*process, encourages them to perform research and problem-based tasks, independently formulate research objectives and conclusions and enhances interaction with the teacher.*

***Keywords:*** *biotechnology and bioengineering, methodology and organization of scientific research, teaching methods.*

Дата першого надходження статті до видання: 18.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 28.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 05.10.2026

**DOI:**
**УДК 377:53:004.8**

***Людмила СЛОБОДЯНЮК***
*доктор філософії у галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, викладач-методист вищої категорії, Київський фаховий коледж зв'язку, м. Київ*
***ORCID:*** *https://orcid.org/0009-0004-7603-1572*

## ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У НАВЧАННЯ ФІЗИКИ В ЗАКЛАДАХ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ

***Резюме***

*Статтю присвячено теоретичному відрефлексуванню проблеми інтеграції штучного інтелекту у навчання фізики в закладах фахової передвищої освіти. Актуальність проблеми пов'язана з неоднорідністю навчальної підготовки студентів, потребою персоналізувати педагогічну підтримку та необхідністю зберегти доказовий характер пізнання фізики як науки, за умов поширення генеративних і аналітичних цифрових засобів.*

***Мета дослідження*** *– теоретично обґрунтувати педагогічно доцільну інтеграцію штучного інтелекту у навчання фізики в закладах фахової передвищої освіти на основі адаптивної діагностики, індивідуалізованої підтримки та обов'язкової перевірки результатів.*

***Процедура дослідження*** *передбачала теоретичний аналіз і узагальнення положень щодо діагностики навчальних труднощів, моделювання педагогічних сценаріїв використання штучного інтелекту, систематизацію його функцій під час розв'язання задач, обчислювального експерименту та лабораторного практикуму.*

***Результатом дослідження*** *було визначено чотири взаємопов'язані напрями педагогічного застосування штучного інтелекту: комплексна діагностика навчальних труднощів і побудова динамічного профілю опанування курсу; врегульована інтелектуальна підтримка розв'язання фізичних задач; візуалізація та моделювання обчислювального експерименту; інтелектуальний аналіз лабораторних даних. Обґрунтовано, що адаптивна допомога має надаватися за принципом мінімальної достатності, а остаточні рішення щодо складності завдань, оцінювання й інтерпретації результатів повинні залишатися у сфері професійної відповідальності викладача.*

*Зроблено* ***висновок****, що педагогічна цінність штучного інтелекту полягає не в автоматичному продукуванні відповідей, а в організації послідовності навчальних дій: прогнозування, вибір моделі, обчислення або вимірювання, перевірка та аргументоване пояснення. Ефективність інтеграції залежить від прозорих правил використання, захисту даних, рівного доступу, методичної готовності викладача та збереження самостійності студента.*

***Ключові слова:*** *штучний інтелект, навчання фізики, заклади фахової передвищої освіти, адаптивна діагностика, індивідуальна освітня траєкторія, обчислювальний експеримент, лабораторний практикум.*

**Вступ.** Вплив цифрової трансформації на систему вищої освіти позначений низкою змін як на рівні технічних засобів, так і на рівні логіки організації освітнього процесу. Особливої педагогічної виразності зазначені зміни набувають у модусі навчання фізики, коли студент повинен виявити відповідний рівень готовності до оперування математичним апаратом; розуміння змісту фізичних моделей; інтерпретації експериментальних даних та вміння пов'язати абстрактні закономірності зі спостережуваними явищами. Сьогодні суспільство дійшло до такого рівня розвитку цифрових інструментів, який дозволяє повнопланово розкрити потенціал штучного інтелекту для того, щоб задовольнити запити усіх учасників освітнього процесу щодо підтримки процесу навчання. Проте,

глибина дослідження у цьому контексті визначається розкриттям потенціалу цього інтелекту передусім у контексті його педагогічної цінності, яка не вимірюється кількістю впроваджених сервісів, а передусім критеріями його предметної інтеграції на рівні визначеного спектру дисциплін, які актуалізують розвиток мислення кожного здобувача освіти.

На рівні сучасного закладу фахової передвищої освіти (ЗФПО), контингент студентів є неоднорідним за рівнем підготовки. Частина суб'єктів пізнання виявляє високий рівень готовності до виконання алгебраїчних перетворень, але водночас проявляє неготовність до формулювання комплексних пояснень змісту фізичного експерименту. Інша частина студентів – фокусується на реалізації точних і змістовних міркувань, проте припускається помилок коли мова йде про обчислення похідних, векторів чи одиниць вимірювання. Аналогічна неоднорідність прослідковується й у темпі засвоєння матеріалу, досвіду самостійного виконання лабораторних робіт, просторового мислення, здатності читати графіки та готовності до самостійної перевірки попередньо сформульованої гіпотези. Єдина послідовність завдань неминуче виявляється для частини групи надто простою, а для іншої – надто складною. Інтелектуальні технології дають змогу значно раніше виявляти такі прогалини у системі попередньо засвоєних знань та дозволяють педагогу більш гнучкіше реагувати на них.

Водночас, інтеграція генеративних моделей, рекомендаційних алгоритмів та автоматизованого оцінювання у рамки сучасного навчального процесу формує цілісний спектр нових ризиків. Студент може отримати зовні переконливе, але водночас хибне пояснення фізичних законів; замінити самостійне виведення формул готовою відповіддю, без залучення процесу самостійного мислення; сприйняти числовий збіг як доказ власної навчальної «самоефективності»; передати системі персональні дані, або результати ще не опублікованого дослідження. Саме тому сьогодні актуалізується питання реалізації адаптивної діагностики, за якої автоматизація зможе доповнити, а не витіснити фізичний експеримент, а також підсилити доказове міркування, актуалізувати більш продуктивне обговорення з викладачем та особисту відповідальність кожного здобувача освіти.

**Мета дослідження** – теоретично обґрунтувати педагогічно доцільну інтеграцію штучного інтелекту у навчання фізики в закладах фахової передвищої освіти, на основі адаптивної діагностики, індивідуалізованої підтримки та обов'язкової перевірки результатів.

**Завдання дослідження**:

– визначити можливості штучного інтелекту для комплексної діагностики навчальних труднощів і проєктування індивідуальних освітніх траєкторій;

– розкрити принципи врегульованої інтелектуальної підтримки під час розв'язування фізичних задач;

– систематизувати сценарії застосування штучного інтелекту у візуалізації, обчислювальному експерименті та лабораторному практикумі;

– окреслити педагогічні умови, за яких технологічна підтримка зберігає самостійність студента й професійну відповідальність викладача.

**Методи дослідження.** Використано теоретичний аналіз, порівняння та узагальнення для визначення педагогічних можливостей і ризиків застосування штучного інтелекту; систематизацію – для впорядкування його функцій на різних етапах навчання фізики; педагогічне моделювання – для побудови послідовностей адаптивної допомоги, обчислювального експерименту та підсумкового контролю.

**Результати.** Формулювання мети дослідження навколо необхідності використання інструментарію адаптивної діагностики, на шляху до осягнення окресленої тематикою проблеми, актуалізує більш детальний розгляд реалізації педагогом низки послідовних кроків:

*1. Реалізація комплексної діагностики навчальних труднощів суб'єктів пізнання у процесі вивчення ними фізики, з метою подальшого проектування їх індивідуальних освітніх траєкторій.* Безумовно, цей перший крок повинен засновуватися на необхідності проведення змістовної діагностики, яку неможливо звести до звичного рівня моніторингу результатів проведення поточного контролю (Kortemeyer, 2023a). Це, своєю чергою, означає, що підсумкові результати виконання контрольної роботи чи комплексного зрізу не стануть для нас достатньо інформативним джерелом щодо наявної ситуації у колі досліджуваної цільової аудиторії студентів. На наш погляд, оптимальним інструментом, у цьому аспекті зможе послугувати саме штучний інтелект, який за набором визначених даних зможе проаналізувати послідовність і раціональність дій самого студента, зокрема чи правильно він: 1) зрозумів умову задачі; 2) підібрав формули; 3) задав систему відліку; 4) урахував напрям векторів; 5) перевірив розмірність фізичних величин; 6) оцінив реалістичність отриманої відповіді.

Такий аналіз, на наше глибоке переконання, відкриває перед педагогом можливість своєчасно ідентифікувати наявність існуючих прогалин у системі попередньої математичної підготовки, раціональність суджень та можливі випадкові обчислювальні неточності, а отже і в подальшому сформулювати низку прикладних заходів задля забезпечення необхідної додаткової педагогічної підтримки тим студентам, які її потребують.

На основі даних, отриманих шляхом реалізації комплексної діагностики надалі складається динамічний профіль опанування фізичних дисциплін визначеним колом суб'єктів пізнання. У цьому контексті важливим залишається завдання відображення не абстрактного «рівня інтелектуальних здібностей», а конкретного переліку отриманих у процесі спостереження компонентів аналізу (Wang & Chen, 2024). Такий профіль здобувача освіти повинен мати динамічний характер і оновлюватися відповідно до оновлення даних після проведення чергової діагностики. Він найбільш виразно повинен демонструвати, які уміння на особистісному рівні вже є стійкими утвореннями, а які ще потребують доопрацювання та цілеспрямованої практики.

Адаптивна траєкторія розвитку студента у процесі навчання фізики повинна вибудовуватися за принципом мінімально необхідної допомоги. Зокрема, здобувачу освіти, який впевнено опанував закон збереження енергії, немає сенсу пропонувати розв'язувати однотипні задачі. У такому випадку, доцільним варіантом буде робота з циклом суміжних за тематикою задач, або порівнянням різних методів розв'язання однієї і тієї ж задачі. Якщо викладач на цьому етапі помічає, що у студента виникають явні труднощі при роботі з цими завданнями, надзвичайно корисною буде консультативно-педагогічна підтримка, яка передбачає: формулювання прогнозу дій; окреслення схеми предметних взаємодій на етапі подолання труднощів у навчанні; нотування вихідних законів, перехід до рівнянь та перевірка раціональності отриманої відповіді. Зрозуміло, що залучення потенціалу штучного інтелекту для виявлення сильних та слабких сторін на рівні засвоєння студентами знань буде ефективним педагогічним рішенням (Crompton & Burke, 2023; Zawacki-Richter et al., 2019). Проте, подальші кроки щодо підвищення рівня складності змісту навчального матеріалу та критеріїв опанування навчального курсу залишаються за викладачем.

*2. Забезпечення індивідуальної інтелектуальної підтримки на етапі розв'язання фізичних задач.* Одним із ключових елементів на шляху до опанування суб'єктом пізнання фізики є процес розв'язання тематичних задач. Цей процес неможливо окреслити лише алгоритмом пошуку відповідної формули. Комплексний підхід до розв'язання повинен передбачати побудову моделі реальної або уявної ситуації. Саме на цьому етапі предметного аналізу потенціал штучного інтелекту може виявитися доволі корисним для використання його у якості співрозмовника, що дає запит на: уточнення певних припущень; назву величини вимірювання; обрання відповідної системи координат тощо (Bond et al., 2024; Kortemeyer, 2023a; Miao & Holmes, 2023). У такому режимі людино-нейрогенеративної співпраці, задана система не надає студенту готового розв'язку задачі, а лише організовує процес міркування над заданим. Наприклад, перш ніж перейти до обговорення питання коливання маятника, помічник може сформулювати запитання про опір середовища, спосіб вимірювання періоду та ін. Це переміщає фокус уваги студента з «механічних» маніпуляцій із символами на межі перспективного застосування досліджуваної моделі.

Проте, на цьому рівні важливо дотримуватися принципу, що кожна ефективна підказка повинна бути доречно врегульованою. Наприклад, у системі таких підказок може вибудовуватися така траєкторія рівнів виконання завдань:

1 – вказати, що було пропущено у ланцюжку міркувань, що аналізують взаємодію або фізичний закон;

2 – побудувати діаграму сил, чи порівняти розмірності лівої та правої частин рівняння;

3 – підібрати аналогічну за стилем, але не ідентичну за розв'язками задачу.

Саме така архітектура послідовності переходу від завдань до підказок знижує ризик пасивного копіювання та перетворює цифрового помічника у ефективний засіб розвитку особистісного самоконтролю на етапі навчання (Küchemann et al., 2023).

Обов'язковим елементом на цьому етапі діяльності стає формулювання протоколу перевірки відповіді. Студент повинен самостійно проаналізувати задану розмірність величин, знак, порядок величин, граничні випадки та узгодженість із фізичними законами. Звісно, що у разі пропуску студентом важливого етапу розв'язання задачі, інструментарій штучного інтелекту може запропонувати нагадування. Проте, викладач фізики повинен систематично оцінювати якість проведеної студентом верифікації, а не лише слідувати значенню кінцевого результату розв'язання задачі.

*3. Проведення візуалізації та моделювання обчислювального експерименту.* Так склалося історично, що спостерігати за чималою кількістю фізичних процесів у польових умовах дуже складно. Першопричинами цього є швидкість й масштабність перебігу процесів, недоступність умов тощо. Сучасні інтелектуально-цифрові інструменти здатні генерувати інтерактивні презентації фізичних процесів і явищ, за рахунок залучення відповідного масиву даних та водночас відслідковувати як змінюються параметри і наслідкова результативність при зміні кількісних показників. Зокрема, ефективним буде даний підхід у процесі вивчення тем з:

a) електродинаміки – коли студент зможе досліджувати розподіл поля;

b) термодинаміки – на етапі засвоєння процесів зміни стану системи;

c) квантової фізики – аналізуючи процес еволюції хвильового пакета.

Надзвичайно важливо у цьому плані підкреслити і той факт, що візуалізація стає по-справжньому продуктивною лише тоді, коли їй передує прогноз, та коли вона завершується обґрунтуванням спостережуваного ефекту.

Водночас слід пам’ятати, що допоміжна функція штучного інтелекту може полегшити входження студента в обчислювальну фізику, проте не може усунути необхідності його особистісного відрефлексування самого алгоритму дій на рівні реалізації обрахунків (Celik et al., 2022). Кожен здобувач освіти повинен чітко розуміти та уміти пояснювати, які методи найбільш оптимальні для розв’язування тієї чи іншої фізичної задачі, які раціональні кроки слід зробити для правильного обчислення та уникнення можливих похибок. Саме така практика використання досліджуваного інструменту актуалізує абсолютно прозорий перехід суб’єкта пізнання від імітаційної підміни значень до усвідомленого навчання на засадах відтворюваності обчислювального дослідження.

У розрізі реалізації предметного експерименту, використання штучного інтелекту, як допоміжного, буде корисним на етапі порівняння аналітичної моделі, проведення обчислень та реального вимірювання. Зокрема, вивчаючи падіння тіла, студенти можуть рухатися таким шляхом пізнання: «виведення залежності без урахування опору → моделювання руху із лінійною або квадратичною силою опору → співставлення отриманих результатів з відеотрекінгом». Проходження такого ланцюжка практичних дій стимулює студента обирати найбільш раціональні параметри, виявляти закономірності на рівні досліджуваного. Проте, важливим у цьому ланцюжку дій залишиться те, що здобувачі освіти повинні самостійно сформулювати висновки по проробленим завданням, виявити причини та наслідки появи розбіжностей.

*4. Виконання лабораторного практикуму із залученням інтелектуального аналізу даних.* Навчальна програма з фізики наскрізно пронизана виконанням лабораторних робіт. Завдання такого рівня вирізняються відповідним ступенем відповідальності виконавця у роботі із дороговартісними приладами. Водночас, у процесі такої роботи студент може зіштовхнутися з недосконалістю роботи названих засобів навчання (зокрема, зайві шумові ефекти, обмежені показники точності тощо). Нівелювання такої неочікуваної результативності можна провести з допомогою залучення інструментарію штучного інтелекту. Значущість останнього може виявитися доволі корисною на етапі коректного розпізнавання показників, відстеження стану роботи використаного приладу, калібрування датчиків з метою уникнення прояву аномальних значень (Kortemeyer & Bauer, 2024). У цьому ключі варто пам’ятати і той факт, що автоматизація процесу навчання не повинна трансформувати практикум на пасивний процес задання параметрів та отримання результату одним натисканням кнопки. До початку проведення вимірювальних процедур студент зобов’язаний самостійно сформулювати первинну гіпотезу, окреслити незалежні та залежні змінні, оцінити діапазон і точність, а також описати можливі джерела систематичної похибки.

Під час опрацювання експериментальних даних досліджувана інструментальна підтримка уможливлює правильний добір моделі та актуалізує оцінювання параметрів. З педагогічного погляду важливо задати студентам обмеження на бездумне вилучення «незручних» точок. Кожне таке вилучення повинно бути максимально обґрунтованим, як з фізичної, так і з інструментальної точок зору. Водночас важливо, щоб студент чітко для себе розрізняв випадкову варіативність від систематичного зміщення та невизначеності на рівні досліджуваної моделі. При підготовці звітних матеріалів виконання лабораторного практикуму з фізики, студентам необхідно зазначити вимірювальні одиниці, кількість значущих значень, критерій якості та обмеженість висновків. Водночас, сам викладач повинен оцінювати виконану здобувачем освіти роботу не лише з точки зору естетичного оформлення графіків, а передусім з позиції прозорості дослідницького шляху: від самостійного вимірювання – до індивідуального формулювання тверджень.

У рамках проаналізованого вище стає очевидним, що активна інтеграція штучного інтелекту у навчання фізики на рівні ЗФПО ще більшою мірою ускладнює роботу викладача. Функціонально останній повинен попередньо змоделювати навчальні ситуації, правильно визначити можливості застосування обраного інструментарію, ретельно перевірити наукову коректність підготовлених матеріалів, та усіма можливими способами актуалізувати підсилення навчальної мотивації. Виконання педагогічних функцій на практиці у жодному разі не замінить нейрогенеративний інструмент. Адже, лише викладач здатний швидко сформувати лаконічні та високозмістовні пояснення, простежити у реальному часі навчальний прогрес конкретної групи, врегулювати емоційні та соціальні бар'єри на шляху до осягнення освітнього результату. Педагог залишається справжнім майстром педагогічного задуму аудиторного заняття, гарантом ефективної реалізації навчальних цілей, мотиватором актуалізації пізнавальної активності, що веде до опанування такої складної науки, як фізика.

Слід зауважити, що підготовка досліджуваного навчального курсу розпочинається з моделювання карти результатів навчання. На рівні кожного модуля педагог повинен передбачити, що студент повинен уміти самостійно пояснювати, вимірювати, обчислювати, моделювати та перевіряти. Окремою предметною лінією навчального планування є визначення місця штучного інтелекту на етапі опанування визначених тем (зокрема, його діагностична, тренувальна, довідкова, аналітична або рефлексивна функція). Якщо обрана з наведеного спектру функція інтелектуального інструменту не буде дотичною до очікуваного результату навчання, то використання цього інструменту може стати абсолютно недоречним, або навіть шкідливим для цільової аудиторії здобувачів. Аргументована та раціоналізована процедура впровадження досліджуваного інструментарію нерідко починається з єдиного сценарію, який можна відстежити та своєчасно удосконалити, щоб не впроваджувати бездумної та неефективної автоматизації навчального процесу.

Звісно, що реалізація окреслених вище завдань, у межах викладання педагогом курсу фізики, потребує необхідної методичної та технічної підготовки. Така підготовка повинна ґрунтуватися на принципах педагогічного моделювання, предметного конструювання запитів та розроблення системи оцінювання. Надзвичайно корисними у цьому аспекті є формування конспектів занять із використанням різних варіантів дій на випадок необхідності внесення певних коректив у роботу навчального колективу, що набуває особливої актуальності на рівні умов воєнного часу.

З метою формування цілісного бачення можливих сценаріїв для ефективного проведення навчальних занять з фізики в умовах ЗФПО варто презентувати теоретичну проекцію шляхів можливого використання штучного інтелекту на рівні викладання основних розділів досліджуваної науки.

Зокрема, у механіці варто залучати інтелектуального помічника для реалізації переходу на рівні такої навчальної системи: «теоретичний виклад матеріалу → схематизація ключових блоків → складання математичної моделі». Наприклад, студентам можна надати відеозапис із зображенням траєкторії руху предмета, проблематизувати завдання щодо побудови системи координат, обчислення швидкості та прискорення, а на завершення – запропонувати порівняння декількох схожих моделей. Залучення потенціалу штучного інтелекту на цьому етапі, матиме місце для виявлення тих аспектів предметного вивчення, де простий закон уже не описує дані, а пропонує знайти правильні відповіді про силу, чи опір. У результаті студент отримує не автоматично побудований графік, а свідомо зроблений аргументований вибір моделі із зазначенням інтервалу її застосування та джерел існуючих неспівпадінь.

Багаторічний досвід педагогічної діяльності засвідчує особливий рівень ефективності проведення підсумкового контролю з допомогою залучення умови фізичної задачі відкритого типу, у якій немає єдиного наперед заданого шляху розв'язання. При такій ситуативності, студент отримує для роздумів проблемну ситуацію, потім формулює власні припущення щодо можливостей її розв'язання, далі – долучає інтелектуального помічника для виведення єдиної альтернативної моделі, і лише потім приходить до усвідомлення можливих слабких місць, над якими потрібно попрацювати для того, щоб правильно розв'язати задачу. Залучення такого педагогічного підходу до організації та реалізації навчального заняття, повинно передбачати врахування якості запитань до системи, незалежну перевірку результатів, аргументацію та чіткість зазначення обмежень. Такий формат роботи із колом здобувачів освіти покликаний перевірити не здатність студента конкурувати з інтелектуальним інструментом, а передусім ідентифікувати сформованість у студентів уміння самостійно пізнавати, досліджуючи, та нести відповідальність за сформульовані висновки.

Моделюючи різні педагогічні «сценарії» проведення навчальних занять із тих чи інших розділів фізики викладач повинен логічно на рівні кожного з них імплементувати єдиний алгоритм

навчальних дій студента: спочатку самостійне прогнозування, далі – залучення досліджуваного інструментарію і на завершення – перевірка та обґрунтування отриманого результату. Водночас педагогу варто пам'ятати єдине, що якщо вилучити перший етап, цифрова відповідь буде сприйнята студентом у якості вихідної істини; якщо вилучити останній – навчальна діяльність буде механічно зведена до технічної операції.

**Дискусія.** Водночас, теоретичний аналіз засвідчує суперечність між потенціалом штучного інтелекту персоналізувати підтримку студентів та ризиком послаблення самостійного міркування на рівні досліджуваного галузевого поля.

**Висновки**. На основі проведеного теоретичного аналізу маємо змогу зробити такі висновки. Сьогодні штучний інтелект і справді відкрив перед усіма учасниками освітнього процесу широкі можливості для: опанування навчального курсу фізики; реалізації точніших діагностичних процедур; регулювання складнощів, пов'язаних із проведенням складних експериментальних та прикладних дослідницьких завдань; забезпечення своєчасного зворотного зв'язку між викладачем та студентами та ін. Цінність досліджуваного інструментарію на рівні реалізації навчальних завдань полягає передусім у можливостях раціоналізації процесу мисленнєвих дій (зокрема, прогнозування → вибір моделі → обчислення → вимірювання → перевірка → пояснення).

Водночас, імплементація педагогом інструментарію штучного інтелекту у процес навчання передбачає і посилення вимог щодо педагогічного дизайну навчального заняття. Відсутність чітких педагогічних цілей перетворює процес інтеграції на випадкову добірку завдань, а автоматичну перевірку – на неосмислене ранжування. Саме ці умови трансформують усвідомлення здобувачами освіти генеративного помічника у джерело інтелектуальної залежності. Саме ця ситуативність ще більшою мірою повинна спрямовувати викладача у напрямку забезпечення й підтримання рівня контролю над змістом навчального матеріалу. Незмінними умовами такої предметної інтеграції інтелектуального помічника повинні залишатися абсолютна прозорість використання, захист даних, рівний доступ і можливість перегляду рішення іншими учасниками освітнього процесу.

Перспективна модель навчання фізики в освітній системі ЗФПО повинна ґрунтуватися на органічній співпраці людини й технології, щоб не послабити фундаментальну підготовку майбутніх фахівців та створити більше простору для предметних взаємодій на рівні цілісного освітнього процесу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., Pham, P., Chong, S. W., & Siemens, G. (2024). A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: A call for increased ethics, collaboration, and rigour. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21*, Article 4. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00436-z

Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., & Järvelä, S. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review of research. *TechTrends, 66,* 616–630. https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y

Crompton, H., & Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: The state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20*, Article 22. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8

Kortemeyer, G. (2023a). Could an artificial-intelligence agent pass an introductory physics course? *Physical Review Physics Education Research, 19*(1), Article 010132. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010132

Kortemeyer, G. (2023b). Toward AI grading of student problem solutions in introductory physics: A feasibility study. *Physical Review Physics Education Research, 19*(2), Article 020163. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020163

Kortemeyer, G., & Bauer, W. (2024). Cheat sites and artificial intelligence usage in online introductory physics courses: What is the extent and what effect does it have on assessments? *Physical Review Physics Education Research, 20*(1), Article 010145. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010145

Küchemann, S., Steinert, S., Revenga, N., Schweinberger, M., Dinc, Y., Avila, K., & Kuhn, J. (2023). Can ChatGPT support prospective teachers in physics task development? *Physical Review Physics Education Research, 19*(2), Article 020128. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020128

Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693

Wang, T., & Chen, Z. (2024). Exploring generative AI assisted feedback writing for students' written responses to a physics conceptual question with prompt engineering and few-shot learning. *Physical Review Physics Education Research, 20*(1), Article 010152. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010152

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16,* Article 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

## REFERENCES

Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., Pham, P., Chong, S. W., & Siemens, G. (2024). A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: A call for increased ethics, collaboration, and rigour. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21,* Article 4. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00436-z [in English].

Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., & Järvelä, S. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review of research. *TechTrends, 66,* 616–630. https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y [in English].

Crompton, H., & Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: The state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20,* Article 22. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8 [in English].

Kortemeyer, G. (2023a). Could an artificial-intelligence agent pass an introductory physics course? *Physical Review Physics Education Research, 19*(1), Article 010132. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010132 [in English].

Kortemeyer, G. (2023b). Toward AI grading of student problem solutions in introductory physics: A feasibility study. *Physical Review Physics Education Research, 19*(2), Article 020163. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020163 [in English].

Kortemeyer, G., & Bauer, W. (2024). Cheat sites and artificial intelligence usage in online introductory physics courses: What is the extent and what effect does it have on assessments? *Physical Review Physics Education Research, 20*(1), Article 010145. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010145 [in English].

Küchemann, S., Steinert, S., Revenga, N., Schweinberger, M., Dinc, Y., Avila, K., & Kuhn, J. (2023). Can ChatGPT support prospective teachers in physics task development? *Physical Review Physics Education Research, 19*(2), Article 020128. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020128 [in English].

Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693 [in English].

Wang, T., & Chen, Z. (2024). Exploring generative AI assisted feedback writing for students' written responses to a physics conceptual question with prompt engineering and few-shot learning. *Physical Review Physics Education Research, 20*(1), Article 010152. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010152 [in English].

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16,* Article 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0 [in English].

***Liudmyla SLOBODIANIUK***
*PhD in A1 Education/Pedagogy, Teacher-Methodologist of the Highest Qualification Category, Kyiv Professional College of Communication, Kyiv*
***ORCID:*** *https://orcid.org/0009-0004-7603-1572*

## INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO PHYSICS EDUCATION AT PROFESSIONAL PRE-HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

***Abstract***

*The article provides a theoretical analysis of integrating artificial intelligence into physics education at professional pre-higher education institutions. The relevance of the problem is linked to differences in*

*students' prior preparation, the need for personalized pedagogical support, and the necessity of preserving evidence-based physical reasoning amid the growing use of generative and analytical digital tools.*

*The study* ***aims*** *to theoretically substantiate a pedagogically appropriate model for integrating artificial intelligence into physics education through adaptive diagnostics, individualized support, and mandatory verification of results.*

*The research procedure combined theoretical analysis and generalization, systematization of artificial intelligence functions at different stages of physics learning, and pedagogical modelling of diagnostic, computational, laboratory, and assessment scenarios.*

***Results.*** *Four interconnected areas of application were identified: comprehensive diagnosis of learning difficulties and development of a dynamic course mastery profile; scaffolded support for solving physics problems; visualization and modelling of computational experiments; and intelligent analysis of laboratory data. Adaptive assistance should follow the principle of minimum necessary support, while decisions concerning task complexity, assessment criteria, and interpretation of outcomes must remain under the teacher's professional responsibility.*

***Conclusions.*** *The study concludes that the educational value of artificial intelligence lies not in automatically producing answers, but in structuring a sequence of learning actions: prediction, model selection, calculation or measurement, verification, and reasoned explanation. Effective integration requires transparent rules of use, data protection, equitable access, teachers' methodological readiness, and the preservation of student autonomy.*

***Keywords:*** *artificial intelligence, physics education, professional pre-higher education institutions, adaptive diagnostics, individual learning trajectory, computational experiment, laboratory practicum.*

Дата першого надходження статті до видання: 08.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 05.10.2026

**DOI:**
**УДК 378.147:004.9**

***Вадим ШКАРІВСЬКИЙ***
*аспірант кафедри інформаційних технологій і програмування, Український державний університет імені Михайла Драгоманова, м. Київ*
***ORCID:*** *https://orcid.org/0009-0004-8998-8357*

## ПЕДАГОГІЧНА ПРОЕКЦІЯ МЕТАКОГНІТИВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ КРІЗЬ ПРИЗМУ НЕЙРОННОМЕРЕЖЕВОГО ПОСТУПУ

***Резюме***

*Обґрунтовано актуальність розвитку метакогнітивної компетентності майбутніх учителів інформатики в умовах стрімкого нейромережевого поступу та цифровізації освіти. З'ясовано, що сучасне цифрове навчальне середовище вимагає від педагога виходу за межі стандартної цифрової грамотності й вузькоспеціалізованих інструментальних навичок до рівня усвідомленої пізнавальної саморегуляції.*

***Мета дослідження*** *– окреслити сутність, структуру та функціональне призначення метакогнітивної компетентності майбутніх учителів інформатики в умовах активного впливу нейромережевих технологій.*

*Застосовано релевантні* ***методи дослідження****: аналіз і синтез наукових джерел, порівняння когнітивного та метакогнітивного рівнів діяльності, класифікацію структурних компонентів досліджуваного феномена, систематизацію вимог до професійної підготовки та теоретичне узагальнення.*

*Організовано* ***процедуру дослідження****, шляхом: здійснення порівняльно-категоріального аналізу ключових і цифрових компетентностей; зіставлення стандартів та концептуальних рамок підготовки фахівців; визначення освітніх можливостей та когнітивних ризиків людино-нейромережевої взаємодії; виокремлення оцінювальних критеріїв для порівняння когнітивного й метакогнітивного рівнів.*

***Результати дослідження*** *репрезентували метакогнітивну компетентність як надбудову вищого рівня, яка інтегрує знаннєвий, операційно-діяльнісний, мотиваційно-ціннісний і поведінково-*