

Херсонський державний університет
Факультет комп'ютерних наук, фізики та математики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

На здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти
на тему: **«Розвиток пізнавального інтересу в учнів під час навчання
астрономії за допомогою ІІІ на прикладі теми: "Вивчення екзопланет у
подвійних зір"»**

Виконав:

Студент ІІ курсу, групи 12-211Мз

спеціальності 014.08

Середня освіта (Фізика та астрономія)

Ставичний Олександр Володимирович

Керівник: професор, д. пед. н.

Кузьменков С.Г.

Рецензент:

ЗМІСТ

ЗМІСТ	2
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНОГО ІНТЕРЕСУ В НАВЧАННІ АСТРОНОМІЇ	7
1.1 Психолого-педагогічні основи формування пізнавального інтересу учнів	7
1.2 Значення астрономії у формуванні наукового світогляду старшокласників.....	9
1.3 Використання цифрових і візуалізаційних технологій у навчанні астрономії	10
1.4 Освітній потенціал штучного інтелекту у формуванні дослідницьких навичок	13
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В НАВЧАННІ АСТРОНОМІЇ ТА ІНШИХ ПРИРОДНИЧИХ НАУК.....	18
2.1 Аналіз сучасних тенденцій інтеграції штучного інтелекту в освітній процес природничих наук	18
2.2 Методика організації навчальної діяльності уроку астрономії з використанням ІІІ.....	21
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ СИТУАЦІЙ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	27
3.1 Формування навчальних ситуацій на уроці астрономії із використанням штучного інтелекту.....	27
3.2 Створення цифрових симуляцій подвійних зоряних систем у навчальному процесі	31
3.3 Розробка чат-ботів та генерація моделей для імітації поведінки екзопланет у подвійних зірках.....	38

3.4	Узагальнення результатів і перспективи подальших досліджень	42
	ВИСНОВКИ	44
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47
	ДОДАТОК А.....	51
	ДОДАТОК Б	54

ВСТУП

Сучасні системи освіти зазнають значних змін під впливом цифрових технологій, зокрема штучного інтелекту (ШІ), який стає важливим інструментом у формуванні нових підходів до навчання. У природничих науках, і особливо в астрономії, інтеграція ШІ відкриває широкі можливості для візуалізації складних процесів, моделювання небесних явищ, створення симуляцій та персоналізованого навчання.

Проблема розвитку пізнавального інтересу учнів під час навчання розглядається в роботах Л. Виготського [1], В. Сухомлинського [2], О. Савченко [3], О. Пометун [4] та ін. Ці ж прогнали можна приєднати і до природничих наук. Однак питання використання інтелектуальних цифрових інструментів для формування когнітивної мотивації у учнів у контексті астрономії залишається недостатньо вивченим.

Тому дослідження використання ШІ як засобу розвитку пізнавального інтересу учнів у процесі вивчення астрономії є актуальним, перспективним та відповідає сучасним тенденціям цифрової трансформації освіти.

Це дослідження відповідає одному з наукових напрямків роботи кафедри, який передбачає розробку інноваційних методів навчання та використання штучного інтелекту в освітньому процесі. Окрім того, тема «екзопланети у подвійних зір» – є однією з тем навчальних програм 11 класів загальноосвітніх шкіл.

Метою дослідження є обґрунтування, розробка та експериментальна перевірка методики організації освітньої діяльності з астрономії з використанням штучного інтелекту для розвитку пізнавального інтересу учнів на прикладі теми «Екзопланети у подвійних зір».

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати психолого-педагогічні основи розвитку пізнавального інтересу учнів.
2. Визначити роль астрономії у формуванні наукового світогляду учнів старших класів.
3. Дослідити сучасні тенденції інтеграції штучного інтелекту в процес природничо-наукової освіти.
4. Розробити методику проведення уроків астрономії з використанням цифрових симуляцій та чат-ботів на основі штучного інтелекту.

Об'єкт дослідження: освітній процес з астрономії у закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження: методології використання штучного інтелекту (цифрових симуляцій, чат-ботів, генеративних моделей) у викладанні астрономії з метою розвитку пізнавального інтересу учнів.

Методи дослідження.

Для досягнення поставлених цілей використовується комплекс взаємопов'язаних методів:

- теоретичні: аналіз та узагальнення психолого-педагогічної, методологічної та науково-технічної літератури з питання використання ШІ в освіті;
- експериментальні: розробка та впровадження моделей навчання астрономії з використанням симуляцій та чат-ботів на основі ШІ;

Наукова новизна отриманих результатів:

Розроблено методику використання цифрових симуляцій та чат-ботів для моделювання поведінки екзопланет у подвійних зоряних системах.

Описано концепцію «пізнавального інтересу в цифровому освітньому середовищі» та її педагогічні показники.

Запропоновано структуру уроку астрономії зі штучним інтелектом, що поєднує етапи дослідження, моделювання, аналізу та рефлексії.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблена методика може бути використана:

- у практиці вчителів астрономії, фізики та інформатики для інтеграції штучного інтелекту в освітній процес;
- при підготовці майбутніх вчителів до використання інтелектуальних технологій у STEM-освіті;
- для створення цифрових лабораторій та симуляцій на основі відкритих платформ (Universe Sandbox, NASA Eye, AI Stellarium).

Апробація результатів дослідження.

Основні положення [5] цього дослідження були опубліковані в електронному альманасі «Магістерські студії» (випуск 24, 2025).

Структура роботи. Робота складається з вступу, основної частини: 3 розділи: 1 розділ складається з 4 підрозділів, 2 з 2 підрозділів та 3 розділ складається з 4 підрозділів, висновки, список використаної літератури та додатки. Загальний обсяг становить 54 сторінок, з них список використаних джерел (40 найменування) на 4 сторінках та додатки – 3 сторінок.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНОГО ІНТЕРЕСУ В НАВЧАННІ АСТРОНОМІЇ

1.1 Психолого-педагогічні основи формування пізнавального інтересу учнів

Пізнавальний інтерес учнів – це внутрішній стан, що характеризується активним бажанням здобувати нові знання, усвідомленням їхньої значущості для особистості та залученням до навчальної діяльності. У психолого-педагогічному вимірі його формування пов'язане з розвитком мотиваційної, емоційної та когнітивної сфер дитини. На мотиваційному рівні пізнавальний інтерес стимулює самостійність, ініціативність та прагнення до дослідження; на емоційному рівні він супроводжується почуттям зацікавленості, задоволення від процесу пізнання; на когнітивному рівні він активізує стан готовності до сприйняття нового, ставить питання «чому» та «як», сприяє розвитку аналітичного та системного мислення.

З точки зору педагогіки, створення сприятливих умов для розвитку пізнавального інтересу передбачає такі кроки [6]:

- забезпечення предметної значущості навчального матеріалу – учень повинен бачити сенс і застосування знань;
- організація діяльності, що заохочує самостійність та активність – це проблемні ситуації, дослідницькі завдання, ігрові елементи;
- розвиток емоційно-ціннісного ставлення до навчання – через підтримку, схвалення, створення атмосфери відкритості та допитливості;

- створення відповідних взаємовідносин між учителем і учнем – коли учитель виступає як посередник пізнавальної діяльності, а не просто передавач знань.

Дослідження психолого-педагогічних аспектів показують, що розвиток пізнавального інтересу особливо ефективний у ситуаціях, коли учень сам моделює або прогнозує результат пізнавальної діяльності, порівнює отримані дані з очікуваними, аналізує помилки та розмірковує над ними. Такий підхід підвищує суб'єктивність навчання та активізує внутрішню мотивацію [7].

Наприклад, у навчальній діяльності важливого значення набуває елемент «ефекту несподіванки» – постановка завдань або ситуацій, що викликають розбіжність між очікуваннями учня та результатом, що стимулює дослідницько-рефлексивне мислення та бажання з'ясувати причину відхилення. Крім того, розвиток пізнавального інтересу тісно пов'язаний зі сформованим ставленням до помилок не як до перешкоди, а як до джерела нових питань та відкриттів [7].

У віковому плані старшокласники характеризуються підвищенням рівня саморегуляції пізнавальної діяльності [8]:

- учні стають здатними самостійно ставити перед собою освітні цілі;
- оцінювати свій рівень знань;
- планувати дослідницьку діяльність.

Тому педагогічна діяльність у цьому віці повинна бути спрямована не лише на передачу знань, а й на розвиток навичок управління власним пізнанням – формулювати запит, збирати інформацію, будувати гіпотези, перевіряти їх, робити висновки.

Таким чином, психолого-педагогічні основи формування пізнавального інтересу учнів полягають у системній взаємодії мотиваційного, емоційного та когнітивного компонентів, у створенні

навчального середовища, що стимулює допитливість, дослідницьку активність, саморегуляцію пізнавального процесу.

1.2 Значення астрономії у формуванні наукового світогляду старшокласників

Астрономія є однією з ключових природничих наук, яка спрямовує учнів до усвідомлення універсальних законів фізичного світу, підвищуючи рівень їхньої наукової обізнаності. Зокрема, через вивчення будови та історії розвитку Всесвіту, учні отримують можливість формувати та трансформувати наукові моделі, відчувати зв'язок між науковим знанням та суспільним прогресом. Згідно з методичними матеріалами, курс астрономії в школі передбачає як мету «формування наукового світогляду через інтерес до оволодіння методами наукового пізнання, інтерес до вивчення астрономії» [9].

Курс астрономії залучає учнів старших класів до розгляду фундаментальних питань про походження та розвиток Всесвіту, що сприяє не лише розширенню знань, а й зміні способу мислення – від простого запам'ятовування фактів до розуміння процесів, причинно-наслідкових зв'язків та перспектив. Наприклад, у матеріалі наголошується, що «Астрономія є однією з найголовніших наук, завдяки яким створюється наукова картина світу – система уявлень про найзагальніші закони будови і розвитку Всесвіту» [10].

Крім того, астрономічні дослідження мають помітний прикладний ефект та технологічну спрямованість, що дозволяє педагогічно підкреслити важливість дисципліни не лише в теоретичному, а й у практично-світоглядному аспекті – астрономія відіграє вирішальну роль у формуванні світогляду як окремої людини, так і людства в цілому.

Таким чином, через курс астрономії учні не лише отримують знання про зорі, планети, галактики, а й формують здатність ставити науково обґрунтовані питання, критично оцінювати гіпотези, відрізняти науковий підхід від міфологічного чи псевдонаукового. Саме таким чином астрономія сприяє формуванню наукового світогляду, який є важливою складовою освіченої особистості 21 століття.

1.3 Використання цифрових і візуалізаційних технологій у навчанні астрономії

У 21 столітті астрономія набула нових форм навчання завдяки цифровим технологіям, які дозволяють учням безпосередньо спостерігати, моделювати та аналізувати явища, що раніше залишалися абстрактними. Астрономічні явища відбуваються у великих просторових та часових масштабах, тому використання засобів візуалізації допомагає подолати когнітивний бар'єр між представленням та спостереженням. Цифрові технології стають засобом не лише передачі знань, але й формування когнітивного інтересу, аналітичного мислення, просторової уяви та дослідницьких навичок.

Наприклад, використання віртуальної реальності [11] (VR) створює захопливий досвід, де учень ніби перебуває «посеред зоряного неба» або в подвійній зоряній системі, що підвищує рівень залученості, зацікавленості та розуміння просторових і часових масштабів Всесвіту.

Цифрові симуляції, доповнена реальність [12] (AR) та мобільні додатки дозволяють візуалізувати рухи планет, зміни фаз Місяця, еволюцію зорі, моделювання подвійних зір та їхньої орбітальної поведінки, що особливо цінне для уроків, оскільки дозволяє зробити «видимим» те, що зазвичай не підлягає безпосередньому спостереженню.

Крім того, цифрові платформи з астрономічними даними (наприклад, програми візуалізації) дають учням можливість працювати з реальними зображеннями, каталогами зір, галактик та обчислювальними моделями – таким чином, учень не лише отримує знання, а й залучається до дослідницької діяльності.

За даними дослідження Керстінга М. та ін. (2023) [13], використання VR-технологій у курсах астрономії створює «ефект присутності» та збільшує глибину розуміння просторових структур, оскільки учень не просто дивиться на діаграму, а «рухається» в неї.

Однак ефективність таких технологій залежить від їх правильного педагогічного впровадження: важливо, щоб візуалізація супроводжувалася завданнями на вирішення проблем, дозволяючи учням моделювати, аналізувати та порівнювати результати, а не просто пасивно переглядати. Дослідження VR-технологій показало, що дизайн середовища повинен враховувати аспекти занурення, візуалізації, співпраці та фасилітації, щоб технологія дійсно сприяла навчальній діяльності.

Сучасний вчитель астрономії має доступ до великої кількості інтерактивних ресурсів:

- Stellarium [14] – безкоштовний планетарій, який дозволяє спостерігати за зоряним небом у режимі реального часу, моделювати положення планет, комет та супутників;
- Celestia [15] – тривимірна програма, яка дозволяє «подорожувати» в космосі, змінювати масштаб від орбіти Землі до меж видимого Всесвіту;
- NASA Eyes on the Solar System [16] – онлайн-платформа NASA [17] для моделювання польотів космічних кораблів та спостереження за планетами;

- Universe Sandbox [18] – динамічний симулятор, який дозволяє моделювати зіткнення галактик, рух астероїдів та еволюцію зоряних систем;
- Google Sky Map [19], Star Walk 2 [20], Sky Safari [21] – мобільні додатки, що дозволяють спостерігати за сузір'ями, рухом небесних тіл та отримувати довідкову інформацію.

Ці інструменти не лише візуалізують матеріал, а й створюють умови для самостійного дослідження. Учень може ставити запитання, змінювати параметри моделі (наприклад, нахил осі обертання планети, швидкість руху або масу зір), спостерігати за результатом та робити висновки.

Психологічні та педагогічні дослідження доводять, що інтерактивна взаємодія з навчальним матеріалом стимулює активну пізнавальну діяльність та довготривалу увагу.

Зокрема, дослідження Мендеса І. [22] показує, що використання доповненої реальності (AR) у вивченні просторових понять астрономії значно покращує результати учнів порівняно з традиційним підходом

Важливим компонентом цифровізації навчання є вміння працювати з реальними науковими даними.

Такі платформи, як NASA Exoplanet Archive [23], ESA Gaia DR3 [24], Zooniverse: Planet Hunters TESS [25], дозволяють учням аналізувати реальні вимірювання яскравості зір, визначати орбітальні періоди екзопланет та досліджувати галактичні каталоги. Таким чином, учні не лише спостерігають явища, а й беруть участь у реальних дослідницьких проектах, що формує навички наукового мислення, критичного аналізу та обробки великих обсягів даних.

За словами Смареллії Р. [26], залучення учнів до роботи з відкритими астрономічними базами даних сприяє зростанню інтересу до STEM-галузей [27] та розвитку інформаційної культури.

Ефективне використання цифрових та візуалізаційних технологій вимагає ретельного дидактичного проектування. Викладач повинен грати роль фасилітатора, який допомагає учням не просто «дивитися» симуляції, а мислити науково: ставити запитання, формулювати гіпотези, проводити вимірювання, порівнювати результати.

Використання ІКТ також передбачає розвиток медіа- та цифрової грамотності: розуміння джерел даних, перевірка достовірності інформації, вміння аналізувати графіки, інтерпретувати спостереження.

Тому цифрові та візуалізаційні технології в курсах астрономії є потужним засобом підвищення когнітивної активності чнів, стимулювання їхньої допитливості, розвитку візуального мислення та навичок наукового дослідження, але для того, щоб вони працювали ефективно, потрібен свідомий педагогічний підхід: вибір адекватних завдань, підтримка вчителя-фасилітатора, технічна доступність та інтеграція з навчальним змістом.

1.4 Освітній потенціал штучного інтелекту у формуванні дослідницьких навичок

У сучасному освітньому просторі інтеграція технологій штучного інтелекту (ШІ) створює нові можливості для розвитку дослідницьких навичок учнів через надання інструментів для аналізу, моделювання та генерації гіпотез. Зокрема, платформи з адаптивним алгоритмом можуть стимулювати учня самостійно ставити запитання, перевіряти припущення, аналізувати результати й коригувати подальші дії – тобто наближати навчальний процес до наукового дослідження. Замість традиційної моделі «вчитель-передавач → учень-споживач», використання ШІ відкриває шлях до більш активної, самостійної

дослідницької діяльності старшокласників – особливо в природничих дисциплінах, таких як астрономія.

Інструменти ІІІ в освіті створюють умови для персоналізації дослідницької діяльності: учні можуть працювати із заданими або згенерованими моделями, порівнювати власні спостереження з результатами системи ІІІ, що підвищує мотивацію, автономність та критичне мислення. Наприклад, дослідження показують, що інтеграція платформи ІІІ в процес навчання сприяє розвитку дослідницьких навичок порівняно з традиційним підходом.

Ключовими компонентами штучного інтелекту як інструменту є:

1. Діагностика та адаптація: Системи ІІІ аналізують відповіді учня та пропонують дослідницькі завдання, що відповідають його потребам, слабким сторонам та рівню підготовки.
2. Моделювання та симуляція: У контексті астрономії, наприклад, учень може працювати з моделями зоряних систем, змінювати параметри, отримувати прогнози та порівнювати їх з даними – саме це наближає діяльність до наукового дослідження.
3. Зворотний зв'язок та рефлексія: Система ІІІ може оцінювати дії учня, пропонувати можливі напрямки корекції, стимулювати рефлексію щодо вибору гіпотези чи методології, що посилює метакогнітивні процеси.

Дослідницькі навички включають здатність ставити запитання, формулювати гіпотези, вибирати методи дослідження, аналізувати дані, робити висновки та представляти результати. Системи ІІІ можуть грати роль методологічного підсилювача: вони надають адаптовані завдання, змінні моделі, створюють ситуації, де учень виступає як дослідник, а не лише як виконавець. Наприклад, за допомогою алгоритмів автоматичної генерації змінних параметрів системи, симуляцій або моделей, учень може моделювати поведінку системи, прогнозувати результат,

порівнювати його з реальними даними та коригувати гіпотези – все це наближає навчання до науково-дослідницької діяльності.

Такі можливості підтверджуються дослідженнями: інтеграція технологій ІІІ призводить до підвищення рівня залученості учнів до навчання, їхньої автономності та мотивації до дослідження [28].

У контексті астрономії можна навести приклад: учні працюють із системою, яка використовує ІІІ для генерації початкових параметрів подвійної зоряної системи, моделює орбітальний рух, будує світлову криву та порівнює її з каталогом даних, наприклад, з місії Kepler [29] або TESS [30]. Такий підхід посилює дослідницьку діяльність, оскільки учень не лише переглядає готову систему, але й змінює параметри, аналізує «що, якби», перевіряє свої висновки за допомогою автоматизованих алгоритмів, отримує зворотний зв'язок від системи або вчителя-фасилітатора. Наприклад, у статті про використання ІІІ у візуалізації астрономічних даних зазначено:

«AI-powered systems further enhance accessibility by enabling students to engage in advanced astronomical simulations and data analysis without requiring expensive equipment or infrastructuration» [31].

Це означає, що навіть у середовищах з обмеженими ресурсами можна організовувати дослідницькі справи з астрономії за допомогою платформ ІІІ.

Хоча потенціал великий, успішне впровадження вимагає певних умов. По-перше, грамотне педагогічне проектування: визначення чітких дослідницьких завдань, інтеграція модулів ІІІ в освітню діяльність та підтримка вчителя-фасилітатора. По-друге, цифрова грамотність учнів: вони повинні не просто «натиснути кнопку», а усвідомлювати, як працює інструмент, які є обмеження та як інтерпретувати результати [32].

Крім того, необхідно враховувати питання етики, конфіденційності даних, алгоритмічної справедливості – які також є частиною сучасної педагогіки «освітнього ІІІ».

У реалізованих експериментах інтеграція ІІІ підвищила рівень дослідницької активності: учні частіше ініціювали власні дослідження, ставили запитання, аналізували альтернативні сценарії, працювали з реальними даними. Дослідження з використанням інструментів ІІІ показали значне підвищення рівня залученості учнів до навчального процесу [28].

У контексті старшої школи – особливо цінно, що учень стає не просто споживачем знань, а моделює ситуації, формує власні висновки, порівнює з «автоматичним» висновком системи та аналізує відмінності.

Рекомендації щодо практичного впровадження ІІІ на уроках:

1. Розробляти навчальні сценарії, в яких модуль ІІІ виступає в ролі помічника-«дослідника»: генерує варіанти, пропонує альтернативи, підказує напрямки аналізу.
2. Використовувати моделі «дослідницького уроку» – учень повинен моделювати, аналізувати, коригувати: наприклад, у темі «Екзопланети у подвійних зір» – змінювати параметри орбіти, бачити вплив на світлову криву, порівнювати з каталогами.
3. Надавати учням інструменти візуалізації та аналітики: симуляції, графіки, дані місій, щоб дослідницька діяльність була різноманітною.
4. Вчитель-фасилітатор повинен ставити відкриті питання, стимулювати рефлексію, підтримувати дискусію, а не просто керувати процесом.
5. Забезпечувати цифрове навчання: короткі модулі з етики ІІІ, алгоритмів, обмежень, щоб учні могли свідомо працювати з інструментами ІІІ.
6. Проводити моніторинг та оцінювання: встановлювати показники дослідницької діяльності, відстежувати зміни в навичках, залученості та самостійності учнів.

Таким чином, впровадження ІІІ у викладання астрономії дає можливість перетворити класичні вправи на дослідницькі ситуації, спрямовані на емпіричну поведінку учня, розвиток навичок моделювання, інтерпретації даних та побудови висновків, що значно підвищує освітній рівень та готує учнів до участі в сучасній науковій діяльності.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В НАВЧАННІ АСТРОНОМІЇ ТА ІНШИХ ПРИРОДНИЧИХ НАУК

2.1 Аналіз сучасних тенденцій інтеграції штучного інтелекту в освітній процес природничих наук

Технології машинного навчання, генеративні моделі, адаптивні системи навчання, аналіз даних та віртуальні лабораторії фундаментально змінюють підхід до викладання фізики, біології, хімії, географії та астрономії.

Сучасні тенденції інтеграції ШІ в освітній процес науки спрямовані не лише на автоматизацію рутинних операцій, але й насамперед на розвиток когнітивної активності, дослідницьких та аналітичних навичок учнів. Аналіз сучасних тенденцій інтеграції ШІ в природничі науки дозволяє виділити шість ключових напрямків:

- Персоналізація та адаптивність навчання.
- Інтелектуальні симуляції та віртуальні лабораторії.
- Використання генеративних моделей як інструментів для пояснення та творчості.
- Освітня аналітика та робота з даними.
- Формування ШІ-грамотності.
- Міждисциплінарність та спільне навчання.

Тенденція 1 Адаптивне та персоналізоване навчання в науці

ШІ зараз активно впроваджується у створення адаптивних освітніх платформ, які адаптуються до рівня знань та стилю навчання кожного учня.

- У фізиці системи Squirrel AI [32] та Carnegie Learning Physics Tutor [33] формують індивідуальні траєкторії навчання та пропонують додаткові завдання на основі результатів розв'язання задач.
- У біології системи на базі ШІ моделюють поділ клітин або еволюційні зміни, аналізуючи відповіді учнів.
- У хімії платформи, такі як Labster [36], використовують нейронний мережевий аналіз для прогнозування того, які поняття викличуть труднощі.

Дослідження Вієріу (2025) [28] показує, що використання штучного інтелекту в STEM підвищує залученість учнів на 25-30% завдяки можливості персоналізованого контролю та миттєвого зворотного зв'язку.

Тенденція 2: Інтелектуальні симуляції та віртуальні лабораторії

Однією з найпомітніших тенденцій є створення інтерактивних лабораторних симуляцій, в яких алгоритми штучного інтелекту розраховують експериментальні параметри, прогнозують наслідки змін та запрошують учнів перевірити свої гіпотези.

- Labster [35] (хімія, біологія, фізика): симулює експерименти, аналізує правильність дій учнів, пропонує оптимальні кроки;
- Інструменти штучного інтелекту NASA [23] для астрономічної освіти: використовуються для моделювання орбіти, спектрального аналізу та пошуку екзопланет;
- BioDigital Human (біологія): 3D-моделювання фізіологічних процесів за допомогою алгоритмічного аналізу;
- Google Earth Engine + ML (географія): дозволяє учням аналізувати реальні супутникові дані про зміну клімату.

Леон (2025) [36] наголошує, що саме симуляційні моделі штучного інтелекту сприяють переходу від споглядального до дослідницького навчання

Тенденція 3: Використання генеративних моделей у науковій освіті

У 2023–2025 роках роль генеративних систем штучного інтелекту (ChatGPT, Gemini, Claude, Copilot тощо) у STEM-освіті [27] зростає. Вони стають інструментом для пояснення складних тем, створення проблемних завдань, генерації тестів та наукових пояснень.

- У фізиці генеративні моделі використовуються для пояснення концепцій електромагнетизму або квантової механіки.
- У хімії вони використовуються для опису процесів реакцій або моделювання рівноваги.
- В астрономії вони використовуються для створення навчальних ситуацій, у яких учні аналізують параметри подвійних зір, прогнозують орбіти або спектральні криві.

Дослідження Аль-Дарайсе [37] показує, що 82% викладачів природничих наук вже використовують генеративні інструменти штучного інтелекту для створення матеріалів та підготовки інтерактивних пояснень.

Тенденція 4: Аналіз освітніх даних та підтримка досліджень

Ще однією сучасною тенденцією є використання штучного інтелекту для аналізу освітніх та експериментальних даних.

- AI4STEM [38] – це платформа, яка збирає та аналізує результати лабораторних робіт учнів з фізики та хімії для виявлення поширених помилок.
- Інструменти візуалізації даних на основі штучного інтелекту – інтегровані в курси географії для створення карт зміни клімату.
- В астрономії – аналіз кривих блиску реальних місій (Kepler [29], TESS [30], Gaia [40]) для навчання учнів роботі з «великими базами даних».

Тенденція 5: Формування грамотності в галузі штучного інтелекту (AI Literacy) в науковій освіті

З 2024 року концепція AI Literacy – розуміння принципів ШІ, його потенціалу та ризиків – активно впроваджується в міжнародні освітні програми (ОЕСР, ЮНЕСКО, ЄС).

У контексті науки це означає, що учні повинні не лише використовувати інструменти ШІ, але й усвідомлювати, як відбувається обробка даних, як формується прогноз або моделювання [40].

Тенденція 6: Міждисциплінарність та співпраця

В останні роки спостерігається зсув у бік міждисциплінарних освітніх проєктів, в яких ШІ поєднує кілька природничих наук одночасно.

- Проєкти ШІ для Землі – поєднання географії, екології та інформатики для моніторингу зміни клімату.
- ШІ в космічній науці – інтеграція фізики, математики та астрономії
- ШІ в біомедицині – об'єднання біології та хімії для аналізу геномів.

Такі підходи формують у школярів системне мислення, розуміння зв'язків між явищами та уявлення про науку як єдину систему знань.

Ці тенденції створюють нову педагогічну парадигму, в якій штучний інтелект не замінює вчителя, а посилює дослідницьку та аналітичну складову природничо-наукової освіти, роблячи її більш інтерактивною, практичною та спрямованою на розвиток пізнавального інтересу.

2.2 Методика організації навчальної діяльності уроку астрономії з використанням ШІ

Методика базується на ідеї використання штучного інтелекту (ШІ) як засобу активізації пізнавальної діяльності та розвитку дослідницьких навичок учнів.

Використання інтелектуальних цифрових симуляцій, віртуальних моделей та чат-ботів створює інтерактивне середовище, в якому учень не просто сприймає інформацію, а виступає в ролі дослідника, який ставить запитання, змінює параметри системи, аналізує результати та формулює висновки.

Метою методології є організація навчальної діяльності таким чином, щоб учні засвоювали зміст астрономії через дослідження, візуалізацію та взаємодію з інтелектуальними системами, а не лише через спостереження чи репродуктивні дії.

Педагогічні принципи методології полягають в:

1. Інтерактивність – навчальний процес побудований на активній взаємодії з цифровими симуляціями та чат-ботами.
2. Навчання на основі дослідницьких досліджень – урок передбачає постановку проблеми, висунення гіпотези, дослідження та перевірку результатів.
3. Персоналізація навчання – системи ІІІ адаптуються до рівня підготовки учня, забезпечуючи індивідуальний темп та складність завдань.
4. Візуалізація та моделювання – складні абстрактні явища представлені за допомогою візуальних симуляцій та 3D-моделей.
5. Рефлексія та самооцінювання – учні аналізують результати взаємодії зі ІІІ та роблять висновки щодо своїх навчальних досягнень.

Урок астрономії з використанням ІІІ можна поділити на такі етапи:

1. Мотиваційно-когнітивний етап.
 - а. Вчитель створює проблемну ситуацію (наприклад, «Чому деякі зорі в подвійних системах рухаються по складних орбітах?»).
 - б. Учні отримують коротку текстову або відеовізуалізацію, після чого взаємодіють з чат-ботом-помічником (наприклад,

ChatGPT, Copilot або шкільним ботом на платформі Dialogflow).

- с. Чат-бот допомагає уточнити початкові поняття, сформулювати гіпотези та вибрати дані для подальшого моделювання.

Приклад завдання:

«Сформулюйте припущення про те, як маса зорі впливає на період обертання в подвійній системі. Введіть це припущення в чат-бот і перевірте, які параметри потрібно знати, щоб довести його експериментально».

2. Дослідницький та практичний етап

- а. Учні переходять до цифрових симуляцій (Stellarium, Universe Sandbox, NASA Eyes on the Solar System, Celestia).
- б. Використовуючи модулі, що підтримують обчислення III (наприклад, плагіни Universe Sandbox 2 AI), учні змінюють параметри системи: масу, відстань між зорями, швидкість обертання, нахил орбіти тощо.
- с. Алгоритм III передбачає наслідки змін та візуалізує їх у режимі реального часу.
- д. Учні спостерігають за результатами, будують криві блиску та порівнюють їх з даними реальних місій (Kepler, TESS, Gaia).

Приклад дослідницького завдання:

«Змінити масу головної зорі на $1.5M$ та визначити, як зміниться форма орбіти супутника. Використати симуляцію за допомогою штучного інтелекту, щоб побудувати графік зміни яскравості системи протягом одного циклу. Порівняти результат з реальною кривою з бази даних TESS».

3. Аналітично-інтерпретаційний етап

- a. Учні експортують результати симуляції (графіки, дані, анімацію) та передають їх до системи штучного інтелекту (чат-бота або вбудованого аналітичного модуля).
- b. Штучний інтелект виконує статистичний аналіз або створює описову інтерпретацію (наприклад, пояснює, чому амплітуда змін яскравості збільшилася).
- c. Учні обговорюють результати, формулюють висновки та порівнюють власні гіпотези з прогнозами ІІІ.

Приклад діалогу з чат-ботом:

Учень: «Чому період обертання коротший у системі з більшою масою зорі?»

Бот: «Згідно із законом всесвітнього тяжіння, збільшення маси призводить до збільшення сили тяжіння, а отже, і швидкості орбітального руху».

4. Етап узагальнення та рефлексії

- a. Учні створюють цифровий звіт або «міні-проект» на основі результатів експерименту (презентація, короткий відеоролик, постер або сторінка Google Sites).
- b. За допомогою асистента ІІІ вони генерують короткий виклад спостережень та формулюють питання для подальшого дослідження.
- c. Вчитель підсумовує, наголошуючи на процесі наукового пізнання, а не лише на кінцевому результаті.
- d. Результати використання запропоновано методології є:
- e. Підвищення пізнавального інтересу та внутрішньої мотивації до вивчення астрономії.
- f. Розвиток навичок аналізу, моделювання та прогнозування природних явищ.
- g. Розвиток навичок роботи з цифровими даними та симуляціями.

- h. Розвиток критичного мислення та вміння співпрацювати в цифровому середовищі.
- i. Усвідомлення учнями взаємозв'язку між теорією та спостереженням.

Для підготовки уроку та складення плану запропоновані методичні рекомендації для вчителя:

- Перед використанням симуляцій проведіть короткий інструктаж щодо інтерфейсу.
- Забезпечте поєднання штучного інтелекту з педагогічним керівництвом – ШІ є інструментом, але не замінює вчителя.
- Формулюйте відкриті питання, які стимулюють мислення («Чому...», «Що станеться, якщо...», «Як це зміниться...»).
- Заохочуйте учнів до самостійного пошуку пояснень та аналізу відмінностей між результатами симуляції та реальними даними.
- Оцінюйте не лише правильність відповіді, але й якість дослідження: формулювання гіпотези, логіку аналізу, інтерпретацію результатів.

Приклад реалізації (тема «Екзопланети у подвійних зорях»)

Задача: Як взаємодіють зорі у подвійній системі та як це впливає на наявність планет?

Інструменти: ChatGPT Edu + Universe Sandbox 2 + NASA Exoplanet Archive.

Завдання:

- Учні формулюють гіпотезу за допомогою чат-бота;
- у симуляції змінюють масу та відстань між зорями;
- аналізують стабільність орбіти планети;
- порівнюють отримані дані з реальними місіями;
- генерують звіт, який частково генерується за допомогою ШІ-асистента.

Результат: розуміння впливу маси та гравітації на орбітальну динаміку, розвиток дослідницьких навичок.

Запропонована методологія забезпечує інноваційну організацію уроків астрономії, яка поєднує технології штучного інтелекту, інтерактивну візуалізацію та дослідницький підхід.

Використання цифрових симуляцій та чат-ботів робить викладання астрономії динамічним, експериментальним та когнітивно насиченим, сприяючи формуванню наукового світогляду та аналітичної культури учнів.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ СИТУАЦІЙ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

3.1 Формування навчальних ситуацій на уроці астрономії із використанням штучного інтелекту

Навчальна ситуація – це когнітивне середовище, спеціально створене вчителем, в якому учень отримує можливість самостійно досліджувати явище, ставити запитання, формувати гіпотези та аналізувати результати. Воно передбачає наявність проблемного завдання, практичної мети та зворотного зв'язку між діями учня та спостереженням за їх результатами.

У викладанні астрономії навчальні ситуації мають вирішальне значення, оскільки ця наука неможлива без моделювання – більшість явищ (рух планет, обертання галактик, гравітаційні взаємодії) неможливо безпосередньо спостерігати в класі. Тому педагогічно необхідно створювати ситуації, в яких учні не лише здобувають знання, а й виступають дослідниками Всесвіту, оперуючи моделями небесних тіл.

У традиційному навчанні створення таких ситуацій вимагає значних ресурсів та часу. Сучасні цифрові технології, і особливо інструменти штучного інтелекту, відкривають можливість швидко генерувати такі моделі, змінювати параметри та створювати змінні завдання, які максимально наближають навчання до реальних наукових досліджень.

Сьогоднішній штучний інтелект виконує функцію помічника-моделювання в роботі вчителів астрономії. Він здатний:

- генерувати описові умови завдання, в яких формулюються наукові та когнітивні ситуації («дві зорі обертаються навколо одного центру мас, знайдіть...», «комета наближається до планети...»);
- вибирати числові параметри, що відповідають реальним астрофізичним даним (маса, відстань, орбітальний період обертання, нахил орбіти);
- створювати проблемні питання, що стимулюють вивчення причин і наслідків явищ;
- генерувати гіпотези або підказки, які учні можуть перевірити за допомогою симуляцій або візуалізацій.

Таким чином, штучний інтелект стає не лише інструментом автоматизації, але й засобом розвитку дослідницького мислення, оскільки кожен учень отримує індивідуальну варіацію завдання, яка зберігає наукову достовірність, але вимагає власного аналітичного підходу.

Процес створення навчальної ситуації з опорою на штучний інтелект може бути представлений у вигляді алгоритму (табл. 3.1):

Таблиця 3.1

Створення навчальної ситуації

Етап	Зміст дій	Приклад реалізації
1. Визначення мети	Вчитель формулює ціль уроку.	«Дослідити залежність орбітальної швидкості від маси центрального тіла».
2. Формування запиту до ІІІ	Формулювання інструкція або запиту для генерації даних.	«Згенерувати навчальну задачу про рух планети навколо зорі з вхідними параметрами для побудови графіка швидкості».
3. Отримання параметрів	ІІІ створює набір числових значень та опис ситуації.	$M_1 = 1,2 M_{\odot}$; $m_2 = 0,8 M_{\odot}$; $a = 1,5$ а.о.; $e = 0,2$.

4. Візуалізація ситуації	Учень вводить параметри у симулятор або візуальну програму.	Universe Sandbox або Celestia показують рух тіл у просторі.
5. Аналіз результатів	Дослідження поведінки системи.	Порівняти орбітальні швидкості з законом Кеплера.

Даний алгоритм формує логічну послідовність пізнавальної діяльності, де штучний інтелект виконує роль «початкової точки» – генератора науково коректних умов експерименту.

Приклади задач, згенерованих штучним інтелектом, для уроків астрономії.

Задача 1. «Танець подвійних зір».

ІІІ генерує ситуації:

«Дві зорі обертаються навколо одного центру маси. Маса першої зорі становить $1,2M_{\odot}$, другої – $0,8M_{\odot}$. Визначте її період обертання, якщо відстань між ними становить 2 а.о. Змініть масу другої зорі на $1,6M_{\odot}$ та передбачте зміну періоду».

Мета: вивчити вплив маси на період обертання в подвійних зоряних системах.

Інструменти: Universe Sandbox або Kerbal Space Program з модифікацією Principia.

Задача 2. «Комета між двома світами»

ІІІ генерує:

«Комета проходить між двома зорями в системі Альфа-Бета. Визначте, з якою початковою швидкістю вона буде захоплена орбітою однієї із зір, і з якою швидкістю вона покине систему».

Мета: вивчити енергію взаємодії та гравітаційне захоплення.

Інструмент: симулятор Celestia або SpaceEngine..

Завдання 3. «Планета на межі зони життя»

Штучний інтелект пропонує такі вимоги:

«Планета обертається навколо зорі з температурою 5800 К на відстані 1 а.о.. Якщо цю відстань зменшити на 0,2 а.о., як зміниться потік енергії до поверхні?»

Цілі: застосування закону оберненої пропорційності між освітленістю та відстанню (закон обернених квадратів), аналіз придатності для життя.

Інструмент: симулятор Solar System Scope.

Такі завдання дають можливість поєднувати аналітичну діяльність, експерименти та дослідження, створюючи ефект «цифрової лабораторії» прямо в класі.

ІІІ може не лише генерувати числові дані, а й створювати цілі навчальні сценарії – описи ситуацій, діалоги, проблемні історії, які активізують мислення учнів.

Приклади інтерактивних форматів:

1. Сценарій-діалог «Астроном і ІІІ-асистент»

Учень: «Що станеться, якщо масу зорі збільшити вдвічі?»

ІІІ-асистент: “Тоді планета з радіусом орбіти в 1 а.о. почне обертатись швидше. Хочеш змодельовати це?”

Учень у симуляторі спостерігає зміну параметрів орбіти, фіксує дані та формулює висновок.

2. Сценарій-місія «Розумна експедиція»

Учні отримують від ІІІ завдання:

“Ваша команда досліджує нову зоряну систему, де є дві планети на нестабільних орбітах. За допомогою симуляції визначте, яка планета довше утримується в зоні життя.”

3. Історія-ситуація “Коли гасне зоря”

ІІІ генерує умови наднової, учні аналізують наслідки для планет і навколишнього простору, створюючи короткий звіт.

Такі інтерактивні моделі поєднують елементи гейміфікації, міжпредметності (фізика + інформатика + астрономія) і дослідницького підходу, що відповідає концепції STEM-освіти.

Використання штучного інтелекту в побудові навчальних ситуацій в астрономії має значні педагогічні ефекти:

- підвищення мотивації учнів завдяки можливості «створити свій власний Всесвіт» та безпосередньо побачити наслідки зміни параметрів;
- індивідуалізація навчання – кожен учень отримує унікальний варіант завдання відповідно до свого рівня підготовки;
- розвиток критичного та аналітичного мислення, оскільки Учні не усвідомлюють готових фактів, а досліджують закономірності;
- сприяння формуванню дослідницьких компетенцій, що лежать в основі наукового мислення;
- зміцнення зв'язків між дисциплінами: фізикою, математикою, інформатикою, географією.

В додатку А подано приклад інтегрованого уроку астрономії на тему “Подвійні зоряні системи”. Таким чином, штучний інтелект – це не лише інструмент для автоматизації завдань, а й новий етап у розвитку методів навчання астрономії – засіб створення персоналізованого, інтерактивного та науково обґрунтованого освітнього середовища.

3.2 Створення цифрових симуляцій подвійних зоряних систем у навчальному процесі

Розвиток сучасних інформаційних технологій дозволив перетворити вивчення астрономії з пасивного спостереження на активне моделювання процесів, що відбуваються у Всесвіті. Ефективними стали

навчальні симулятори, що відтворюють поведінку небесних тіл у реальному часі, а також дозволяють змінювати параметри системи, експериментувати з масою, орбітою, швидкістю та взаємодією.

Серед найбільш придатних для шкільного та позакласного навчання є:

Universe Sandbox

Інтерактивний фізичний симулятор, який дозволяє створювати власні моделі зоряних систем, галактик, планет і навіть Всесвіту в цілому. Програма має точну систему розрахунку гравітаційних взаємодій та зіткнень, враховуючи масу, температуру, радіус та швидкість обертання об'єкта.

Для навчальних цілей Universe Sandbox (рис. 3.1) є візуальним середовищем, де учні можуть «побачити» закони Кеплера в дії, змінюючи параметри подвійної системи та спостерігаючи, як змінюється рух її компонентів.

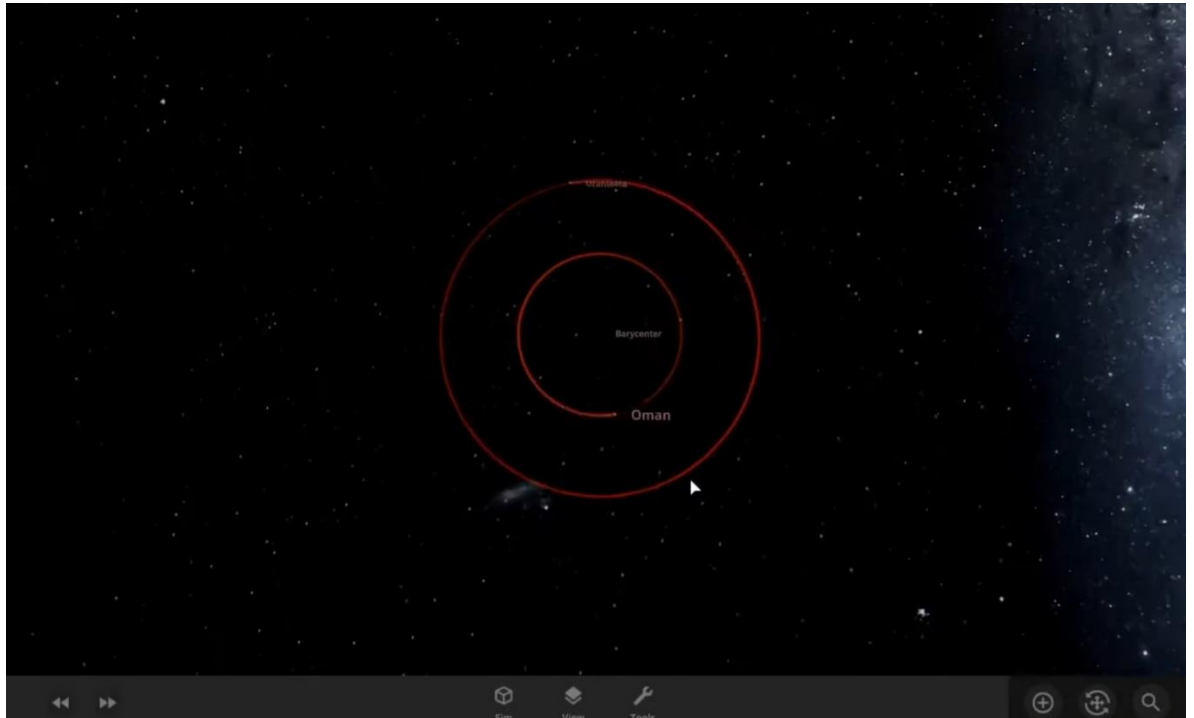


Рисунок 3.1 – Universe Sandbox. Система подвійної зорі

Celestia

Безкоштовний 3D-планетарій, який дає можливість орієнтуватися в просторі Сонячної системи та за її межами. Завдяки відкритому вихідному коду, Celestia (рис. 3.2) підтримує розширення – користувачі можуть додавати власні зоряні системи, подвійні зорі, астероїди.

Для шкільного використання Celestia зручна завдяки простому інтерфейсу: навіть учні середньої школи можуть спостерігати реальні параметри зорі, змінювати масштаб і час, а також моделювати взаєморозташування компонентів системи.



Рисунок 3.2 – Celestia. Система подвійних зір Альфа Центавра

SpaceEngine (рис. 3.3)

Це реалістичний та найповніший симулятор Всесвіту з великою базою даних реальних фототекстур та процедурно згенерованих об'єктів. Він відтворює мільярди галактик, зоряних скупчень та планет, враховуючи параметри з баз даних Gaia та Kepler.

Під час навчання Учні можуть шукати реальні подвійні системи (наприклад, Альфа Центавра АВ) та порівнювати їх з тими, що згенеровані ШІ. Таким чином, встановлюється зв'язок між «моделлю» та «реальністю».

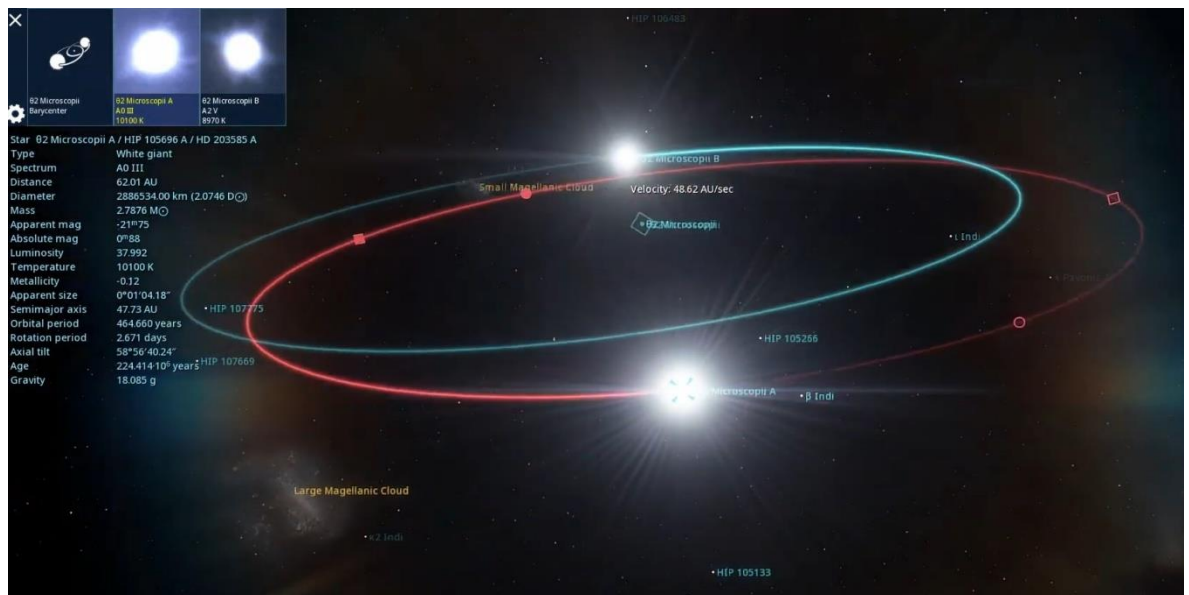


Рисунок 3.3 – Space Engine. Система подвійних зір

Kerbal Space Program (KSP).

KSP – це не просто гра, а високоточний симулятор космічних польотів, який використовує реалістичну орбітальну механіку. Використовуючи моди Copernicus, Principia та Galaxies Unbound ви можете створювати складні подвійні або потрійні зоряні системи з реалістичними гравітаційними ефектами.

Під час навчання KSP дозволяє відтворювати поведінку небесних тіл у системах з кількома центрами тяжіння, спостерігаючи орбітальні нестабільності та явища гравітаційного захоплення. Для старших учнів це чудовий стартовий майданчик для наукових експериментів.

Приклади завдань для учнів.

1. «Моделювати зіткнення двох планет відповідно до заданих параметрів ШІ»

Завдання:

ШІ генерує два об'єкти з певною масою, швидкістю та відстанню. Учні вводять ці дані в «Universe Sandbox», спостерігають за наслідками зіткнення, оцінюють енергію удару, фіксують зміну траєкторії.

Мета: продемонструвати збереження імпульсу та вплив маси на результат взаємодії.

Очікуваний результат: розуміння процесів формування супутників, астероїдних полів або нових об'єктів після зіткнень.

2. «Визначення орбітальної стійкості планети в подвійній системі»

Завдання:

ІІІ створює зображення: «Планета обертається навколо подвійної зоряної системи з масами $M_1=1,0 M_\odot$, $M_2=0,5 M_\odot$, відстань між зорями становить 2 а.о. Визначити, чи залишиться орбіта планети стабільною на відстані 1,5 а.о.»

Учні моделюють систему на KSP або Celestia, спостерігають за траєкторією руху планети, аналізують, чи потрапляє вона в гравітаційну пастку однієї із зір.

Мета: навчитися визначати орбітальну стійкість у системах з кількома центрами тяжіння.

Очікуваний результат: розуміння умов існування «життєвих зон» у подвійних зоряних системах.

3. «Еволюція подвійних систем».

Завдання:

Штучний інтелект (ІІІ) налаштовує сценарій: «Одна із зір у системі втрачає масу через зоряний вітер». Учні поступово змінюють масу зорі в симуляторі та спостерігають, як змінюється орбіта її супутника.

Мета: дослідити вплив зміни маси на гравітаційну рівновагу.

Очікуваний результат: зрозуміти причини утворення нестабільних систем та появи нових небесних тіл.

Педагогічна ефективність поєднання ІІІ та симуляторів полягає в тому, що Учні стають не спостерігачами, а активними дослідниками, які проходять усі етапи наукового пізнання.

Модель «ІІІ + Симулятор» можна представити як дидактичний цикл:

- Проблемна ситуація: вчитель ставить запитання або описує явище, яке потребує пояснення.
- Генерація даних: ІІІ створює параметри системи, пропонуючи кілька варіантів розвитку подій.
- Моделювання: учні вносять параметри в цифрову симуляцію, проводять експерименти.
- Спостереження та аналіз: учні фіксують зміни, порівнюють результати, роблять висновки.
- Рефлексія: обговорення в класі, порівняння моделей з реальними даними.

Такий підхід забезпечує повну когнітивну залученість: учні створюють, перевіряють, аналізують, узагальнюють. Саме це сприяє формуванню дослідницьких та STEM-компетентностей – вміння працювати з даними, проводити цифрові експерименти та розуміти закони фізики.

Методичні поради щодо впровадження цифрових симуляцій.

1. Етап підготовки.

Вчителі повинні заздалегідь ознайомитися з інтерфейсом обраного симулятора, перевірити технічні вимоги та підготувати інструкції для учнів.

Рекомендується створити короткі відеоінструкції або скріншоти з підписами.

2. Планування уроку.

Виділити час: 10 хвилин – постановка проблеми, 20 хвилин – робота з симулятором, 10 хвилин – аналіз та висновок.

Визначити навчальні цілі з точки зору компетентностей (дослідницькі, цифрові, комунікативні).

3. Робота зі штучним інтелектом.

Використовувати короткі, чіткі запитання («Згенерувати систему з двох зір різної маси» або «Створити дані для планети в подвійній системі»).

Перевірити адекватність отриманих параметрів, особливо одиниць вимірювання.

4. Організація навчальної діяльності.

Оптимальний формат – робота в невеликих групах (2–3 учні).

Один учень формулює запит до штучного інтелекту, інший вводить дані в симулятор, а третій аналізує результати.

5. Оцінювання.

Критерії успіху: правильність моделі, логічні висновки, здатність спростувати результати.

Заохочується креативність – створіть власне моделювання або короткий відеоролик із поясненням спостережень.

6. Підготовка додаткового завдання.

Після базового експерименту учням можна запропонувати дослідити потрійні зорі або системи з планетою на нестабільній орбіті.

Використовуйте результати моделювання для створення банерів, презентацій або наукових міні-проектів.

Цифрове моделювання, доповнене можливостями штучного інтелекту, відкриває новий формат освітніх досліджень для шкільної астрономії. Воно дає змогу поєднати точність наукових розрахунків із зрозумілістю ігрового середовища, роблячи навчання не лише пізнавальним, а й захопливим.

Інтегруючи штучний інтелект у систему моделювання, учні отримують досвід, максимально наближений до реальної наукової діяльності: висування гіпотез, моделювання, спостереження, аналіз та

висновок. Це сприяє розвитку наукового мислення, формуванню дослідницьких компетентностей, розвитку пізнавального інтересу та підвищенню мотивації до вивчення природничих наук.

3.3 Розробка чат-ботів та генерація моделей для імітації поведінки екзопланет у подвійних зірках

Одним із ключових етапів цифрового моделювання подвійних зоряних систем та екзопланет є вибір початкових параметрів: маси компонентів системи, їхньої орбітальної відстані, ексцентриситету, нахилу орбіти, температури та світності.

Традиційно такі параметри встановлюються вручну, що вимагає спеціальної підготовки та знань астрофізики. Однак використання штучного інтелекту (ШІ) дає змогу автоматизувати цей процес.

ШІ може генерувати набір початкових умов, які відповідають фізично коректним сценаріям.

Наприклад, запит до моделі може виглядати приблизно так:

«Згенеруйте параметри подвійної зоряної системи з екзопланетою в зоні життя. Визначте масу двох зір у сонячних одиницях, відстань між ними в астрономічних одиницях, період обертання, ексцентриситет та середню відстань планет від центру мас системи».

Приклад відповіді ШІ:

Зоря А має масу $1,1M_{\odot}$, зоря В має масу $0,9M_{\odot}$, відстань між зорями становить 1,7 а.о., ексцентриситет $e = 0,25$. Планета розташована на орбіті 2,8 а.о. з періодом обертання 3,4 роки. Очікується, що її орбіта буде стабільною, із середньою температурою поверхні близькою до 270 К.

Отримані дані можна використовувати як початковий набір параметрів для створення симуляцій в освітніх середовищах. Таким чином, ШІ діє як генератор сценаріїв, даючи можливість створювати безліч різних моделей для експериментів та досліджень.

Навчальне середовище гри Kerbal Space Program (KSP) у поєднанні з модами Copernicus, Principia та Galaxies Unbound перетворюється на потужний інструмент наукового моделювання.

Copernicus дає можливість створювати нові зорі, планети та супутники з будь-якими орбітальними характеристиками.

Principia додає до гри реальну гравітаційну фізику N тіл, де всі тіла впливають одне на одне, а орбіти більше не є ідеально стабільними.

Galaxies Unbound розширює всесвіт KSP до галактичного масштабу, включаючи десятки зоряних систем, включаючи подвійні та триплетні.

Для освітніх цілей це середовище дає змогу відтворювати фізично надійні моделі подвійних зоряних систем та екзопланет, що обертаються навколо однієї або двох зір. Вчитель або учень вводить параметри, отримані від ШІ, у файл конфігурації Copernicus, створюючи власну «навчальну зоряну систему».

Після створення системи учні можуть:

- спостерігати за рухом обох зір навколо спільного центру мас;
- аналізувати планетарні орбіти, відстежувати їх зміни під впливом двох зір;
- виявляти нестабільні області, де планети «вилітають» із системи;
- визначати зони, придатної для існування життя (температурні межі, сталість освітленості).

Завдяки Principia моделі поведуться реалістично: орбіти поступово попередньо обробляються, виникають відхилення та збурення, що дає можливість пояснити складність динаміки реальних систем.

Для кількісного аналізу Учні вимірюють:

- компонентний орбітальний період (спостерігаючи один повний оберт);
- зміни швидкості руху в різних частинах орбіти;
- відхилення траєкторій екзопланет протягом кількох «віртуальних років»;
- зміни кінетичної та потенційної енергії системи.

Такі експерименти дають можливість перевірити третій закон Кеплера в умовах подвійних систем та зрозуміти, чому не всі орбіти стабільні за наявності двох центрів тяжіння.

Результати симуляцій можна зіставити з реальними спостереженнями, отриманими завдяки місіям Gaia, Kepler і TESS.

Ці місії творили величезні каталоги подвійних систем і екзопланет, що обертаються навколо них.

Для навчальних цілей можна обрати дані таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Характеристики реальних систем подвійних зір

Система	Джерело	Характеристика
Kepler-16b	NASA Kepler	Планета обертається навколо двох зір одночасно (“циркумбінарна”).
Kepler-47c	NASA Kepler	Дві зорі + кілька планет у стабільних орбітах.
HD 98800B	TESS	Подвійна зоря з пиловим диском – ймовірна формація нової планети.

Учні порівнюють результати моделювання (період, орбітальна стійкість, форма траєкторії) з реальними даними з баз даних NASA або ESA, роблячи висновки щодо надійності моделі.

Такі порівняння показують, що навчальні симуляції не лише ілюструють теоретичні закони, але й відтворюють явища, які реально спостерігаються в астрофізиці.

Використання штучного інтелекту для створення моделей подвійних зоряних систем та екзопланет відкриває нові можливості для інтеграції цифрових лабораторій у навчальний процес.

Приклади навчальних завдань для учнів

1. Експеримент “Екзопланета між двома зорями”

ІІІ створює систему з параметрами: $M_1=1.2 M_{\odot}$, $M_2=0.9 M_{\odot}$, відстань між зорями – 1.8 а.о.

Учень розміщує планету на орбіті 2.5 а.о. і спостерігає, чи залишається вона стабільною протягом 10 років симуляції.

Потім змінює ексцентриситет до $e=0.4$ і фіксує, що орбіта стає нестабільною.

Мета: вивчення впливу ексцентриситету на стабільність системи.

2. Експеримент “Зона життя у подвійній системі”

ІІІ генерує дві зорі різної температури (6000 К і 4200 К).

Учень визначає, у якій області можлива температура планети 250–300 К.

Мета: дослідити баланс енергії в системі, знайти зону, придатну для життя.

3. Експеримент “Енергетика орбітального руху”

Учні вимірюють кінетичну й потенціальну енергію системи за допомогою даних симулятора.

Обчислюють сумарну енергію та перевіряють її сталість.

Мета: закріплення понять про енергію руху та гравітаційний потенціал.

Поєднання алгоритмічних рішень на основі штучного інтелекту (як генераторів параметрів) та динамічних симуляцій KSP (як середовищ для експериментів) створює повний освітній цикл – від формулювання проблеми до наукового аналізу результатів.

Такі методи не лише підвищують мотивацію учнів, але й формують ключові компетенції 21-го століття: вміння працювати з даними, проводити експерименти, мислити науково та критично.

Учні бачать у цифрових моделях відображення реальних фізичних законів та отримують досвід, максимально наближений до сучасної наукової практики.

3.4 Узагальнення результатів і перспективи подальших досліджень

У цьому дослідженні теоретично доведено та експериментально перевірено ефективність використання технології штучного інтелекту у викладанні астрономії як засобу розвитку пізнавального інтересу учнів. Визначено психолого-педагогічні умови активізації пізнавальної діяльності, зокрема шляхом створення навчальних ситуацій дослідницького типу, реалізованих за допомогою цифрових симуляцій та чат-ботів. За даною методологією було запропоновано вчителю фізики та астрономії Івано-Франківського ліцею ім. Р. Шухевича Мельнику Івану Степановичу – провести урок. Згідно відгуку наданого вчителем (відгук представлено в додатку Б) урок пройшов успішно. Мельник І.С. зауважив, що використання ШІ в процесі вивчення теми «Вивчення екзопланет у подвійних зірках» сприяло формуванню наукового світогляду, розвитку самостійності, аналітичного та критичного мислення учнів старших класів.

Розроблена методологія може бути впроваджена у педагогічну практику астрономії, фізики та інших природничих наук, а також використана при підготовці майбутніх учителів до роботи з інтелектуальними освітніми технологіями.

Перспективними напрямками для подальших досліджень є:

- розробка інтегрованих STEM-модулів з використанням штучного інтелекту в інших розділах природничих наук;
- створення національної бази даних цифрових симуляцій та чат-ботів для шкільної освіти;
- дослідження впливу штучного інтелекту на формування дослідницьких компетенцій та мотиваційних сфер учнів;
- удосконалення методів оцінювання результатів навчання в освітніх середовищах, орієнтованих на ІІІ.

Отримані результати підтверджують, що інтеграція технологій штучного інтелекту у викладання астрономії відкриває нові можливості для розвитку пізнавальних інтересів, формування наукового мислення та загальної модернізації наукової освіти.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз науково-педагогічної літератури показав, що проблема озвитку пізнавального інтересу в учнів у процесі вивчення природничих наук є однією з центральних у сучасній педагогіці. У роботах Л. Виготського [1], В. Сухомлинського [2], О. Савченко [3] та інших дослідників наголошується на тому, що пізнавальний інтерес є основним мотивом навчальної діяльності та фактором формування наукового світогляду. Однак аналіз сучасного стану проблеми показав, що питання використання штучного інтелекту як інструменту формування пізнавального інтересу розроблені недостатньо, особливо в контексті викладання астрономії, де значна частина явищ має абстрактний характер.

2. В результаті дослідження було визначено, що астрономія має важливе значення у формуванні наукового світогляду учнів старших класів, оскільки сприяє розвитку логічного, просторового та критичного мислення, уявлень про закони природи та місце людини у Всесвіті. Доведено, що використання інноваційних технологій, зокрема штучного інтелекту, робить процес вивчення астрономії більш наочним, емоційно захопливим та дослідницьким, що безпосередньо підвищує пізнавальний інтерес учнів.

3. Аналіз сучасних тенденцій інтеграції штучного інтелекту в природничо-наукову освіту показує, що світова педагогічна практика активно впроваджує такі напрямки:

- адаптивне та персоналізоване навчання;
- використання інтелектуальних симуляцій та віртуальних лабораторій;
- використання генеративних моделей (розмовні боти, системи підтримки рішень);

- аналіз навчальних та експериментальних даних;
- розвиток III-грамотності та міждисциплінарні STEM-проекти.

Ці тенденції підтверджують, що III є не лише технічним інструментом, а й педагогічним ресурсом, який може сприяти формуванню дослідницьких навичок та когнітивної мотивації.

4. Розроблено методологію організації освітньої діяльності з астрономії з використанням штучного інтелекту, що базується на принципах інтерактивності, візуалізації, персоналізації та дослідницької діяльності. Методології включають:

- використання цифрових симуляцій (Sandbox of the Universe, Celestia, NASA's Eye) для моделювання руху небесних тіл та поведінки екзопланет у подвійних зоряних системах;
- залучення чат-ботів на основі штучного інтелекту (ChatGPT, Dialogflow, Copilot Edu) для пояснення явищ, формування гіпотез та підтримки діалогу;
- створення навчальних ситуацій, у яких Учні відіграють роль дослідників, аналізуючи результати моделювання та роблячи висновки на основі даних місій Kepler, TESS та Gaia.

Методологія структурована за чотирма етапами: когнітивно-мотиваційний, практично-дослідницький, аналітичний та рефлексивно-узагальнювальний, що забезпечують логіку наукового пізнання.

Гіпотетично використання штучного інтелекту під час уроків астрономії значно підвищить рівень когнітивної активності учнів, розвиваючи їхню самостійність, інтерес до експериментування, навички аналізу даних та критичне мислення. Учні, які працюватимуть з моделюваннями та чат-ботами, покажуть не лише кращі результати у вивченні матеріалу, але й вищу мотивацію до досліджень та самоосвіти.

Наукова новизна цього дослідження полягає в науковому обґрунтуванні та моделюванні процесу розвитку когнітивного інтересу

шляхом інтеграції технологій штучного інтелекту у викладання астрономії. Вперше запропоновано:

- методологію використання чат-ботів для діалогічного моделювання поведінки астрономічних об'єктів;
- дидактичну структуру уроків астрономії з використанням штучного інтелекту як інтерактивного інструменту дослідження.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості використання запропонованої методології в середніх навчальних закладах, в освітніх курсах для учнів старших класів, у системі підвищення кваліфікації вчителів, а також у підготовці майбутніх вчителів природничих наук. Розроблені дидактичні матеріали, навчальні сценарії та приклади моделювання можуть бути реалізовані як у традиційному, так і в дистанційному форматах навчання.

Проведене дослідження вчителем Мельником І. С., згідно відгуку в додатку Б, підтверджує, що використання штучного інтелекту є ефективним засобом розвитку пізнавальних інтересів, формування наукового світогляду та підготовки учнів до діяльності у високотехнологічному середовищі 21 століття.

Штучний інтелект у поєднанні з методами візуалізації та цифрового моделювання дозволяє учням не лише спостерігати за Всесвітом, а й активно досліджувати його – відчувати себе учасниками наукового процесу, що є основною педагогічною цінністю цієї методології.

У цій роботі розглядається наукова проблема формування пізнавального інтересу учнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Виготський Л. С. «Мислення і мова». К. ВЦ. «Либідь», 1999. 287 с.
2. Сухомлинський В. О. «Проблеми виховання всебічно розвиненої особистості». К. ВЦ. «Радянська школа», 1976. 420 с.
3. Савченко О. Я. «Дидактика початкової школи». К. ВЦ «Генеза», 2011. 432 с.
4. Пошетун О. І., Пирожено Л. В. «Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання». К. ВЦ. «А.С.К.», 2004. 192 с.
5. Ставичний О.В. «Розвиток пізнавального інтересу в учнів за допомогою ІІ на прикладі вивчення екзопланет у пульсарів під час вивчення астрономії» (2025). URL: <https://ekhsuir.kspu.edu/items/0cd18da3-97d4-4689-a65e-06663c61e8e8> (дата звернення 25.10.2025).
6. Карнаухова А. «Психолого-педагогічні особливості розвитку пізнавальних інтересів учнів» (2018). URL: <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/download/4701/4623/> (дата звернення 25.10.2025).
7. Дубровська Л.О. «Психолого-педагогічні особливості формування пізнавальних інтересів та інтелектуального розвитку молодших школярів» (2024). URL: <https://lkr.ndu.edu.ua/index.php/nz/article/view/1143> (дата звернення 25.10.2025).
8. «Стельмах Н. «Розвиток пізнавальних інтересів учнів: психолого-педагогічні особливості» (2007). URL: <https://vspu.net/sit/index.php/sit/article/download/4659/4064> (дата звернення 25.10.2025).

9. Крячко І.П. «Методика навчання астрономії в старшій загальноосвітній школі». К. ВЦ «Наше небо», 2018. 244с.
10. Астрономія. Профільний рівень. 11 клас. URL: <https://uahistory.co/pidruchniki/prishlyak-astronomy-11-class-2019-profile-level/1.php> (дата звернення 25.10.2025).
11. VR. URL: <https://www.britannica.com/technology/virtual-reality> (дата звернення 25.10.2025).
12. AR URL: <https://www.augmental.com.au/> (дата звернення 25.10.2025).
13. Virtual reality in astronomy education: reflecting on design principles through a dialogue between researchers and practitioners. (2023). URL: https://www.researchgate.net/publication/372590284_Virtual_reality_in_astronomy_education_reflecting_on_design_principles_through_a_dialogue_between_researchers_and_practitioners (дата звернення: 26.10.2025).
14. Stellarium URL: <https://stellarium.org/uk/> (дата звернення 25.10.2025).
15. Celestia URL: <https://celestiaproject.space/> (дата звернення 25.10.2025).
16. NASA Eyes on the Solar System URL: <https://eyes.nasa.gov/apps/solar-system/#/home> (дата звернення 25.10.2025).
17. NASA URL: <https://www.nasa.gov/> (дата звернення 25.10.2025).
18. Universe Sandbox URL: <https://universesandbox.com/> (дата звернення 25.10.2025).
19. Google Sky Map URL: <https://www.google.com/maps/space/> (дата звернення 25.10.2025).
20. Star Walk 2 URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vitotechnology.StarWalk2Free&hl=uk> (дата звернення 25.10.2025).

21. Sky Safari URL: <https://skysafariastromy.com/> (дата звернення 25.10.2025).

22. Mendes I. Augmented Reality technology as a strategy to enhance learning of spatial astronomy concepts in the 7th grade. – CEUR Workshop Proceedings, 2025. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3927/paper8.pdf> (дата звернення: 26.10.2025).

23. NASA Exoplanet Archive URL: <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/> (дата звернення 25.10.2025).

24. ESA Gaia DR3 URL: <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dr3> (дата звернення 25.10.2025).

25. Zooniverse: Planet Hunters TESS URL: <https://www.zooniverse.org/projects/nora-dot-eisner/planet-hunters-tess> (дата звернення 25.10.2025).

26. Smareglia R. «Astronomy Visualization for Education and Outreach». 2010. URL: https://www.academia.edu/124277403/Astronomy_Visualization_for_Education_and_Outreach (дата звернення: 26.10.2025).

27. STEM URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/> (дата звернення 25.10.2025).

28. M. Vieriu, «The Impact of Artificial Intelligence (AI) on Students' Learning», 2025. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7102/15/3/343> (дата звернення: 26.10.2025).

29. Kepler URL: <https://science.nasa.gov/mission/kepler/> (дата звернення 25.10.2025).

30. TESS URL: <https://science.nasa.gov/mission/tess/> (дата звернення 25.10.2025).

31. Hasan Zuhtu Okulu, «Creating and evaluating instructional materials with generative artificial intelligence: visual representations in astronomy education. 2025. URL:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-025-13580-y> (дата звернення: 26.10.2025).

32. Y. Walter, «Embracing the future of Artificial Intelligence in the classroom», 2024. URL: <https://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41239-024-00448-3> (дата звернення: 26.10.2025).

33. SquirrelAI URL: <https://squirrelai.com/> (дата звернення 25.10.2025).

34. Carnegie Learning Physics Tutor URL: <https://www.carnegieprep.com/services/private-tutoring/academic-tutoring/> (дата звернення 25.10.2025).

35. Labster URL: <https://www.labster.com/> (дата звернення 25.10.2025).

36. Leon, C. «Artificial Intelligence in STEM Education: A Transdisciplinary Framework for Engagement and Innovation», 2025. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2025.1619888/full> (дата звернення: 26.10.2025).

37. Al Darayseh, A., Mersin, A. «Integrating Generative AI into STEM Education: Insights from Science and Mathematics Teachers», 2025. URL: <https://www.iejme.com/download/integrating-generative-ai-into-stem-education-insights-from-science-and-mathematics-teachers-16232.pdf> (дата звернення: 26.10.2025).

38. AI4STEM URL: <https://ai4stem.org/> (дата звернення 25.10.2025).

39. Gaia URL: https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Gaia (дата звернення 25.10.2025).

40. OECD. «Artificial Intelligence and Education: Policy Guidance for AI-Ready Skills»2024. URL: <https://www.oecd.org/en/topics/artificial-intelligence-and-education-and-skills.html> (дата звернення: 26.10.2025).

ДОДАТОК А

Приклад уроку: "Подвійні зоряні системи" з використанням штучного інтелекту

Таблиця А1 – Компоненти уроку

Компонент уроку	Зміст
Тема уроку	Подвійні зоряні системи: будова, рух і значення для дослідження Всесвіту
Тип уроку	Комбінований (вивчення нового матеріалу + навчальне дослідження)
Мета уроку	1. Ознайомити учнів із будовою подвійних зоряних систем і закономірностями їх руху. 2. Розвинути навички застосування законів Кеплера до реальних астрономічних моделей. 3. Сформувати вміння використовувати ШІ для створення навчальних ситуацій і проведення цифрового експерименту.
Обладнання та програмне забезпечення	Комп'ютер з доступом до Інтернету, ChatGPT або інший генератор ШІ, симулятор Kerbal Space Program з модами <i>Kopernicus</i> , <i>Principia</i> , <i>Galaxies Unbound</i> , або Universe Sandbox.
Основні поняття	Подвійна зоря, центр мас системи, орбітальний період, барицентр, закон Кеплера.
Ключові компетентності	Дослідницька, інформаційно-цифрова, математична, уміння працювати в команді, критичне мислення.

Таблиця А2 – Хід уроку

Етап	Діяльність учителя	Діяльність учнів	Роль ІІІ / цифрових засобів
1. Організаційно-мотиваційний етап	Вчитель ставить запитання: “Чи можуть дві зорі обертатися одна навколо одної? Як зміниться їхня поведінка, якщо одна стане масивнішою?”	Учні висловлюють припущення, пригадують закони Кеплера.	—
2. Постановка проблеми (створення навчальної ситуації)	Формулює запит до ІІІ: “Згенеруй опис подвійної зоряної системи з різними масами зір і параметрами орбіт.”	Аналізують отримані від ІІІ параметри: маси, радіуси, відстань, період обертання.	ChatGPT або інший ІІІ створює вихідні дані: $M_1=1.2 \text{ } M_{\odot}$, $M_2=0.8 \text{ } M_{\odot}$, $a=2 \text{ а.о.}$, $e=0.3$.
3. Формування гіпотези	Пропонує учням спрогнозувати, як зміниться орбіта, якщо маса другої зорі зросте.	Учні висувують гіпотези, обґрунтовують законом Кеплера.	—
4. Експериментальна частина (цифрове моделювання)	Інструктує щодо роботи в симуляторі: як ввести параметри системи, спостерігати рух тіл.	Учні моделюють систему у KSP (або Universe Sandbox), спостерігають зміну орбіт і швидкостей.	Симулятор показує рух навколо спільного центру мас (барицентра).
5. Аналіз результатів	Організовує обговорення: чи підтвердились передбачення, як змінилася траєкторія при зміні маси.	Учні порівнюють моделі, будують графіки “маса – період”,	ІІІ допомагає обчислити або побудувати графік у

		формулюють висновки.	Python чи Excel.
6. Узагальнення знань	Підсумовує спостереження: подвійні системи — лабораторія для визначення мас зір.	Формулюють підсумок, створюють коротку доповідь або звіт.	III допомагає створити стислий звіт або візуалізацію.
7. Рефлексія	Пропонує учням оцінити, наскільки зрозумілою стала поведінка подвійних систем через симуляцію.	Обговорюють труднощі та нові ідеї (наприклад, “якщо зір буде три?”).	ChatGPT може створити питання для самоперевірки.

Очікувані результати навчання

- Учень розуміє поняття подвійної зоряної системи та закони, що описують її рух.
- Вміє використовувати III для генерації параметрів навчального експерименту.
- Може будувати цифрові моделі і аналізувати отримані результати.
- Формує навички дослідницької діяльності, узагальнює результати й робить висновки.

Педагогічна цінність

Такий урок:

- створює ситуацію відкриття — учні самостійно досліджують фізичну закономірність;
- інтегрує III, візуалізацію і науковий підхід у єдине навчальне середовище;
- поєднує пізнавальну активність і емоційне залучення через моделювання;
- формує компетентності, необхідні для сучасної STEM-освіти.

ДОДАТОК Б

Відгук Вчителя фізики та астрономії ліцею ім. Р. Шухевича в м. Івано-Франківськ

Я, Мельник Іван Степанович, учитель фізики, астрономії та інформатики. Провів урок з астрономії в 11-их класах 13.10.2025 з використанням медодики, написаної Ставичним Олександром, про використання ШІ на уроці астрономії.

Урок із використанням штучного інтелекту та цифрових симуляцій пройшов динамічно та викликав значний інтерес у здобувачів освіти. Учні активно долучалися до процесу навчання, із захопленням працювали з чат-ботом, формулювали власні запити до ШІ та переносили отримані параметри в симулятор **Kerbal Space Program**.

Особливо цінним виявився етап цифрового експерименту: учні не лише спостерігали за рухом тіл у подвійній системі, а й аналізували вплив зміни маси зір на орбітальний період і стабільність руху. У процесі роботи вони робили власні припущення, перевіряли їх за допомогою симуляції, будували висновки та співвідносили результати з відомими законами Кеплера.

Значна кількість учнів проявила ініціативу — пропонували додаткові варіанти систем, експериментували з параметрами, намагалися створити “зону життя” для планет. Такий підхід сприяв розвитку **дослідницького мислення, командної роботи й цифрової грамотності**.

За підсумками уроку більшість учнів зазначила, що отримали базові розуміння, як рухаються тіла в просторі та як змінюються траєкторії при зміні параметрів у реальному часі. Використання ШІ і симуляцій дозволило перетворити складну тему на доступне, інтерактивне та захопливе дослідження.

Отже, проведення уроку підтвердило високу ефективність поєднання **штучного інтелекту та цифрового моделювання** для вивчення астрономії — такий формат підвищує мотивацію, забезпечує глибше розуміння матеріалу й формує в здобувачів освіти навички сучасного наукового пізнання.

Мельник І.