ задля підвищення якості навчання.

Особливо гостро постає питання модернізації методики навчання фізики. Фізика в старшій школі – складний для багатьох учнів предмет, що потребує глибокого розуміння абстрактних концепцій та математичного апарату (чим і пояснюється її репутація як «найважчої» серед дисциплін) [6]. Традиційні підходи нерідко призводять до низького рівня зацікавленості учнів і поверхового засвоєння матеріалу. Водночас фізика є фундаментальною наукою, базою для інженерно-технічних спеціальностей, тому важливо знайти шляхи підвищення ефективності її вивчення. Інструменти ШІ відкривають нові можливості: персоналізовані траєкторії навчання, адаптивні тренажери, віртуальні експерименти та негайний зворотний зв'язок можуть суттєво покращити розуміння фізичних явищ і підвищити мотивацію школярів до навчання [8, с. 154].

Наукова спільнота та освітні системи провідних країн уже усвідомили актуальність цієї теми. За даними ЮНЕСКО, досі лише небагато країн чітко визначили необхідні компетентності педагогів для роботи із ШІ, і більшість учителів у світі не має належної підготовки для ефективного використання таких технологій [4]. Водночас у країнах – лідерах освіти активно експериментують із ШІ на уроках. Наприклад, у Фінляндії проведено пілотний проєкт з метакогнітивним AI-асистентом MAI на уроках фізики: учні 12–13 років відзначили, що ШІ-агент допомагав їм краще зрозуміти сутність завдань та навіть краще запам'ятати пройдений матеріал [7]. Сингапур на національному рівні запустив у 2023 році масштабний план з упровадження цифрових та AI-рішень, який передбачає оснащення шкіл адаптивними системами навчання й асистентами для перевірки завдань [12]. У США некомерційна платформа Khan Academy інтегрувала ШІ-тьютор Khanmigo, що генерує для вчителів завдання і підказки та допомагає автоматизувати оцінювання, економлячи до 50 % часу на підготовку занять [10]. Ба більше, емпіричні дослідження підтверджують ефективність таких підходів: зокрема, у досліді в Об'єднаних Арабських Еміратах застосування чатбота ChatGPT для пояснення складних тем з фізики призвело до статистично значущого підвищення успішності учнів і рівня їх залуче-

ності на уроці [6]. Отже, інструменти ІІІ є потужним ресурсом модернізації освіти, а їх застосування у викладанні фізики підвищує якість навчання й відповідає викликам цифрової епохи.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз наукових праць К. Аларбі [6], В. Гриценка [8], Дж. Кестіна [9], К. Міллера [9], А. Ткаченко [8], П. Перейри [13] та ін. свідчить про формування стійкої тенденції до інтеграції штучного інтелекту та інтерактивних симуляцій у навчання фізики як ключових інструментів персоналізації освітнього процесу й підвищення його ефективності. У наукових публікаціях згаданих учених простежується акцент на перевагах адаптивних освітніх платформ, здатних індивідуалізувати навчальний контент і підвищувати мотивацію учнів через інтерактивність та дослідницькі підходи. Окремо, в публікаціях Г. Войтків [1], Б. Гереги [1], І. Коса [2], О. Жадана [3], В. Ткаченка [3] та ін. підкреслюється важливість підготовки педагогів до роботи з новими цифровими інструментами та необхідність розроблення компетентнісних меж для ефективного використання штучного інтелекту в освітньому процесі. Загалом дослідження вказують на поступовий перехід від традиційних методів викладання до інноваційних освітніх моделей, що поєднують штучний інтелект, інтерактивні технології та елементи дослідницького навчання.

Матеріали та методи. Методологічною основою роботи є якісний аналіз сучасних науково-педагогічних джерел з теми, зокрема публікацій іноземних учених щодо використання ІІІ в освіті. У дослідженні застосовано комплекс методів: теоретичний аналіз і синтез (для вивчення літератури та виокремлення ключових тенденцій), порівняльний аналіз (для зіставлення досвіду впровадження AI-технологій у навчальний процес фізики в різних країнах, зокрема США, Фінляндії та Сингапуру), узагальнення (для формулювання рекомендацій і висновків) та елементи педагогічного моделювання (для розробки пропозицій щодо авторської методики використання ІІІ у викладанні фізики). Дослідження має теоретико-оглядовий характер: основні висновки зроблено на основі контент-аналізу літератури й осмислення успішних практик.

Результати. Сучасна освітня практика демонструє активне впровадження різноманітних інструментів ІІІ, які можуть істотно модернізувати процес викладання фізики в закладах загальної середньої освіти. Однією з найбільш перспективних категорій є інтелектуальні навчальні чатботи та тьютори, створені на основі великих мовних моделей (наприклад, ChatGPT). Вони здатні відповідати на запитання учнів, пояснювати складні поняття чи покроково демонструвати розв'язання задач у діалоговому режимі, виконуючи роль віртуального репетитора. Сучасні AI-чатботи, що використовують новітні мовні моделі, забезпечують ще гнучкішу й продуктивнішу підтримку для школярів.

Іншою важливою категорією є адаптивні системи навчання, які автоматично добирають контент і завдання відповідно до індивідуальних успіхів учня. Вони аналізують результати проміжних оцінювань і реакції учнів, щоб змінювати рівень складності наступних задач, темп подання матеріалу чи надавати додаткові пояснення з тем, що викликають труднощі. Прикладом є національна адаптивна платформа, впроваджена в Сингапурі для вивчення математики і географії, яка будує персоналізовані освітні маршрути студентів [5].

Значну роль відіграють системи автоматичного оцінювання та надання зворотного зв'язку, що перевіряють відповіді учнів на тестові й відкриті завдання, ідентифікують помилки та миттєво повідомляють про них. Такі алгоритми здатні оцінювати розгорнуті розв'язки задач із фізики, визначаючи етап, на якому допущено похибку, і пропонуючи підказки для її виправлення. В освітній практиці вже використовують «цифрові асистенти оцінювання» для перевірки коротких відповідей та надання оперативного фідбеку [5]. Це не лише зменшує навантаження на вчителя, а й дозволяє учням швидко вчитися на власних помилках.

Суттєво розширюють можливості навчання віртуальні лабораторії та симуляції. Це спеціалізовані програми, що імітують фізичні експерименти і явища, керовані ІІІ або з використанням його елементів. Вони дають можливість безпечно експериментувати з віртуальними при-

ладами, змінювати параметри і спостерігати наслідки. Наприклад, симуляції на кшталт PhET дають змогу «побачити» абстрактні процеси (електромагнітні поля, квантові явища тощо) в наочній формі (PHET).

Також важливими є рекомендаційні системи навчального контенту, що аналізують успішність учня та пропонують додаткові матеріали – відео, статті, задачі для самостійного розв’язання. Вони функціонують подібно до рекомендаційних алгоритмів платформ YouTube чи Netflix, але орієнтовані виключно на освітній контент. У навчанні фізики такі системи можуть радити персоналізовані добірки задач із тем, які потребують додаткового опрацювання, або навпаки – більш складні завдання для обдарованих учнів.

Перелічені інструменти можуть використовувати як окремо, так і в комплексі, створюючи цілісне AI-підтримуване освітнє середовище. Їх головне завдання – не замінити традиційні методи викладання, а доповнити їх, роблячи навчання фізики більш інтерактивним, доступним і пристосованим до індивідуальних потреб кожного учня.

На нашу думку, використання штучного інтелекту в освітньому процесі створює низку суттєвих переваг, які позитивно впливають на якість навчання фізики. По-перше, вони сприяють персоналізації та диференціації навчання. ШІ-технології дозволяють реалізувати індивідуальний підхід до кожного учня. Адаптивні алгоритми підлаштовують зміст і швидкість навчання під здібності школяра, що особливо важливо у фізиці, де рівень підготовки учнів може сильно різнитися. Учень отримує саме ті пояснення і завдання, яких він потребує, а сильні учні не нудьгують, бо можуть рухатися до складніших проблем. Така персоналізація підвищує ефективність засвоєння знань і сприяє формуванню в школярів упевненості у своїх силах.

По-друге, ШІ забезпечує негайний зворотний зв’язок і здійснює корекцію помилок. Інструменти ШІ миттєво реагують на дії учня: перевіряють відповіді, вказують на помилки, пропонують підказки. Це означає, що учень отримує зворотний зв’язок не через дні чи тижні, а одразу після виконання завдання. Досвід показує, що оперативний фідбек допомагає учням швидше навчатися на своїх помилках і покращує розуміння матеріалу [12]. Ба більше, негайні підказки від системи здатні розвіяти непорозуміння ще до того, як вони закріпляться у свідомості учня. У результаті підвищується мотивація: школяр бачить прогрес і відчуває підтримку в навчанні, що стимулює його продовжувати працювати над предметом. Примітно, що один з нещодавніх педагогічних експериментів показав навіть більшу ефективність навчання з AI-тьютором, ніж у традиційному активному класі: студенти засвоїли більше матеріалу за менший час і зазначили вищу мотивацію та залученість [12].

По-третє, ШІ є одним із найкращих способів забезпечити візуалізацію абстрактних концепцій. Багато тем з фізики (наприклад, електромагнітні поля, хвильові процеси, квантові явища) є складними для розуміння, оскільки їх неможливо безпосередньо побачити. ШІ-симуляції та віртуальні лабораторії дозволяють учням «побачити невидиме» – наприклад, візуально спостерігати силові лінії поля або моделювати рух об’єктів у просторі з уповільненим часом. За допомогою інтерактивної графіки і анімацій складні процеси стають зрозумілішими, а експериментувати з ними можна без ризику та матеріальних витрат [13, с. 18284]. Це підвищує глибину засвоєння: учні краще уявляють фізичні явища і пов’язують теорію з візуальними образами [3, с. 150].

По-четверте, ШІ сприяє залученості й мотивації учнів. Інтерактивність та новизна AI-інструментів позитивно впливають на інтерес учнів до навчання. Школярі сприймають роботу з комп’ютерними асистентами як гру або виклик, їм цікаво випробувати свої знання в діалозі з машиною. Дослідження підтверджують, що використання чатботів у навчанні підвищує залученість: в експерименті із ChatGPT учні демонстрували більшу активність і взаємодію під час уроків фізики [2, с. 179]. Також учителі відзначають, що учні отримують задоволення від роботи з AI-інструментами і часто продовжують навчальні взаємодії самостійно, без прямого втручання вчителя [2, с. 179].

По-п'яте, ШІ є інструментом підтримки вчителя та підвищення ефективності викладання. Штучний інтелект бере на себе частину рутинних завдань педагога – перевірку типових задач, складання варіантів тестів, підготовку дидактичних матеріалів. Це вивільняє час вчителя, який він може спрямувати на індивідуальну роботу з учнями, творчу підготовку до уроків або вдосконалення власної кваліфікації. Наприклад, використання асистента на кшталт Khanmigo здатне скоротити більш ніж на половину час, який учитель витрачає на адміністративну підготовку, і перенаправити увагу на безпосередню взаємодію з учнями [16]. Крім того, ШІ може виконувати роль «другого викладача» на уроці: поки вчитель пояснює одному учню, інші можуть отримувати підказки від чатбота, що робить навчальний процес більш безперервним і насиченим корисною діяльністю.

Варто додати, що впровадження ШІ гармонійно поєднується із сучасними інноваційними методиками, як-от проблемноорієнтоване навчання та перевернутий клас. У перевернутому класі штучний інтелект дає змогу учням опановувати теорію самостійно поза уроком (наприклад, переглядати пояснення в інтерактивній формі чи спілкуватися з навчальним чатботом), натомість класний час використовується для активного закріплення знань через дискусії та експерименти [13, с. 18290]. Отже, AI-інструменти підсилюють тенденцію до активного, учнецентричного навчання, яке формує критичне мислення і навички розв'язання проблем – саме ті компетентності, що лежать в основі успішного оволодіння фізикою.

Однак, незважаючи на значний потенціал, інтеграція штучного інтелекту у викладання фізики супроводжується низкою проблем і ризиків, які необхідно враховувати. Насамперед ідеться про недостатню готовність і підготовку педагогів. Одним з головних бар'єрів є брак знань і навичок у самих учителів щодо використання AI-інструментів. Багато вчителів фізики не мають достатньої IT-компетентності або досвіду роботи з такими технологіями, через що почуваються невпевнено й можуть опиратися нововведенням [16]. Також варто говорити й про певні технічні та інфраструктурні обмеження. Упровадження AI-технологій неможливе без належної матеріально-технічної бази. Школам потрібні сучасні комп'ютери або планшети для учнів, стабільний доступ до швидкісного інтернету, програмне забезпечення і технічна підтримка. У багатьох закладах (особливо в сільській місцевості або країнах, що розвиваються) ці умови поки не забезпечені повною мірою, що створює «цифровий розрив». Дослідники відзначають, що відсутність інфраструктури є серйозною перешкодою на шляху впровадження інновацій. Додатково фінансовий фактор відіграє роль: найсучасніші AI-сервіси часто є платними, тому школам потрібні кошти на їх придбання та підтримку. Опитування показує, що близько 50 % учителів, які користуються платними версіями генеративних AI-інструментів, потребують бюджетної підтримки для продовження їх використання [16]. Вирішення цієї проблеми лежить у площині освітньої політики: необхідні інвестиції в обладнання шкіл та мережеві технології, а також рівномірний доступ усіх учнів до цифрових ресурсів.

Суттєвою проблемою з використання ШІ в освіті є надійність та якість роботи останнього. Штучний інтелект не завжди дає правильні чи корисні відповіді. Моделі типу GPT можуть допускати фактичні помилки, спотворювати інформацію або генерувати двозначні пояснення, особливо якщо учень сформулював питання нечітко. У фізиці це може призвести до формування хибних уявлень у школярів. За результатами опитування іноземних вчителів, ключовими побоюваннями при використанні ШІ є саме можливість отримати неправильну наукову інформацію та негативний вплив на розвиток аналітичного мислення учнів [16]. Окремо слід згадати мовний бар'єр: більшість освітніх ШІ-моделей створені та навчалися на англomовних даних, тому можуть гірше працювати з іншими мовами. Близько половини опитаних користувачів AI-асистентів серед педагогів відзначали лінгвістичні обмеження в роботі моделей [16], що є актуальним викликом і для україномовної освіти. Тому необхідно передбачити постійний нагляд з боку педагога: вчитель має перевіряти відповіді, які ШІ надає учням, і виправляти неточності.

Недоліком використання ІІІ є й те, що він провокує ризик зниження самостійності учнів. Якщо ІІІ-помічники використовують неправильно, є небезпека, що учні звикнуть отримувати готові відповіді, не докладаючи достатньо власних зусиль. Раніше критики зазначали, що деякі освітні програми із ІІІ, які одразу видають розв'язки, можуть «розхолоджувати» учнів і робити їх пасивними [1, с. 40]. Це суперечить цілям освіти, адже засвоєння фізики вимагає розвитку навичок розв'язання задач, критичного мислення та експериментування. Тому, впроваджуючи AI-інструменти, важливо налаштувати їх так, щоб вони не просто видавали результат, а спрямовували учня до розв'язання – ставили навідні запитання, нагадували теорію, пропонували переглянути помилковий крок. Такий підхід реалізований, наприклад, у фінському агенті МАІ, який принципово «не дає готових відповідей», а навчає мислити над проблемою [7].

І чи не найсуттєвішою проблемою в умовах сьогодення є дотримання етичних і соціальних стандартів під час використання ІІІ в освіті. Широке використання ІІІ у школі порушує і низку етичних дилем. По-перше, це проблема академічної доброчесності: чи не почнуть учні зловживати AI для списування, отримання готових розв'язків домашніх завдань? Вчителю доведеться коригувати систему оцінювання, більше уваги приділяти усним опитуванням і практичним роботам, щоб перевірити реальне розуміння, а не вміння користуватися підказками. По-друге, важлива конфіденційність даних: застосування ІІІ-сервісів часто пов'язане зі збором персональних даних учнів, що потребує контролю та захисту. По-третє, є ризик упередженості алгоритмів: якщо навчальні моделі тренувалися на обмежених чи культурно специфічних даних, їхні рекомендації можуть бути непридатними або упередженими для нашого освітнього контексту. Для вирішення цих питань необхідно розробляти етичні кодекси та політики використання ІІІ в освіті. Міжнародні організації вже працюють над цим: зокрема, ЮНЕСКО у своїй рамковій моделі компетентностей для вчителів наголошує на формуванні в педагогів «людиноцентричного мислення» та розуміння етики ІІІ [4]. Лише за умови дотримання етичних принципів і соціальної відповідальності технології ІІІ принесуть очікувану користь школі.

З огляду на переваги та недоліки використанні ІІІ, сучасні освітяни все ж не можуть уникнути використання цих інструментів у професійній діяльності. Ба більше, у багатьох країнах, система шкільної освіти яких вважається зразковою, є позитивні практики, досвід яких може бути корисним і для українських освітян.

Так, зокрема в Сполучених Штатах використання ІІІ в освіті розвивається завдяки ініціативам технологічних компаній і неприбуткових організацій. Одним із піонерів є Khan Academy, яка інтегрувала у свій навчальний портал розумного асистента Khanmigo (на базі моделі GPT-4). Цей AI-тьютор може спілкуватися з учнем, пояснювати матеріал, допомагати розв'язувати задачі та навіть генерувати для вчителя навчальні матеріали. У 2025 році оголошено про партнерство Khan Academy з корпорацією Microsoft, що дає змогу надати безоплатний доступ до Khanmigo всім учителям шкіл у США [11]. Такий крок, підтриманий бізнесом, суттєво розширює впровадження ІІІ на національному рівні. Навіть федеральна влада приділяє увагу цій сфері: наприкінці 2023 року заявлено про намір «розкрити потенціал ІІІ для трансформації освіти» шляхом упровадження персоналізованих навчальних AI-асистентів у школах [9]. Загалом, у США формується сприятлива екосистема для експериментального впровадження AI-технологій у навчання.

Цікавим видається і досвід Фінляндії, де система освіти, відома інноваційністю, однією з перших апробує підхід «гібридного інтелекту» в класі. У 2024 році університет Оулу запустив пілотний проєкт з метакогнітивним AI-агентом на уроках фізики. Асистент під назвою МАІ працював з групами учнів 7 класу (12–13 років) під час занять, виконуючи роль «помічника вчителя». Принципово важливо, що МАІ не давав готових відповідей, а втручався у процес розв'язання задач підказками і питаннями, які спонукали дітей подумати самостійно [7]. За місяць експерименту учні залишили дуже позитивні відгуки: вони відзначили, що з AI-агентом

отримували більше персоналізованої допомоги і частіше обговорювали фізичні проблеми між собою на уроці [7]. Учителі фізики також відзначили покращення динаміки роботи: якщо хтось з учнів відставав, МАІ це фіксував і привертав увагу групи, допомагаючи кожному залишатися залученим [7]. Крім того, ШІ взяв на себе рутину – стежив за темпом виконання завдань і підтримував учнів, коли вчитель фізично не встигав охопити всіх [7]. Цей випадок показав, що правильно налаштований AI-асистент може органічно вписатися в урок, підсилюючи пізнавальну активність учнів. Фінський досвід демонструє важливість реалізації концепції «партнерства людини і ШІ», де машина підсилює інтелект учня, але не позбавляє його власної когнітивної роботи [7].

Унікальністю відзначається також сингапурська система освіти, яка стратегічно впроваджує ШІ на державному рівні. У 2023 році Міністерство освіти Сингапуру оголосило EdTech Masterplan, значну роль у якому відіграють AI-рішення [15]. Уже впроваджено п'ять ключових інструментів: три системи автоматичного оцінювання (асистенти з перевірки задач з математики, англійської та коротких відкритих відповідей з різних предметів), одну адаптивну платформу для навчання (поки що для математики і географії) та інструмент для допомоги вчителю в плануванні уроків (так званий Authoring Copilot) [15]. Ці системи інтегровані в національну онлайн-платформу SLS і вже використовуються в школах. За відгуками педагогів, AI-асистенти дають учням змогу одразу дізнатися, чи правильна їхня відповідь, отримати підказку, а отже, вчитися самокорекції помилок [15]. Ще одним важливим елементом сингапурської моделі є системна підготовка кадрів: Національний інститут освіти містив навчання використанню цих технологій до обов'язкової програми підготовки вчителів, і планується до 2026 року ознайомити з AI-інструментами всіх учителів країни [15].

Варто зазначити, що впровадження ШІ в освіті – глобальний тренд. Окрім згаданих прикладів, активно інвестують у шкільні AI-проекти й інші країни: наприклад, Китай експериментує з чатботами-репетиторами в середній школі, Південна Корея та Японія впроваджують роботів-асистентів на уроках, а в країнах ЄС приділяють особливу увагу розробці етичних стандартів використання ШІ в освіті. Отже, міжнародний досвід загалом підтверджує, що інтеграція штучного інтелекту може підвищити ефективність викладання фізики за умови дотримання необхідних умов і підтримки з боку освітніх систем.

Узагальнюючи міжнародний досвід, можна сформулювати низку пропозицій з інтеграції ШІ у викладання фізики. Власне, на основі аналізу переваг і викликів можна запропонувати методику, що поєднує сильні сторони штучного інтелекту та педагогічної майстерності вчителя. Умовно назовемо її підходом «співпраці з AI-асистентом на уроці фізики». Основні риси цієї методики такі:

1. Роль AI-асистента. На кожному уроці або серії уроків з певної теми запроваджується віртуальний помічник на базі ШІ, доступний учням через комп'ютер або планшет. Цей помічник налаштований так, щоб відповідати на запитання учнів, але не видавати готові розв'язки задач. Його функція – ставити навідні запитання, давати підказки крок за кроком і нагадувати теоретичні положення. По суті, AI-асистент виконує роль «м'якого наставника», який спрямовує мислення учня в правильне русло, але залишає за ним основну розумову роботу.

2. Групова робота з підтримкою ШІ. Клас ділиться на невеликі групи (3–5 учнів). Під час виконання практичних завдань (розв'язування задач або проведення лабораторних робіт на комп'ютерних симуляціях) кожна група може консультуватися з AI-асистентом. Групова форма сприяє тому, що учні спочатку обговорюють проблему між собою, формують запит до ШІ, а отримавши відповідь чи підказку, разом її аналізують. Важливо, що ШІ відповідає всій групі, тим самим стимулюючи колективне обговорення. Такий підхід уже випробуваний у фінських школах і показав себе ефективно: коли ШІ працює з малими групами, учні більше дискутують між собою і почуваються впевненіше [7].

3. Зворотний зв'язок для вчителя. Кожна взаємодія учнів з AI-асистентом фіксується (у вигляді історії діалогу). Наприкінці заняття вчитель переглядає ці журнали діалогу, щоб проаналізувати, які запитання ставили учні, де в них виникали труднощі, які підказки надав ІІІ. Такий контент-аналіз дає змогу педагогу побачити типові помилки або хибні уявлення, які могли залишитися невиявленими у звичайному уроці. На наступному уроці вчитель цілеспрямовано обговорює з класом найскладніші моменти, виправляє можливі неправильні розуміння. Так досягається «замкнене коло» зворотного зв'язку: не лише учень отримує підказку від ІІІ, а й учитель отримує інформацію про учня.

4. Акцент на рефлексії та критичному мисленні. У кінці кожного заняття, де використовувався AI-інструмент, доцільно проводити рефлексивне обговорення. Учні діляться, чого вони дізналися завдяки підказкам ІІІ, а що змогли зрозуміти самостійно. Учитель акцентує увагу на тому, які стратегії були ефективними при взаємодії з помічником, а також розбирає випадки, коли ІІІ дав неточну чи неповну відповідь і як учні це виявили. Така рефлексія формує в учнів навички критично оцінювати відповіді, отримані від алгоритмів, і використовувати їх усвідомлено.

5. Етап поступового впровадження. Запропонований метод можна впроваджувати поступово. На першому етапі вчитель знайомить учнів з AI-асистентом, пояснює правила роботи з ним (наприклад: «Не очікуємо готових відповідей, а ставимо уточнювальні запитання», «Перевіряємо поради ІІІ на достовірність»). Далі варто почати з простих задач, дозволяючи учням кілька хвилин радитися із ІІІ, після чого обговорювати рішення всім класом. Поступово можна збільшувати роль AI-асистента, довіряючи йому підтримку при більш складних проєктах або самостійних дослідженнях учнів. Важливо, що в будь-який момент учні можуть звернутися і до живого вчителя – тобто ІІІ доповнює, а не заміщує педагогічну взаємодію.

Очікуваний ефект від такої методики – підвищення активності учнів на уроках фізики, глибше розуміння ними матеріалу та розвиток умінь співпраці і самоконтролю. Учитель же отримує нового помічника, який бере на себе частину рутини і забезпечує додатковий канал підтримки учнів. Важливо, що ця модель є гнучкою: вона дозволяє коригувати ступінь залучення ІІІ залежно від теми, рівня класу та технічних можливостей, зберігаючи при цьому центральну роль учителя як керівника освітнього процесу.

Наприклад, під час вивчення теми «Закони динаміки» вчитель може запропонувати декілька багатокрокових задач. Учні в групах спочатку самостійно обговорюють можливий хід розв'язання, а якщо натрапляють на труднощі – формують запит до AI-асистента. Скажімо, школярі не впевнені, який фізичний закон застосувати в певній ситуації; тоді вони запитують у чатбота, і той натомість щоб просто вказати формулу, може скерувати їх: «Згадайте, як формулюється другий закон Ньютона і які величини він пов'язує». Отримавши таку підказку, група здогадується, що потрібно використати $F = m \cdot a$, та продовжує розв'язання. Якщо учні припустяться помилки в обчисленнях, ІІІ зможе звернути увагу (наприклад, помітити, що одиниці виміру неправильні чи результат нелогічний) і запропонувати переглянути цей крок. У підсумку група крок за кроком доходить правильного результату, при цьому учні відчують власний успіх у розв'язанні задачі, хоча й не без дорадчої допомоги помічника. Такий формат поєднує плюси самостійного пошуку рішення з доступністю кваліфікованої підказки, підтримуючи баланс між викликом і підтримкою в навчанні.

Висновки. Так, штучний інтелект поступово стає невід'ємною частиною освітнього середовища й доводить свою ефективність як інструмент модернізації методики викладання фізики. Проведений аналіз показав, що AI-інструменти здатні персоналізувати навчання, зробити його більш наочним та інтерактивним, посилити мотивацію учнів й оптимізувати роботу вчителя. Досвід провідних країн (США, Фінляндії, Сингапуру) свідчить про успішні приклади інтеграції ІІІ в навчальний процес, які приводять до підвищення успішності учнів та якості освітніх

результатів. Водночас упровадження AI потребує зваженого підходу: необхідно інвестувати в підготовку педагогів, розвиток інфраструктури, забезпечення надійності та етичності використання алгоритмів. ШІ не є панацеєю і не замінить учителя – натомість, його слід розглядати як потужного допоміжного помічника. Оптимальним є сценарій, коли вчитель і AI діють у тандемі, поєднуючи педагогічну мудрість з технологічними можливостями. Така синергія допоможе створити навчальне середовище, що відповідає викликам XXI століття: високотехнологічне, але гуманістичне за своєю суттю, орієнтоване на розвиток кожного учня.

Література:

1. Войтків Г., Герега Б. Штучний інтелект у навчанні фізики: тенденції та потенціал. *Сучасна наука та освіта: новітня соціокультурна проєкція*: Міжнародна науково-практична конференція. Київ. 2024. С. 38–42. URL: <https://e.surl.li/onvite>
2. Кос І. Р. Штучний інтелект та інтерактивні симуляції як інноваційні засоби навчання на уроках фізики. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2024. Вип. 215. С. 177–182. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-215-177-182>
3. Ткаченко В. М., Жадан О. С. Використання інтерактивних симуляцій на уроках фізики у старшій школі. *Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ*. 2024. Вип. 14. С. 148–153. URL: https://ddpu.edu.ua/fizmatzbirnyk/2024/ZNPFMFDSPU_2024_pp_148-153.pdf
4. AI competency framework for teachers. Unesco. 8 August 2024. URL: <https://e.surl.li/efolzw>
5. AI in Education: Transforming Singapore's education system with student learning space. URL: <https://www.tech.gov.sg/technews/ai-in-education-transforming-singapore-education-system-with-student-learning-space>
6. Alarbi K., Halaweh M., Tairab H., Alsalihi N.-R., Annamalai N., Aldarmaki F. Making a revolution in physics learning in high schools with ChatGPT: A case study in UAE. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2024. Vol. 20(9). URL: <https://e.surl.li/pntwlu>
7. Hietapelto A.-M. (2025). AI agent taught teenagers physics in Finland, and feedback was very positive: «It made us think and remember things better». URL: <https://www.eurekalert.org/news-releases/1075204#:~:text=,the%20students%20in%20their%20feedback>
8. Hrytsenko V., Tkachenko A., Podolyan O., Dieiev K., Ilyn L. The role of artificial intelligence in personalisation of the learning process. *EDaPECI – Educação a Distância e Práticas Educativas Comunicacionais e Interculturais*. 2024. V. 24 N. 3. P. 152–165. DOI: <https://doi.org/10.29276/redapeci.2024.24.320987.152-165>
9. Kestin G., Miller K., Klaes A., Milbourne T., Ponti G. AI tutoring outperforms in-class active learning: an RCT introducing a novel research-based design in an authentic educational setting. *Scientific Reports*. 2025. Volume 15. URL: <https://e.surl.li/pdagek>
10. Khanmigo For Teachers Now 100% Free for All U.S. Teachers, Thanks to Microsoft Support. (2024). URL: <https://e.surl.li/lxwith>
11. Khanmigo..URL: <https://www.khanmigo.ai/>
12. MOE's newest AI tools and how schools are using them. (2024) URL: <https://e.surl.li/mdjllkr>
13. Parreira P.M. Artificial intelligence in physics teaching: tools for educational innovation. *Revista aracê, São José dos Pinhais*. 2025. V. 7, N. 4, P. 18276–18305. DOI: <https://doi.org/10.56238/arev7n4-153>
14. PHET. URL: <https://phet.colorado.edu/>
15. “Transforming Education through Technology” Masterplan 2030. (2025). URL: <https://www.moe.gov.sg/education-in-sg/educational-technology-journey/edtech-masterplan>
16. Wattanakasiwich P., Kaewkhong K., Katwibun D. Physics instructors' acceptance and implementation of generative AI. *Physical Review Physics Education Research*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1103/r2fn-kdy4>

References:

1. Voitkiv, H., & Hereha, B. (2024). Shtuchnyi intelekt u navchanni fizyky: tendentsii ta potentsial [Artificial intelligence in physics education: trends and potential]. *Suchasna nauka ta osvita: novitnia sotsiokulturna proektsiia: Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia*. Kyiv, 38–42. Retrieved from: <https://e.surl.li/onvite>. [in Ukrainian].
2. Kos, I. R. (2024). Shtuchnyi intelekt ta interaktyvni symuliatsii yak innovatsiini zasoby navchannia na urokakh fizyky [Artificial intelligence and interactive simulations as innovative teaching tools in physics lessons]. *Naukovi zapysky. Seriia: Pedahohichni nauky*, 215, 177–182. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-215-177-182>. [in Ukrainian].

3. Tkachenko, V.M., & Zhadan, O.S. (2024). Vykorystannia interaktyvnykh symuliatsii na urokakh fizyky u starshii shkoli [The use of interactive simulations in high school physics lessons]. *Zbirnyk naukovykh prats fizyko-matematychnoho fakultetu DDPU*, 14, 148–153. Retrieved from: https://ddpu.edu.ua/fizmatz-birnyk/2024/ZNPFMFDSPU_2024_pp_148-153.pdf. [in Ukrainian].
4. AI competency framework for teachers. Unesco. (2024). Retrieved from: <https://e.surl.li/efolzw>. [in English].
5. AI in Education: Transforming Singapore's education system with student learning space. Retrieved from: <https://www.tech.gov.sg/technews/ai-in-education-transforming-singapore-education-system-with-student-learning-space>. [in English].
6. Alarbi, K., Halaweh, M., Tairab, H., Alsalihi, N.-R., Annamalai, N., & Aldarmaki, F. (2024). Making a revolution in physics learning in high schools with ChatGPT: A case study in UAE. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(9). Retrieved from: <https://e.surl.li/pntwlu>. [in English].
7. Hietapelto, A.-M. (2025). AI agent taught teenagers physics in Finland, and feedback was very positive: «It made us think and remember things better». Retrieved from: <https://www.eurekalert.org/news-releases/1075204#:~:text=,the%20students%20in%20their%20feedback>. [in English].
8. Hrytsenko, V., Tkachenko, A., Podolyan, O., Dieiev, K., & Ilyn, L. (2024). The role of artificial intelligence in personalisation of the learning process. *EDaPECI – Educação a Distância e Práticas Educativas Comunicacionais e Interculturais*, 24(3), 152–165. Retrieved from: <https://doi.org/10.29276/redapeci.2024.24.320987>. [in English].
9. Kestin, G., Miller, K., Klales, A., Milbourne, T., & Ponti, G. (2025). AI tutoring outperforms in-class active learning: an RCT introducing a novel research-based design in an authentic educational setting. *Scientific Reports*. (15). Retrieved from: <https://e.surl.li/pdagek>. [in English].
10. Khanmigo For Teachers Now 100% Free for All U.S. Teachers, Thanks to Microsoft Support. (2024). Retrieved from: <https://e.surl.li/lxwith>. [in English].
11. Khanmigo.. Retrieved from: <https://www.khanmigo.ai/>. [in English].
12. MOE's newest AI tools and how schools are using them. (2024). Retrieved from: <https://e.surl.li/mdjlkkr>. [in English].
13. Parreira, P.M. (2025). Artificial intelligence in physics teaching: tools for educational innovation. *Revista aracê, São José dos Pinhais*, 7(4), 18276–18305. DOI: <https://doi.org/10.56238/arev7n4-153>. [in English].
14. PHET. Retrieved from: <https://phet.colorado.edu/> [in English].
15. “Transforming Education through Technology” Masterplan 2030. (2025). Retrieved from: <https://www.moe.gov.sg/education-in-sg/educational-technology-journey/edtech-masterplan>. [in English].
16. Wattanakasiwich, P., Kaewkhong, K., & Katwibun, D. (2025). Physics instructors' acceptance and implementation of generative AI. *Physical Review Physics Education Research*. DOI: <https://doi.org/10.1103/r2fn-kdy4>. [in English].

Дата надходження статті: 29.07.2025

Дата прийняття статті: 05.09.2025

Опубліковано: 17.10.2025