

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет комп'ютерних наук, фізики та математики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

НА ТЕМУ:

«Формування дослідницької компетентності в учнів закладів загальної середньої освіти під час навчання астрономії на прикладі вивчення результатів роботи космічного телескопу «Джеймс Вебб»

Виконав: студент 12–211М групи
денної форми навчання

Волошин Сергій Володимирович

Керівник: доктор педагогічних
наук, професор Кузьменков Сергій
Георгійович

Рецензент: кандидатка педагогічних
наук, завідувачка навчально-методичного
кабінету Херсонського морського
фахового коледжу морської
промисловості

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1.....	7
Теоретичні основи формування дослідницької компетентності учнів у процесі навчання астрономії	7
1.1 Теоретико-методологічні основи визначення та формування дослідницької компетентності учнів закладів загальної середньої освіти.	7
1.2. Особливості формування дослідницької компетентності у процесі вивчення природничих наук.....	13
1.3 Астрономія як засіб розвитку наукового світогляду та дослідницької компетентності школярів.	15
РОЗДІЛ 2.....	20
Розробка навчальних завдань для формування дослідницької компетентності школярів на прикладі вивчення результатів роботи космічного телескопу «Джеймс Вебб»	20
2.1 Космічний телескоп «Джеймс Вебб», його наукове та освітнє значення.....	20
2.2 Розробка та застосування навчальних завдань з використанням даних телескопа.....	27
2.3 Перевірка ефективності розроблених навчальних завдань.....	49
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

JWST — James Webb Space Telescope — космічний телескоп «Джеймс Вебб».

HST — Hubble Space Telescope — космічний телескоп «Габбл».

NASA — National Aeronautics and Space Administration — Національне управління з аеронавтики і дослідження космічного простору (США).

ESA — European Space Agency — Європейське космічне агентство.

MAST — Mikulski Archive for Space Telescopes — науковий архів космічних фото.

L2 — точка Лагранжа L_2 (друга стаціонарна точка системи Земля — Сонце), де розташований JWST.

SMACS 0723 — позначення астрономічного поля/скупчення.

STEM — освітня аббревіатура: Science, Technology, Engineering, Mathematics .

ESA Webb — умовне позначення джерел.

ВСТУП

Сучасна система освіти перебуває у стані динамічних змін, зумовлених глобалізацією, цифровізацією та швидким розвитком наукових знань. Суспільство XXI століття потребує фахівців, здатних не лише відтворювати інформацію, а й самостійно шукати, аналізувати та інтерпретувати її, робити обґрунтовані висновки на основі доказів. У цьому контексті особливого значення набуває формування в учнів дослідницької компетентності, що є однією з ключових складових нової української школи. Вона визначає готовність учня до активного пізнання, самостійного мислення, критичного аналізу та творчого застосування знань у нових ситуаціях.

Актуальність дослідження полягає у зростаючій ролі дослідницької діяльності як провідного чинника розвитку особистості школяра. В умовах реформування освіти, орієнтації на компетентнісний підхід і впровадження STEM-освіти постає потреба у пошуку ефективних засобів розвитку пізнавальної активності учнів. Одним із таких засобів є астрономія — навчальний предмет, який поєднує в собі природничі знання, наукові методи дослідження, елементи моделювання та цифрові технології. Особливу цінність у цьому контексті становить використання сучасних астрономічних даних, зокрема результатів спостережень космічного телескопа “Джеймс Вебб” (JWST), який відкриває унікальні можливості для залучення школярів до реального наукового пізнання. Використання матеріалів місії JWST дає змогу не лише підвищити мотивацію учнів, а й формувати у них дослідницькі вміння через аналіз зображень, моделювання космічних процесів, роботу з відкритими базами даних. Результати частини цього дослідження були опубліковані у статті «Формування дослідницької компетентності в учнів закладів загальної середньої освіти під час навчання астрономії на прикладі вивчення результатів роботи космічного телескопу "Джеймс Вебб"» в

електронному альманасі «Магістерські студії» (випуск 24), що підтверджує наукову новизну та практичну значущість проведеного дослідження.

Проблема формування дослідницької компетентності учнів розглядалася у працях вітчизняних і зарубіжних учених, зокрема: І. Зязюна, О. Савченко, Н. Бібік, С. Кузьменкова, О. Пометун, В. Серікова, Л. Виготського, Ж. Піаже, Дж. Дьюї та інших. Їхні дослідження висвітлюють загальні закономірності розвитку пізнавальної активності, самостійності й критичного мислення учнів. Водночас питання формування дослідницької компетентності у процесі навчання астрономії, особливо із залученням актуальних космічних даних, досі залишалося малодослідженим і потребує подальшого науково-методичного опрацювання.

Мета дослідження полягає у створенні методики формування дослідницької компетентності в учнів закладів загальної середньої освіти на основі використання результатів роботи космічного телескопа «Джейс Вебб».

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі **завдання**:

1. Проаналізувати психолого-педагогічні та методологічні засади формування дослідницької компетентності учнів у сучасній освіті.
2. Визначити особливості розвитку дослідницьких умінь у процесі вивчення природничих дисциплін.
3. Обґрунтувати роль астрономії у формуванні наукового світогляду та дослідницької компетентності школярів.
4. Проаналізувати науково-пізнавальний потенціал даних космічного телескопа «Джеймс Вебб» у шкільній астрономічній освіті.
5. Розробити та апробувати систему навчальних завдань і методичних рекомендацій щодо формування дослідницької компетентності учнів під час вивчення матеріалів місії JWST.

Методи дослідження:

- теоретичні (аналіз наукових джерел, узагальнення, систематизація педагогічних концепцій і підходів);
- емпіричні (спостереження за навчальним процесом, анкетування, аналіз навчальних досягнень учнів);
- порівняльний аналіз та методи статистичної обробки результатів.

Об’єкт дослідження — освітній процес з астрономії у закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження — формування дослідницької компетентності учнів закладів загальної середньої освіти на основі використання результатів роботи космічного телескопа «Джеймс Вебб».

Наукова новизна дослідження полягає у теоретичному обґрунтуванні та практичній реалізації методики формування дослідницької компетентності учнів під час навчання астрономії з використанням даних сучасних космічних спостережень. Вперше запропоновано систему навчальних завдань, побудованих на матеріалах місії JWST, що поєднують дослідницьку, аналітичну та творчу діяльність учнів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання розроблених завдань і методичних рекомендацій у шкільній практиці викладання астрономії, а також у позакласній роботі (гуртках, факультативах). Матеріали можуть бути корисними для вчителів природничих дисциплін, методистів та студентів педагогічних закладів вищої освіти.

Структура кваліфікаційної роботи зумовлена логікою досягнення мети й розв’язання поставлених завдань. Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків і списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

Теоретичні основи формування дослідницької компетентності учнів у процесі навчання астрономії

1.1 Теоретико-методологічні основи визначення та формування дослідницької компетентності учнів закладів загальної середньої освіти.

Сучасна освіта постійно трансформується через швидкий розвиток науки, техніки та інформаційних технологій. Якщо раніше головним завданням школи було передати учням певний обсяг знань, сьогодні цього недостатньо: знання швидко застарівають і потребують постійного оновлення. Тому важливо не лише навчати фактами, а й розвивати здатність школярів самостійно шукати, аналізувати інформацію, робити висновки та застосовувати знання у нових умовах. Саме це стало основою концепції дослідницької компетентності [1].

Дослідницька компетентність — це складне інтегративне утворення, що поєднує інтелектуальний, практичний та аналітичний виміри: від уміння формулювати проблему й висувати гіпотезу — до здатності інтерпретувати результати у ширшому контексті. На відміну від загальної навчальної компетентності, яка передбачає вміння організовувати власне навчання (читати, конспектувати, планувати, працювати з джерелами), дослідницька компетентність вимагає глибшого занурення в процес пізнання. Вона відрізняється і від предметної компетентності, зосередженої на знаннях з окремих дисциплін, адже інтегрує ці знання, але не зводиться до них. Її головна ознака — здатність застосовувати знання в нових ситуаціях і відкривати нові зв'язки між явищами [2].

Сьогодні здатність самостійно знаходити та аналізувати інформацію стає ключовою компетентністю, що забезпечує готовність

учня до життя у світі швидких змін та технологічного прогресу [3]. Вона включає вміння робити висновки, оцінювати достовірність інформації та застосовувати знання у нових умовах, що робить учня активним дослідником, а не пасивним споживачем інформації.

Сьогодні значення дослідницької компетентності зростає як ніколи. У світі технологій, штучного інтелекту та інформаційних потоків від людини вимагаються гнучкість мислення й уміння швидко адаптуватися. У сучасних професіях вирішальними стають не стільки знання, скільки здатність оволодівати новими технологіями, працювати з великим обсягом даних і генерувати нестандартні ідеї. Усе це тісно пов'язано з дослідницькою компетентністю, що розвиває критичне мислення та навички роботи з інформацією [4].

Важливо й те, що дослідницька компетентність має безпосередній вплив на формування наукового світогляду школярів. Вона допомагає дитині зрозуміти не тільки «що» ми знаємо про світ, але й «як» це знання здобувається. У процесі виконання навіть найпростіших дослідницьких завдань школяр стикається з труднощами, помилками, необхідністю перевіряти й доводити свої ідеї. Це формує у нього уявлення про науку як про складний, але захопливий шлях до пізнання істини, де важливе не лише кінцеве відкриття, а й сам процес пошуку. У результаті школяр починає усвідомлювати цінність доказів, логічних аргументів, експериментальної перевірки — тобто тих складників, які становлять ядро наукового мислення [5].

Дослідницька компетентність у сучасній освіті розглядається як багатовимірне утворення, яке включає в себе низку складових, що разом забезпечують готовність учня до активного пізнання та самостійної роботи з інформацією [6]. Протягом історії педагоги та психологи прагнули встановити, з яких компонентів формується дослідницька компетентність, внаслідок чого поступово була виокремлена модель із

чотирьох основних складових: інтелектуально-змістової, діяльнісної, мотиваційної та рефлексивної [7].

Ядром дослідницької компетентності є знання — не лише фактичні дані, а й розуміння методів та логіки наукового пізнання. Ще античні мислителі підкреслювали важливість критичного мислення [8]. Аристотель створив систематизацію логічних правил, що стала основою розвитку наукових методів. У добу Відродження науку почали розглядати як спосіб пізнання світу через спостереження та експеримент. У XX столітті когнітивний підхід розвинули Ж. Піаже, який довів, що інтелект формується поступово [9], та Л. Виготський, чия концепція «зони найближчого розвитку» підкреслила важливість оволодіння способами здобуття знань. Інтелектуально-змістова складова дослідницької компетентності охоплює розуміння методів дослідження й критичне оцінювання їх застосування. У школі вона проявляється у вмінні працювати з поняттями, моделювати ситуації та встановлювати зв'язки між явищами [10]. Діяльнісна складова передбачає практичні навички експериментування, збору й аналізу даних, використання наукових інструментів [11]. Ще Я. А. Коменський наголошував, що знання здобуваються через власний досвід, а ідею «навчання через діяльність» розвинув Дж. Дьюї, який вважав, що учні найкраще засвоюють матеріал під час практики [12; 13]. Зокрема, у праці «Фундаменталізація астрономічної освіти майбутніх учителів фізики та астрономії. Діяльнісний підхід» С.Г. Кузьменков підкреслює, що знання набувають справжнього усвідомлення тільки тоді, коли вони засвоюються через практичну діяльність. Учень не може залишатися пасивним споживачем інформації — він має бути залучений до процесу дослідження, експерименту, самостійного пізнання. Такий підхід особливо важливий для формування дослідницької компетентності, оскільки вона передбачає не лише наявність знань, а й уміння їх застосовувати для розв'язання нових завдань [14].

Важливим елементом дослідницької компетентності є мотивація. Без інтересу та внутрішнього бажання пізнавати нове будь-яка діяльність стає формальною, а здобуті знання – поверховими [15].

Мотиваційний компонент дослідницької компетентності полягає у зацікавленості учня до пошуку нових знань, прагненні ставити запитання і знаходити на них відповіді [16]. Саме завдяки мотивації школяр починає не лише виконувати завдання, а й проявляти ініціативу, що є ключовим для розвитку справжнього дослідника.

Останньою складовою є рефлексивний компонент, який відповідає за здатність учня аналізувати власну діяльність і результати, оцінювати успіхи та невдачі, а також робити корекцію своєї роботи [17].

Ідея рефлексії також має глибоке історичне коріння. У філософії ще Сократ говорив про «пізнання самого себе» як необхідну умову розвитку. У педагогіці ХХ століття цю ідею розвивали Жан Піаже, Лев Виготський, а пізніше Давид Ельконін та Василь Давидов, які підкреслювали роль усвідомлення власної діяльності у процесі навчання [18].

Рефлексивний компонент забезпечує формування у школяра здатності об'єктивно оцінювати свою роботу, виявляти сильні та слабкі сторони, планувати подальші дії. Це сприяє розвитку самостійності та відповідальності за результати власного навчання.

Розгляд основних компонентів дослідницької компетентності дає можливість окреслити її внутрішню структуру та механізми формування. Водночас для повнішого розуміння сутності цієї компетентності необхідно проаналізувати її функціональні прояви у процесі навчальної діяльності (таблиця 1.1). Саме функціональний підхід дозволяє з'ясувати, яким чином сформовані компоненти реалізуються у пізнавальній активності учнів, впливають на розвиток мислення, творчості та наукового світогляду.

Реалізація окреслених функцій дослідницької компетентності неможлива без ґрунтового науково-методичного підґрунтя. Тому в

процесі її формування необхідно враховувати комплекс методологічних підходів, які поєднують теоретичні засади та практичні механізми організації дослідницької діяльності учнів у курсі астрономії.

Таблиця 1.1



У XIX–XX століттях Джон Дьюї розвинув ідею навчання через досвід, підкреслюючи, що знання не можна передати пасивно — учень має самостійно досліджувати, експериментувати та робити висновки. Жан Піаже розробив концепцію когнітивного розвитку, відповідно до якої навчання має узгоджуватися з віковими особливостями, стимулювати активне мислення й самостійне розв’язання проблем [19]. Лев Виготський наголошував на соціальному вимірі пізнання, вважаючи, що знання формується у взаємодії з іншими людьми та за допомогою культурних інструментів [20].

Методологічні основи педагогіки виступають своєрідним «компасом», що визначає напрям освітнього процесу. Вони охоплюють не лише методи та форми роботи, а й світоглядні орієнтири, які

забезпечують цілісність навчання. Завдяки цьому освітній процес розглядається як система, спрямована на розвиток самостійного, мислячого та творчого учня.

Ефективне формування дослідницької компетентності ґрунтується на поєднанні різних методологічних підходів. Системний підхід розглядає процес формування компетентності як цілісну систему, де взаємопов'язані знання, уміння, цінності та досвід; він реалізується через побудову уроків за принципом «від спостереження — до висновку» та інтеграцію різних форм діяльності. Діяльнісний підхід орієнтує навчання на активну пізнавальну діяльність учня — проведення експериментів, аналіз астрономічних зображень. Компетентнісний підхід зосереджується на формуванні здатності застосовувати знання у нових ситуаціях, зокрема під час створення навчальних проєктів із використанням даних телескопа «Джеймс Вебб».

Важливу роль відіграє особистісно орієнтований підхід, який враховує індивідуальні інтереси, пізнавальні стилі й темп навчання, що реалізується через диференційовані завдання та вибір тем досліджень. Конструктивістський підхід наголошує, що знання формуються самим учнем через активність і власний досвід — це передбачає самостійне формулювання гіпотез і пошук закономірностей у результатах спостережень.

Сучасна освіта потребує також цифрово-орієнтованого (технологічного) підходу, який інтегрує інформаційні технології та відкриті наукові бази даних у навчання. Учні аналізують реальні астрономічні спостереження, працюють у віртуальних лабораторіях, будують графіки та моделі космічних явищ, що підвищує мотивацію й формує навички роботи з науковою інформацією.

Проблемно-пошуковий підхід активізує мислення через постановку пізнавальних завдань, наприклад, під час розв'язання астрономічних ситуаційних задач. Проєктний підхід спрямований на формування

дослідницьких навичок шляхом створення власних мініпроектів, пов'язаних із об'єктами JWST. Нарешті, інтеграційний (міжпредметний) підхід забезпечує поєднання знань із різних галузей — фізики, інформатики, географії — для цілісного розуміння космічних явищ.

Таким чином, методологічні основи формування дослідницької компетентності поєднують наукові, діяльнісні, проблемно-пошукові, проєктні, системні та технологічні засади навчання. Сукупність цих методологічних засад забезпечує не лише цілісність і системність освітнього процесу, а й сприяє розвитку в учнів умінь самостійно здобувати, осмислювати та творчо застосовувати знання.

1.2. Особливості формування дослідницької компетентності у процесі вивчення природничих наук.

Природничі науки традиційно посідають особливе місце в освіті, адже саме вони формують уявлення про закони природи, розвиток світу та місце людини в ньому. Ще античні мислителі — Арістотель, Архімед, Гіппократ — заклали основи системного підходу до пізнання природи, підкреслюючи роль спостереження, логіки й експерименту [21]. У добу Відродження дослідницький підхід набуває провідного значення: експерименти Галілея, відкриття Кеплера та винаходи Ньютона продемонстрували силу наукового методу.

У XVIII–XIX ст. природничі науки активно входять у шкільну освіту, і формується ідея, що навчання має не лише передавати знання, а й розвивати мислення та вміння досліджувати. Педагоги Я. А. Коменський, Й. Г. Песталоцці та К. Д. Ушинський наголошували на поєднанні теорії з практикою, вважаючи природничі дисципліни найкращим засобом для цього [22].

У XX ст. науково-технічний прогрес посилив роль природничих наук: відкриття у фізиці, хімії, біології та астрономії вимагали від освіти

формування здатності самостійно здобувати, аналізувати й застосовувати інформацію. Природничі предмети найповніше відповідають цим вимогам, адже ґрунтуються на експерименті, доказовості та дослідницькому методі.

У сучасній школі природничі науки виконують подвійну функцію: вони не лише формують систему знань про світ, а й слугують основою розвитку дослідницької компетентності [23]. Саме на уроках фізики, хімії, біології чи астрономії учні вчаться ставити запитання, висувати гіпотези, перевіряти їх і робити висновки, розвиваючи мислення, орієнтоване на пошук істини, доказовість і критичний аналіз [24].

Формування дослідницької компетентності учнів у природничих науках тісно пов'язане з віковими особливостями мислення. У молодшому шкільному віці діти оперують конкретними уявленнями, тому дослідження зводиться до простих спостережень за явищами природи. У середній школі формується абстрактно-логічне мислення, що відкриває нові можливості для пізнання, а в старшій — дослідницька діяльність стає усвідомленою: учні виконують проєкти, беруть участь у конкурсах, аналізують реальні дані, розвиваючи самостійність і відповідальність.

Важливою особливістю природничих наук є експериментальність: учні не лише дізнаються про явища, а й досліджують їх на практиці — від простих дослідів із водою до визначення спектрів речовини. Це формує розуміння, що наукове знання базується на дослідженні, а не припущенні.

Коли пряме спостереження неможливе, на допомогу приходить моделювання. Учні працюють із моделями атомів, клітин чи планетних систем [25]. Завдяки цифровим технологіям вони можуть досліджувати процеси на мікро- та макрорівнях, що розвиває уяву й абстрактне мислення.

Природничі науки також відзначаються міжпредметністю: експерименти потребують математичних розрахунків, а біологічні,

фізичні та хімічні знання взаємопов'язані. Така інтеграція розвиває системне мислення й допомагає учням бачити єдність природних процесів.

Сучасна освіта активно використовує цифрові технології. Віртуальні лабораторії дають змогу проводити експерименти, недоступні в школі через технічні чи безпекові обмеження. Онлайн-платформи дозволяють аналізувати наукові дані, наприклад, зображення з телескопа «Джеймс Вебб» або екологічні показники з відкритих баз, що наближає навчання до реальної науки.

Не менш важливою є дискусійність природничих наук: експерименти не завжди дають очікувані результати, що спонукає учнів до пошуку причин і формування критичного мислення. Такі ситуації навчають аргументувати власні висновки та поважати різні точки зору.

Усе це робить природничі науки унікальним простором для формування дослідницької компетентності. Учитель у цьому процесі виступає не лише джерелом знань, а й організатором пізнавальної діяльності, допомагаючи учням мислити як науковці [26].

Серед природничих дисциплін особливе місце належить астрономії, що поєднує фізику, математику, географію й філософію. Вона дає можливість школярам працювати з реальними спостереженнями, аналізувати космічні дані й робити власні висновки. Через астрономію дослідницька компетентність виявляється найповніше, адже цей предмет дає змогу відчувати себе учасником справжнього наукового пошуку [27].

1.3 Астрономія як засіб розвитку наукового світогляду та дослідницької компетентності школярів.

Астрономія посідає особливе місце серед шкільних предметів, адже поєднує природничі знання, історичні традиції та глибокий філософський зміст. Її інтегративність проявляється у зв'язках із математикою, фізикою,

географією, хімією, а також культурою й мистецтвом, у яких відображено уявлення про небесні явища. Завдяки цьому астрономія допомагає учням усвідомити єдність наукового знання та місце людини у Всесвіті [28].

Історія астрономії демонструє розвиток людського пізнання. У давніх цивілізаціях знання про рух світил мали практичне й світоглядне значення: шумери й вавилоняни створювали зоряні карти, єгиптяни — календар, а грецькі мислителі прагнули пояснити гармонію світу через поєднання спостережень і логіки. Птолемей систематизував античні знання у «Альмагесті», заклавши основу для подальших відкриттів.

Епоха Відродження стала переломною: Микола Коперник запропонував геліоцентричну модель, а Галілей підтвердив її спостереженнями. Йоганн Кеплер і Ісаак Ньютон сформулювали закони небесної механіки, що стали фундаментом сучасної науки. Так астрономія утвердила доказовий підхід до пізнання, коли істина перевіряється спостереженням і логічним аналізом.

Виховний потенціал астрономії полягає у формуванні світоглядної позиції. Усвідомлення масштабності Всесвіту й крихкості нашої планети виховує відповідальність за збереження Землі, скромність перед величчю природи та гордість за досягнення людства.

Критичне мислення розвивається під час вивчення конкретних космічних явищ. Пояснення затемнень, зміни пір року, руху планет і комет навчає учнів аналізувати факти, робити висновки, відрізняти наукове знання від припущень чи псевдонауки [29].

Астрономія формує світогляд учнів, допомагаючи усвідомити межі й можливості людського пізнання. З одного боку, наука досягла вражаючих результатів — відкриття екзопланет, запуск космічних телескопів. З іншого — залишаються невідомі явища: темна матерія й енергія, походження життя, можливість існування інших цивілізацій. Ця подвійність між відомим і невідомим формує у школярів раціональне й

відповідальне ставлення до науки: прагнення досліджувати та цінувати кожен науковий факт і доказ.

У педагогічній літературі значна увага приділяється визначенню специфіки астрономії як навчальної дисципліни. Зокрема, Кузьменков С.Г. запропонував виділити 15 концептуальних особливостей, що відрізняють астрономію від інших предметів шкільного курсу та визначають її освітній і виховний потенціал [30]. Ці особливості розкривають інтегративність, філософську значущість і практичну спрямованість астрономічних знань, а також підкреслюють роль цього предмета у формуванні світогляду та дослідницької компетентності школярів (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2

№	Концептуальна особливість	Коротка характеристика
1	Давність і культурна значущість	Найдавніша з наук, пов'язана з календарем, орієнтуванням, розвитком цивілізацій.
2	Інтегративний характер	Поєднує фізику, математику, географію, хімію, біологію, філософію.
3	Універсальність і загальнолюдське значення	Формує уявлення про Всесвіт і місце людини в ньому.
4	Образність і наочність	Спостереження небесних явищ викликає інтерес і забезпечує наочність.
5	Філософський вимір	Ставить питання про походження світу, час, простір, нескінченність.
6	Методи пізнання	Поєднання спостережень, експерименту та математичних розрахунків.

Продовження табл. 1.2

7	Зв'язок із культурою	Вплив на мистецтво, міфологію, техніку, релігійні уявлення.
8	Масштабність явищ	Охоплює як мікропроцеси у зорях, так і структуру Всесвіту.
9	Фундаментальність і прикладний характер	Дає базові знання й має практичне значення (навігація, космос).
10	Розвиток дослідницьких умінь	Навчання через практичні спостереження й прості досліди.
11	Міжнародний характер науки	Астрономічні дослідження здійснюються через глобальну співпрацю.
12	Використання новітніх технологій	Використання телескопів, космічних місій, цифрових баз даних.
13	Зв'язок із повсякденним життям	Вплив на календар, час, технічні досягнення.
14	Виховний потенціал	Виховує скромність, повагу до науки, відповідальність.
15	Мотиваційна привабливість	Викликає захоплення, стимулює пізнавальну активність.

Астрономія завжди була однією з найбільш дослідницько орієнтованих наук. Уже в античності її розвиток ґрунтувався на

систематичних спостереженнях, веденні каталогів і створенні моделей руху планет. Сьогодні школярі можуть долучатися до цих традицій у новій формі — через цифрові ресурси, відкриті бази даних і глобальні освітні проекти.

На початку XX століття учні обмежувалися безпосередніми спостереженнями неба, а сьогодні цифрові технології дозволяють віртуально відвідувати обсерваторії, аналізувати зображення далеких галактик і брати участь у міжнародних наукових проєктах. Онлайн-планетарії та віртуальні телескопи, наприклад Stellarium чи Celestia, дають змогу спостерігати небесні явища в реальному часі, моделювати рух планет і зір, відстежувати затемнення чи проходження комет [31].

Важливим джерелом знань стали відкриті астрономічні бази даних NASA, ESA та інших агентств. Архіви Hubble Legacy Archive чи SkyView надають учням реальні зображення та спектри, які можна обробляти та аналізувати за допомогою безкоштовних програм [32, 33]. Такий підхід дозволяє школярам не лише отримувати факти, а й розуміти, як формуються наукові знання.

Навчання через дослідження перетворює навіть прості завдання — спостереження фаз Місяця, складання зоряних карт, відстеження планет — на активний пізнавальний процес [34]. Учні порівнюють дані, висувають і перевіряють гіпотези, відчують себе молодими дослідниками й бачать сенс власної роботи, співставний із професійною діяльністю астрономів.

РОЗДІЛ 2

Розробка навчальних завдань для формування дослідницької компетентності школярів на прикладі вивчення результатів роботи космічного телескопу «Джеймс Вебб»

2.1 Космічний телескоп «Джеймс Вебб», його наукове та освітнє значення.

Історія створення космічного телескопа «Джеймс Вебб» (JWST) розпочалася наприкінці 1980-х років, коли науковці, отримавши перші результати від «Габбла», усвідомили обмеженість його можливостей, особливо у вивченні ранніх етапів Всесвіту в інфрачервоному діапазоні [35]. Перші концепції нового телескопа були обговорені у 1996 році на конференції Американського астрономічного товариства, тоді ж з'явився термін Next Generation Space Telescope (NGST) [36]. У 1997 році NASA сформувало науково-технічну групу для визначення ключових вимог: діаметр дзеркала ≥ 6 м, робота в інфрачервоному спектрі, низька температура та розташування далеко від Землі [37].

У 2002 році проєкт отримав сучасну назву — James Webb Space Telescope, на честь Джеймса Едвіна Вебба, адміністратора NASA під час програми «Аполлон» [38]. Проєкт реалізовувався як міжнародна співпраця: NASA координувало роботу, ESA розробляло спектрограф NIRSpec та надало оптику й запуск ракетою Ariane 5, CSA створило прилад FGS/NIRISS для точного наведення і спектроскопії [32].

Розробка JWST тривала понад 25 років, супроводжувалася технічними труднощами, затримками та фінансовими кризами. Запуск спочатку планувався на 2007 рік, але відкладався; у 2011 році Конгрес США розглядав можливість закриття проєкту, проте місія була збережена завдяки підтримці наукової спільноти [39]. Нарешті 25 грудня 2021 року ракета Ariane 5 вивела JWST на траєкторію до точки Лагранжа L2 [40],

що забезпечує стабільні умови спостережень та мінімальний тепловий фон.

JWST відразу привернув увагу науковців як найскладніший астрономічний інструмент. Його головне дзеркало має діаметр 6,5 м — удвічі більше, ніж у «Габбла», складається з 18 сегментів з берилію, вкритих золотом [41]. Така конструкція поєднує точність спостережень і компактність для запуску, а після виходу на орбіту телескоп розгортає своє «око» для досліджень глибокого космосу (рис.2.1).

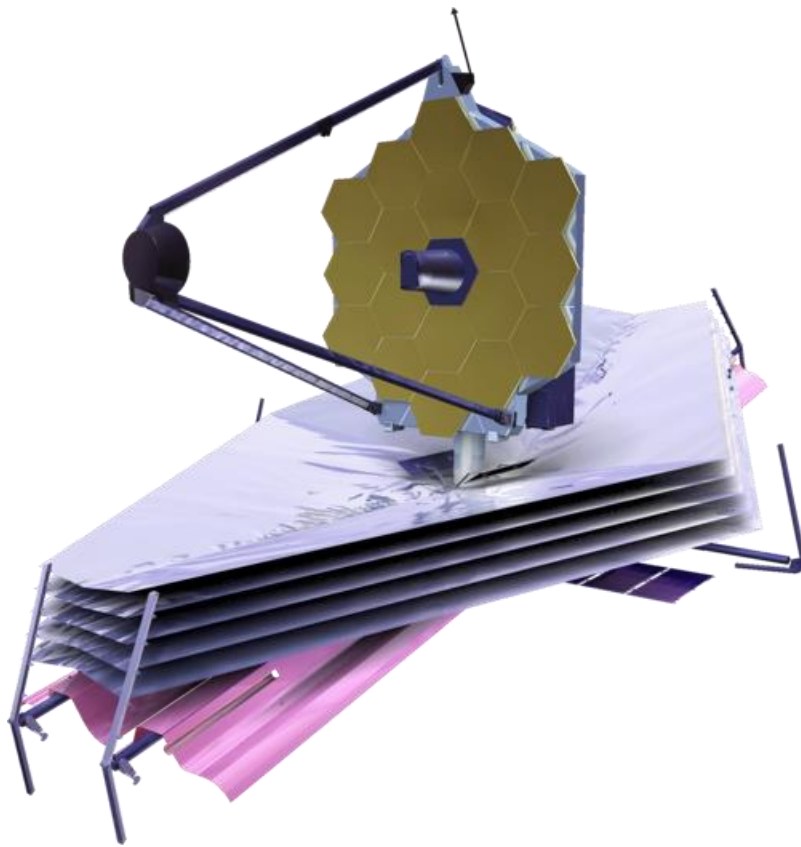


Рисунок 2.1 – Телескоп Джеймс Вебб

Не менш важливою інженерною інновацією JWST став його сонцезахисний екран. Він має розміри, порівнянні з тенісним кортом, і складається з п'яти шарів спеціального термостійкого матеріалу — каптона. Кожен шар відбиває тепло, що забезпечує необхідні умови для роботи надчутливих наукових приладів. Завдяки екрану температура інструментів підтримується на рівні приблизно $-233\text{ }^{\circ}\text{C}$, що дозволяє

фіксувати інфрачервоне випромінювання, критично важливе для дослідження раннього Всесвіту та далеких планет [42].

Розташування телескопа у точці Лагранжа L2, на відстані близько 1,5 млн км від Землі, забезпечує стабільне положення щодо Землі та Сонця, мінімізацію витрат палива і відсутність перешкод від земної атмосфери чи відблисків світла. Це робить JWST своєрідним «вікном» у найвіддаленіші куточки космосу.

Наукові інструменти телескопа включають камеру ближнього інфрачервоного діапазону NIRCam, спектрограф NIRSpec, прилад середнього інфрачервоного діапазону MIRI та систему наведення FGS/NIRISS. Разом вони дозволяють спостерігати космічні об'єкти, аналізувати їхній склад і температуру, визначати хімічні елементи в атмосферах планет, а також створювати тривимірні моделі процесів у Всесвіті [43].

Фінансова сторона проєкту показова: початкова оцінка вартості становила 1–2 млрд доларів, а на момент запуску у 2021 році вона перевищила 10 млрд доларів США. Проте наукова цінність JWST робить ці витрати виправданими як інвестицію у десятиліття відкриттів.

Після запуску JWST у 2021 році наукова спільнота отримала змогу оцінити результати багаторічної роботи інженерів і дослідників. Хоча телескоп задумувався як наступник «Габбла», він не є його просто вдосконаленою версією, а відкриває доступ до тих ділянок космосу й наукових завдань, які «Габбл» не міг досліджувати [44]. Обидві місії доповнюють одна одну: «Габбл» продовжує приносити цінні дані, а «Джеймс Вебб» розширює горизонти досліджень, дозволяючи вивчати ранні епохи Всесвіту та об'єкти, невидимі у видимому світлі. Цей перехід можна порівняти з еволюцією від оптичного мікроскопа до електронного: перший залишається важливим, але другий відкриває нові виміри спостережень, підкреслюючи унікальність і значення JWST для сучасної науки (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

Характеристика	Космічний телескоп «Габбл» (HST)	Космічний телескоп «Джеймс Вебб» (JWST)
Рік запуску	1990 рік (виведений шатлом «Діскавері»)	2021 рік (ракета Ariane 5, Французька Гвіана)
Орбіта/ розташування	Низька навколоземна орбіта (~570 км над Землею)	Точка Лагранжа L2 (~1,5 млн км від Землі)
Основне призначення	Спостереження у видимому та ультрафіолетовому діапазонах; вивчення планет, зір, галактик, космічних туманностей	Дослідження інфрачервоного діапазону: пошук перших галактик, вивчення атмосфери екзопланет, формування зір і планет
Діаметр головного дзеркала	2,4 м (скляне, монолітне)	6,5 м (сегментоване, з берилію, вкритого золотом)
Вага	~11 тонн	~6,2 тонни (легший завдяки новим матеріалам і складаній конструкції)
Температурні умови роботи	Працює при температурі близько 20 °С (в орбітальних умовах)	Має сонцезахисний екран розміром з тенісний корт, що охолоджує прилади до -233 °С
Спектральний діапазон	Ультрафіолетове (115–370 нм), видиме (370–700 нм), ближнє ІЧ (до 2,5 мкм)	Переважно інфрачервоне випромінювання (0,6–28 мкм)

Продовження табл 2.1

Наукові завдання	– Спостереження галактик та туманностей у видимому світлі – Дослідження темної матерії й темної енергії – Визначення віку Всесвіту - Спостереження за планетами Сонячної системи	– Пошук і вивчення перших галактик після Великого вибуху – Дослідження процесів формування зір та планетних систем – Аналіз атмосфер екзопланет на наявність біомаркерів – Вивчення хімічного складу далеких об'єктів
Можливість ремонту	Так – обслуговувався астронавтами під час космічних місій (п'ять разів)	Ні – розташований занадто далеко, щоб відправити екіпаж для обслуговування
Очікуваний термін служби	Спочатку 15 років, але працює вже понад 30	Мінімум 10 років (залежить від запасу палива для корекцій орбіти)
Вплив на науку	Революція в астрономії кінця XX – початку XXI ст.; понад 1,5 млн спостережень, тисячі наукових статей; формування сучасного космологічного уявлення	Очікуваний прорив у XXІ ст.; нова епоха інфрачервоних спостережень; можливість знайти сліди життя на інших планетах; розширення меж нашого розуміння Всесвіту

Попри істотні відмінності, космічні телескопи «Габбл» і «Джеймс Вебб» не конкурують, а доповнюють один одного. «Габбл» дав унікальні зображення у видимому та ультрафіолетовому діапазонах, уточнив вік Всесвіту, відкрив темну енергію та дав багато даних про формування галактик і зір [45].

«Джеймс Вебб» натомість спрямований у майбутнє: він дає змогу зазирнути у найдавніші епохи космічної історії завдяки інфрачервоному діапазону, що проникає крізь пилові хмари й показує об'єкти, невидимі для «Габбла». Його унікальні можливості роблять реальними такі завдання, як дослідження атмосфери екзопланет, пошук хімічних слідів життя, а також аналіз перших зір і галактик після Великого вибуху.

Перше наукове зображення, оприлюднене у липні 2022 року, стало справжнім проривом. Це було фото галактичного скупчення SMACS 0723, яке показало тисячі галактик, багато з яких виникли лише через кількасот мільйонів років після Великого вибуху. Це значно раніше, ніж прогнозували сучасні космологічні моделі. Завдяки ефекту гравітаційного лінзування астрономи змогли побачити надзвичайно далекі об'єкти, які до цього були недоступні для спостережень. Це зображення вважається найглибшим та найдетальнішим у інфрачервоному діапазоні й стало символом нової ери астрономії.

Телескоп «Джеймс Вебб» уперше отримав настільки детальні спектри атмосфер екзопланет. Наприклад, у випадку газового гіганта WASP-96 b було зафіксовано наявність водяної пари, а також хмар та туманів. Подібні відкриття стали можливими завдяки надчутливим інструментам, які дають змогу визначати навіть незначні концентрації молекул. Це надзвичайно важливо для пошуку планет, потенційно придатних для життя. Крім того, вже розпочато аналіз системи TRAPPIST-1, де розташовані кам'янисті планети, схожі на Землю.

«Джеймс Вебб» отримав вражаючі інфрачервоні зображення туманності Карини та інших зоряних «розплідників». Ці спостереження

дали змогу побачити процеси народження зір, які були приховані товстими шарами космічного пилу. Вчені змогли дослідити будову протозір і зоряних скупчень на ранніх етапах розвитку, що допомагає зрозуміти, як формуються зоряні системи, подібні до нашої [46].

Хоча головна мета телескопа — спостереження далеких об'єктів, він також продемонстрував унікальні результати у вивченні планет Сонячної системи. «Джеймс Вебб» отримав високоякісні знімки Юпітера з його кільцями, полярними саявами та атмосферними штормами. Також за його допомогою досліджували Титан (супутник Сатурна) та Марс, виявивши деталі атмосферних процесів. Це показує, що телескоп є універсальним інструментом для всіх рівнів астрономії.

Вебб дав можливість астрономам зазирнути у хімічний склад туманностей та дисків, де формуються планети. Зокрема, було виявлено наявність органічних молекул у протопланетних дисках, що має велике значення для розуміння процесів виникнення життя. Такі результати підтверджують, що основні «цеглинки життя» можуть бути поширені у Всесвіті.

Робота з реальними космічними даними дає учням можливість відчувати сучасну науку «зсередини», спостерігати за реальними явищами у Всесвіті та аналізувати факти, порівнювати результати й робити обґрунтовані висновки. Такий підхід сприяє формуванню наукового мислення, умінню ставити запитання, висувати гіпотези та перевіряти їх на основі актуальної інформації.

Особливе значення мають дані телескопа «Джеймс Вебб», що включають спектральні та фотометричні спостереження в інфрачервоному діапазоні. Вони дають можливість вивчати фізичні характеристики зір, планет, галактик та космічних хмар, визначати хімічний склад, температуру, рух об'єктів та застосовувати методи сучасної астрономії на практиці.

Відкритість даних JWST через архіви NASA та освітні платформи, зокрема MAST і NASA Exoplanet Archive, дозволяє школярам проводити «малі відкриття»: відстежувати зміни яскравості зір, аналізувати рух планет або досліджувати структуру галактик. Використання таких ресурсів розвиває критичне мислення, аналітичні навички та міждисциплінарні компетентності, поєднуючи знання з математики, фізики та інформатики. Завдяки цьому учні відчувають себе безпосередніми учасниками наукового процесу та мотивованими до поглибленого пізнання природничих наук.

2.2 Розробка та застосування навчальних завдань з використанням даних телескопа.

Розробка навчальних завдань на основі матеріалів космічного телескопа «Джеймс Вебб» відкриває нові можливості для інтеграції сучасної науки у шкільний освітній процес. Якщо раніше учні працювали переважно з готовими прикладами з підручників чи спрощеними моделями, то тепер вони можуть долучатися до аналізу справжніх астрономічних даних. Це дозволяє зробити уроки не лише пізнавальними, а й максимально наближеними до реальної наукової діяльності.

Використання даних телескопа у завданнях має дві ключові переваги. По-перше, воно допомагає формувати дослідницьку компетентність через аналіз, порівняння та інтерпретацію інформації. По-друге, воно сприяє зростанню мотивації учнів, оскільки школярі усвідомлюють, що працюють з тими ж матеріалами, які використовують провідні науковці світу.

У навчальному процесі такі завдання можуть мати різний рівень складності — від спостережень та побудови простих графіків до проєктних робіт, що передбачають використання баз даних, спектрів чи зображень. Важливим є те, що навіть найпростіші вправи з

використанням матеріалів «Джеймса Вебба» дають учням відчуття «малого відкриття» та формують розуміння, що наука — це не абстракція, а жива і динамічна сфера, відкрита для кожного.

Для цього було розроблено навчальні завдання для учнів з використанням телескопа Джеймс Вебб.

Завдання 1. «Глибоке поле Джеймса Вебба»

Мета завдання: формування дослідницької компетентності учнів шляхом роботи з реальними зображеннями, отриманими телескопом «Джеймс Вебб».

Освітнє значення. Робота з матеріалами сучасних космічних місій сприяє розвитку в учнів умінь спостерігати, аналізувати візуальну інформацію, класифікувати об'єкти за зовнішніми ознаками, формулювати наукові висновки, встановлювати міжпредметні зв'язки між астрономією, фізикою, математикою та інформатикою, а також підвищує мотивацію до навчання через залучення до сучасних наукових досліджень.

Опис завдання. Одним із найвідоміших результатів роботи телескопа «Джеймс Вебб» є зображення так званого глибокого поля — області неба, де зафіксовано тисячі віддалених галактик. Кожна світла пляма — це окрема зоряна система, що містить мільярди зір і планет. Аналіз цього зображення допомагає учням усвідомити масштабність Всесвіту й відчувати себе учасниками сучасних наукових відкриттів.

Підготовчий етап

Учитель обирає зображення глибокого поля SMACS 0723 (рис. 2.1) і ділить його на чотири частини (квадранти). Кожна група учнів отримує свій фрагмент для дослідження.

На цьому етапі вчитель коротко пояснює фізичну суть явища: масивне скупчення галактик викривляє світло від ще віддаленіших об'єктів, діючи як космічна лінза. Це фото є унікальним, адже демонструє одні з найдальших і найстаріших галактик, що сформувалися невдовзі

після Великого вибуху. Для школярів воно є цінним прикладом того, як сучасні технології дають можливість буквально «зазирнути у минуле» Всесвіту.

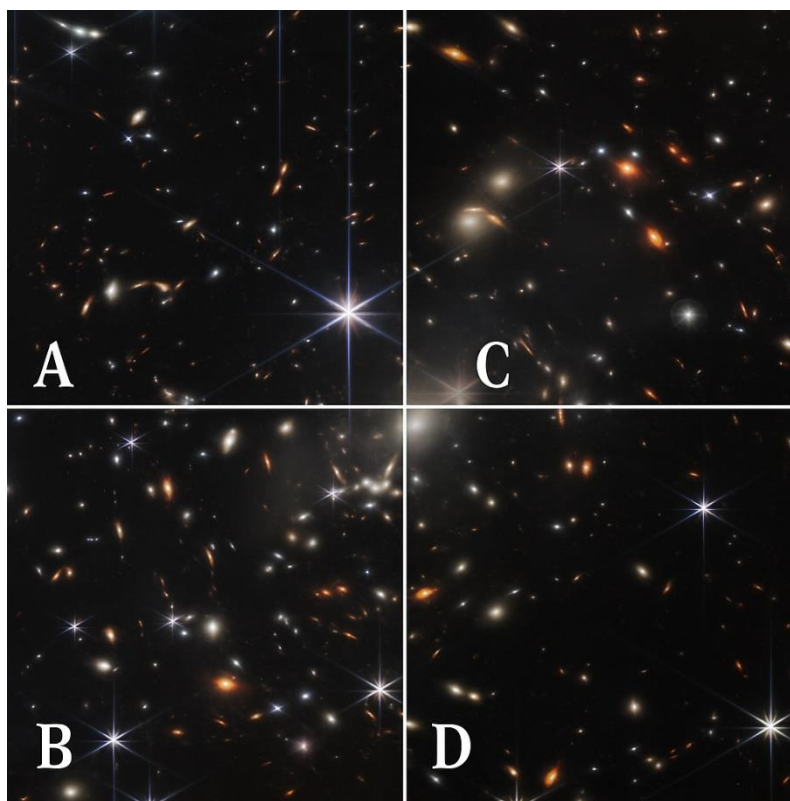


Рис. 2.1 – Зображення SMACS 0723 поділених на квадранти

Учні уважно розглядають своє зображення, звертаючи увагу на різноманітність форм, кольорів і розмірів галактик. Учитель наголошує, що майже кожна світла пляма — це не окрема зоря, а ціла зоряна система.

Орієнтовна класифікація об'єктів (рис 2.2):

- Зорі нашої Галактики — точкові, з шипами.
- Синюваті (дискові) галактики — активні, з молодими зорями.
- Червонуваті (еліптичні) галактики — старші зоряні системи або віддалені об'єкти.
- Дугоподібні/розтягнуті об'єкти — можливі лінзовані галактики, зображення яких спотворене гравітаційним впливом масивного скупчення.

Глибоке поле Джеймса Вебба



Рис. 2.2 – Приклади типів об'єктів на зображенні глибокого поля

Учитель пояснює метод спостереження: учні рухаються по сітці, щоб уникнути «подвійного рахунку», і фіксують кожен об'єкт лише один раз. Створює спільну Google-таблицю, до якої учні вносять результати своїх спостережень (таблиця 2.1):

Таблиця 2.1

Категорія об'єктів	Кількість	Приклади/нотатки
Зорі (зі шипами)		
Галактики синюваті/дискові		
Галактики червонуваті/еліптичні		
Дугоподібні (лінзовані)		

За можливості учні роблять мітки або нумерацію об'єктів на цифровому зображенні чи роздруківці. Після завершення роботи

результати кожної групи обговорюються, узагальнюються та порівнюються з науковими описами глибокого поля JWST.

Аналіз результатів і формулювання висновків.

Після заповнення таблиці всі групи презентують свої спостереження. Учитель організовує колективне обговорення, під час якого учні:

- порівнюють кількість та типи об'єктів у різних квадрантах зображення;
- роблять припущення щодо причин відмінностей (наприклад, більша кількість викривлених галактик у центральній частині — через ефект гравітаційного лінзування);
- обговорюють, як колір і форма галактик можуть бути пов'язані з їхнім віком, складом чи віддаленістю.

Учні спільно формулюють висновок, що «зображення глибокого поля Джеймса Вебба демонструє масштабність, різноманітність і еволюцію Всесвіту, дозволяючи побачити його в минулому вигляді завдяки гравітаційному лінзуванню».

Завдання 2. Порівняльний аналіз зображень «Hubble» і «James Webb»

Мета завдання: формування дослідницької компетентності учнів через аналіз та порівняння результатів спостережень, отриманих за допомогою космічних телескопів Hubble (HST) і James Webb (JWST), на прикладі зображення галактичного скупчення SMACS 0723.

Освітнє значення завдання. Виконання даного завдання сприяє формуванню в учнів цілісного уявлення про процеси, що відбуваються у Всесвіті, зокрема про етапи еволюції зір та утворення галактик. Робота з реальними зображеннями, отриманими телескопом «Джеймс Вебб», розвиває спостережливість, аналітичне мислення та вміння робити наукові висновки на основі візуальних даних. У процесі дослідження школярі вчаться виділяти характерні особливості астрономічних об'єктів,

порівнювати структури на зображеннях і робити припущення щодо їх природи. Це сприяє формуванню дослідницької компетентності, пізнавальної самостійності, а також усвідомленню ролі сучасних космічних технологій у вивченні Всесвіту.

Опис завдання. На основі зображення глибокого поля SMACS 0723 учні проводять порівняння кадрів, отриманих телескопами Hubble та James Webb. Робота дає змогу візуально оцінити, як покращення технологічних параметрів — дзеркала, чутливості детекторів і спектрального діапазону — впливає на кількість видимих об'єктів, деталізацію та наукову інформативність даних. Учні досліджують, чому інфрачервоний телескоп JWST виявляє більше віддалених галактик і як це змінює наше уявлення про будову й еволюцію Всесвіту.

Підготовчий етап

Учитель надає учням файли зображень SMACS 0723 (рис. 2.3), отриманих телескопами Hubble та James Webb (офіційні джерела NASA/ESA). Учні поділяються на групи (або працюють індивідуально). Кожна група отримує комплект: HST-зображення, JWST-зображення, шаблон для запису спостережень і орієнтовний план порівняння.

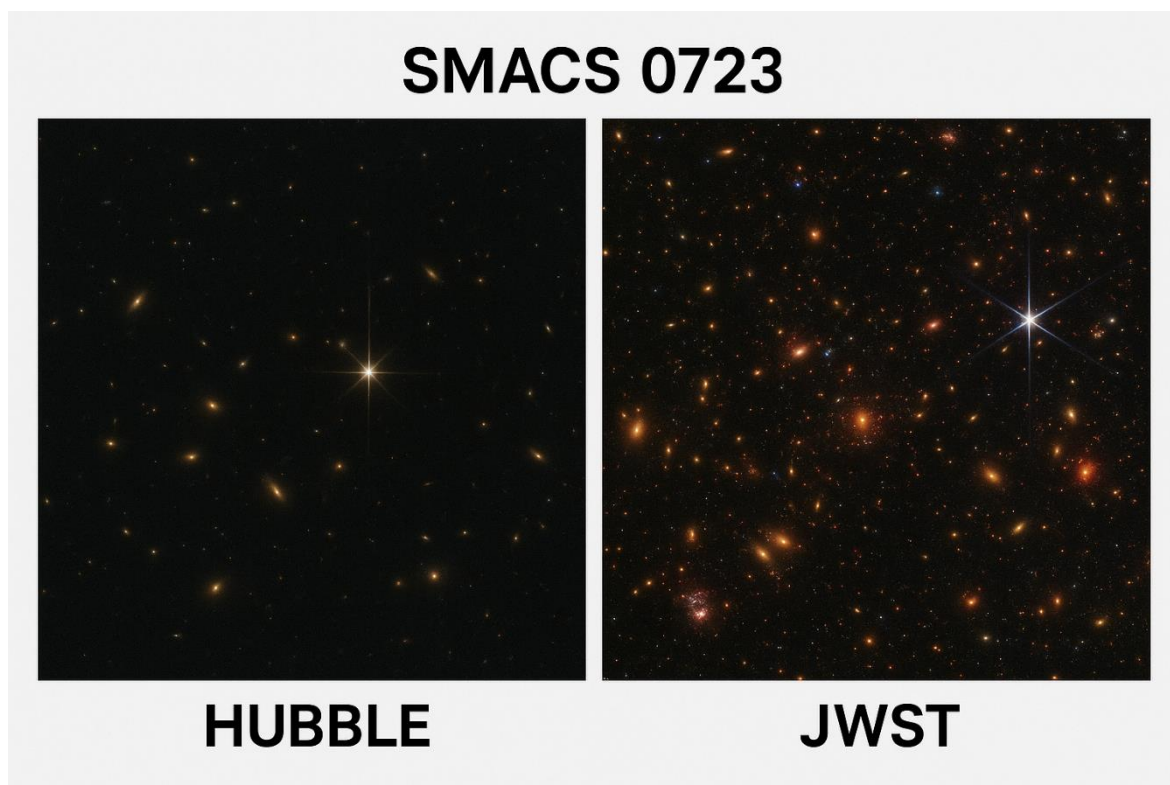


Рис. 2.3 – Порівняння зображень галактичного скупчення SMACS 0723, отриманих телескопами Hubble (ліворуч) та James Webb (праворуч)

На цьому етапі вчитель проводить короткий вступ до технічних особливостей обох телескопів, пояснюючи, чому їхні зображення мають суттєві відмінності. Учні дізнаються, що космічний телескоп James Webb (JWST) оснащений дзеркалом діаметром 6,5 метра, яке здатне збирати майже у дев'ять разів більше світла, ніж 2,4-метрове дзеркало телескопа Hubble (HST). Завдяки цьому JWST може спостерігати значно слабші та віддаленіші об'єкти, що залишаються невидимими для Hubble.

Особливу увагу вчитель звертає на різницю у спектральних діапазонах спостереження: Hubble працює переважно у видимій та ближній ультрафіолетовій частинах спектра, тобто сприймає світло так, як його бачить людське око. Натомість James Webb «бачить» у інфрачервоному діапазоні, який дає змогу фіксувати об'єкти, приховані за пиловими хмарами, і спостерігати світло від галактик, що утворилися невдовзі після Великого вибуху.

Ще одна важлива відмінність — розташування телескопів у космосі. Якщо Hubble обертається навколо Землі на низькій орбіті, то JWST працює на відстані близько 1,5 мільйона кілометрів від нашої планети, у так званій точці Лагранжа L2. Це місце забезпечує стабільну температуру, мінімальний вплив теплових коливань та повну відсутність світлового забруднення від Землі і Місяця.

Таким чином, учні приходять до висновку, що саме поєднання більшого дзеркала, інфрачервоного діапазону та оптимального розташування дає можливість телескопу James Webb отримувати зображення з вищою роздільною здатністю, більшою глибиною поля та виявляти значно більшу кількість віддалених об'єктів, ніж це можливо для Hubble.

Аналіз зображень

- Критерії для порівняння (учитель узгоджує з класом):
- Роздільність і детальність — наявність дрібних структур (ядра, рукави, дуги).
- Кількість видимих об'єктів — число галактик/арок в полі (можна рахувати по сітці квадрантів).
- Спектральні ознаки — присутність червоних/інфрачервоних компонентів (символізує далекі або пилові об'єкти).
- Виявлення лінзованих структур — наявність викривлених дуг/арок.
- Артефакти та шум — шипи зір, зоряні розриви, відблиски, або інші інструментальні ефекти.

Збір даних і оформлення результату

- Рекомендована таблиця для заповнення (таблиця 2.2):

Результат учні готують аналітичну таблицю зі своїми спостереженнями та висновками.

Критерій	HST (спостереження)	JWST (спостереження)	Коментар/ пояснення
Роздільність (детальність)			
Кількість видимих галактик / арок			
Спектральні ознаки			
Виявлення лінзованих структур			
Артефакти та шум			

Аналіз результатів і обговорення.

Кожна група коротко презентує свої висновки. Проводиться дискусія: чи узгоджуються спостереження з очікуваннями (наприклад, JWST показує більше віддалених червоних галактик через інфрачервону чутливість і більший дзеркальний збір світла). Учні формують науково-обґрунтовані пояснення виявлених відмінностей.

Завдання 3. Дослідницьке завдання «Атмосфера екзопланети WASP-96b»

Мета завдання: сформувати в учнів уміння аналізувати спектральні дані на прикладі спостережень екзопланети WASP-96b, отриманих космічним телескопом «Джеймс Вебб» (на основі спрощених навчальних даних). Розвивати навички роботи з графіками, інтерпретації спектрів, розуміння взаємозв'язку між довжиною хвилі та хімічним складом атмосфери. Формувати здатність робити логічні висновки й

застосовувати знання з фізики та астрономії для пояснення реальних наукових явищ.

Освітнє значення. Завдання має важливе освітнє значення, оскільки дає змогу учням відчувати себе справжніми дослідниками, які аналізують астрономічні дані, подібні до тих, що отримують науковці. Учні ознайомлюються з поняттям спектра випромінювання, його роллю у визначенні складу атмосфер планет і засвоюють принципи спектрального аналізу. У процесі виконання завдання вони розвивають навички роботи з графіками, встановлення зв'язків між фізичними характеристиками (довжина хвилі, інтенсивність, хімічний склад) та формулювання науково обґрунтованих висновків. Таким чином, навчання набуває дослідницького характеру, сприяє розвитку аналітичного мислення, логічності та формуванню наукової культури сприйняття інформації.

Опис завдання. Учні пропонується проаналізувати спрощений спектр атмосфери екзопланети WASP-96b, отриманий космічним телескопом «Джеймс Вебб». На графіку зображено залежність інтенсивності випромінювання від довжини хвилі, де видно характерні піки та провали, що відповідають різним хімічним елементам і сполукам. Завдання учнів — уважно розглянути цей спектр, визначити, які речовини присутні в атмосфері планети, та заповнити таблицю з назвами елементів і відповідними ділянками спектра. Наприкінці учні формулюють висновок про склад атмосфери та обговорюють, яке значення мають такі дослідження для пошуку умов, придатних до життя на інших планетах.

Підготовчий етап

Учитель надає учням спрощений графік спектра атмосфери WASP-96b (рис.2.4) у вигляді друкованого матеріалу або цифрового файлу (PNG, PDF, CSV/Excel). Пояснюється, що графік показує, скільки світла проходить через атмосферу на різних довжинах хвиль. Учні знайомляться з основними термінами:

пік поглинання — ділянка спектра, де молекули поглинають світло, зменшуючи його інтенсивність;

довжина хвилі — характеристика світла, що визначає, на яких частотах відбувається поглинання певними молекулами.

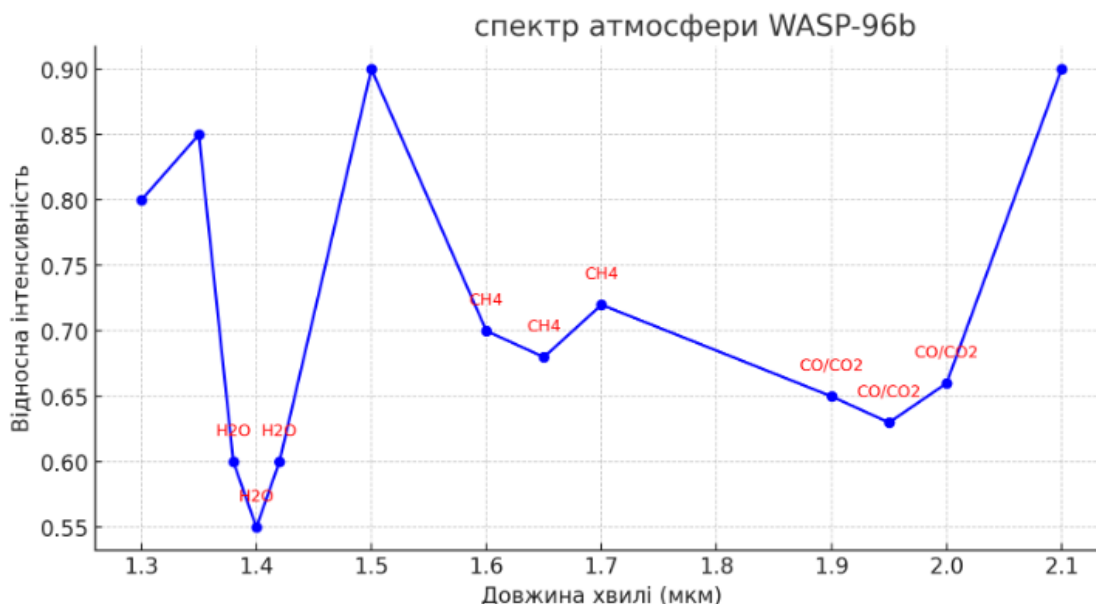


Рис. 2.4. Графік спектра атмосфери WASP-96b

Учитель підкреслює, що головна мета — визначити ділянки, де спостерігається вода, а також за бажанням можна позначити інші молекули, такі як CH₄, CO або CO₂. Важливо, щоб учні зрозуміли: наведені дані не є офіційними даними телескопа «Джеймс Вебб», а спрощені для навчальних цілей. Це зроблено для того, щоб школярам було легше працювати зі спектром: реальні спектри містять багато точок і шумів, які складно аналізувати без спеціального програмного забезпечення. Спрощені дані дозволяють зосередитися на навчальному завданні — визначенні характерних піків і формуванні висновків про склад атмосфери, а не на обробці складного наукового масиву даних.

Учні уважно розглядають графік, відзначають ділянки з помітними піками або «ямками» і позначають їх кольоровим маркером на друкованому графіку або у цифровому файлі. Вчитель пояснює, що піки

водяної пари розташовані приблизно на 1,38–1,42 мкм, інші молекули — на різних довжинах хвиль, проте основна увага приділяється воді.

Далі учні заносять спостережувані піки в таблицю, зазначають можливий склад молекул та роблять короткі коментарі (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3

№	Довжина хвилі (мкм)	Відносна інтенсивність (ум. од.)	Помітна особливість (пік/провал)	Ймовірна речовина або сполука	Коментар / висновок
1	1,4	0,55	Провал	H ₂ O (водяна пара)	У цій ділянці спостерігається поглинання світла молекулами водяної пари — доказ наявності води в атмосфері.
2					
3					

Аналіз та висновки

На основі зібраних даних учні пояснюють, де присутня вода, що це означає для атмосфери планети та потенційної придатності її для життя. Обговорюють, як спектральний аналіз дає змогу визначати хімічний склад атмосфери навіть на великих відстанях. Підсумковим етапом є формулювання короткого висновку та оформлення результатів у вигляді таблиці або короткої презентації з коментарями.

Дослідницьке завдання 4. «Народження зір у Туманності Кіля»

Мета: ознайомити учнів із процесом утворення зір, сформувати навички аналізу візуальних астрономічних даних, розвивати спостережливість, уяву та наукове мислення.

Освітнє значення: завдання сприяє формуванню дослідницької компетентності учнів через практичне ознайомлення з реальними астрономічними даними. Учні вчаться інтерпретувати зображення, отримані сучасними телескопами, робити висновки на основі спостережень, пов'язувати візуальні дані з фізичними процесами. Таким чином розвиваються навички критичного мислення, вміння порівнювати, узагальнювати та обґрунтовувати наукові припущення.

Опис завдання: завдання спрямоване на формування в учнів уявлень про процеси утворення зір у міжзоряному середовищі та розуміння ролі сучасних телескопів у вивченні Всесвіту. Учні досліджують знімок Туманності Кіля (Carina Nebula), зроблений космічним телескопом «Джеймс Вебб», який демонструє ділянки активного зореутворення. Завдяки високій роздільній здатності й інфрачервоному діапазону спостережень, учні можуть побачити, як нові зорі народжуються всередині густих пилових хмар, що були недоступні для оптичних телескопів.

Підготовчий етап

Учитель демонструє учням зображення Туманності Кіля, отримане телескопом «Джеймс Вебб» (рис. 2.5). Пояснює, що туманність — це велетенська область газу та пилу, у якій формуються нові зорі. Особливу увагу варто звернути на темні пилові стовпи — саме в них відбуваються процеси зореутворення. Такі області в астрономії називають «зоряними колисками».



Рис. 2.5 – Туманність Кіля

Учні отримують коротке пояснення цього терміну та переглядають схематичне зображення, яке показує, де саме формуються нові зорі (рис. 2.6).



Рис. 2.6 – Схематичне зображення формування зорі

Для порівняння учням також демонструється знімок тієї ж ділянки, зроблений телескопом «Габбл» (рис. 2.7). Це дає змогу побачити різницю у деталізації та підкреслити переваги інфрачервоних спостережень телескопа «Джеймс Вебб», що дають можливість “зазирнути” всередину щільних пилових хмар.



Рис. 2.7 – Туманність Кіля зроблена телескопом «Габбл»

Учні уважно розглядають знімок і проводять його опис, звертаючи увагу на:

- щільні стовпи пилу — області зародження зір;
- яскраві ділянки — місця, де новонароджені зорі нагрівають навколишній газ;
- блакитно-зелені області — гарячий газ, що випромінює у видимому та інфрачервоному діапазонах.

Далі учні описують власними словами, що саме вони бачать, і висувають припущення щодо того, які фізичні процеси можуть відбуватися в цих зонах. Учитель за потреби ставить уточнювальні запитання, щоб спрямувати спостереження на розуміння суті зореутворення.

Аналітична частина

Після візуального аналізу учні переходять до осмислення побаченого. Разом із учителем вони визначають, у яких частинах зображення видно новонароджені зорі, а де — пилові стовпи, що тільки готуються до зореутворення.

Учитель пояснює, як кольори на знімку пов'язані з різними процесами: нагріванням газу, випромінюванням і поглинанням світла пилом. На основі цього учні формулюють висновок про те, що «зоряні колиски» — це густі області міжзоряного пилу й газу, усередині яких формуються нові зорі.

Далі учні порівнюють зображення, отримані телескопами «Габбл» і «Джеймс Вебб», пояснюючи, чому інфрачервоні спостереження дозволяють побачити те, що приховане в оптичному діапазоні.

Підсумкові висновки:

- Туманності є місцями народження зір.
- Інфрачервоні телескопи дають змогу спостерігати процес зореутворення крізь пилові хмари.
- Дослідження подібних областей допомагає зрозуміти етапи еволюції зір і галактик.

Підсумкове обговорення.

Учні презентують свої спостереження та висновки. Учитель підтримує дискусію, ставлячи запитання:

- Якби ми спостерігали туманність лише у видимому світлі, що залишилося б прихованим?
- Чому вивчення народження зір допомагає зрозуміти еволюцію галактик?
- Як сучасні технології, подібні до телескопа «Джеймс Вебб», змінюють наше уявлення про Всесвіт?

Завдання 5. «Температура та склад зір: аналіз даних телескопа “Джеймс Вебб”»

Мета: формування в учнів дослідницьких умінь через аналіз спектральних даних; навчання інтерпретації графіків випромінювання; розуміння фізичного змісту залежності між температурою зорі та довжиною хвилі її максимального випромінювання.

Опис завдання: учні працюють як справжні астрономи, аналізуючи спрощені дані космічного телескопа «Джеймс Вебб». Вони визначають температуру зір, спостерігають залежність між кольором і температурою зорі, а також роблять висновки про фізичні процеси у зоряній атмосфері. Завдання поєднує знання з астрономії, фізики та інформатики

Завдання спрямоване на розвиток:

- роботи з даними – створення таблиць і графіків;
- аналітичного мислення – вміння знаходити максимум інтенсивності та інтерпретувати форму кривої;
- зв'язку теорії і спостереження – пояснення фізичних закономірностей;
- комунікації – обговорення результатів у групі, захист висновків.

Завдання може проводитися у форматі лабораторної або проєктної роботи, індивідуально чи в малих групах.

Підготовчий етап

Учитель коротко пояснює поняття спектра зорі — залежності інтенсивності випромінювання від довжини хвилі. Підкреслює, що:

- гарячі зорі випромінюють найбільше світла у короткохвильовій (синій, ультрафіолетовій) частині спектра;
- холодні зорі — у довгохвильовій (червоній, інфрачервоній) області;

форма спектральної кривої є "підписом" зорі, який розповідає про її температуру.

Після цього учням надається таблиця даних, складена за мотивами реальних спостережень телескопа «Джеймс Вебб» (Таблиця 2.4).

Таблиця 2.4

Зоря	1.2 мкм	2.0 мкм	3.5 мкм	5.0 мкм
------	---------	---------	---------	---------

A	15	20	25	22
B	28	26	18	10
C	10	14	19	27

Учитель пояснює, що цифри в таблиці — це умовна інтенсивність випромінювання у вибраних точках спектра (у мікрометрах), а не реальні дані телескопа «Джеймс Вебб». Це зроблено для зручності учнів: справжні дані дуже великі, складні і містять шум, а їх обробка вимагає спеціальних програм і навичок. Використання спрощених чисел дає можливість учням побудувати графік, знайти максимум випромінювання і зрозуміти залежність між температурою зорі та її кольором, не витрачаючи час на технічні складнощі. Так учні можуть зосередитися на головному — аналізі та дослідницьких навичках.

Побудова графіка

Учні створюють графік залежності інтенсивності від довжини хвилі для трьох зір (A, B, C) (рис. 2.8).

- По осі X відкладається довжина хвилі (1.2–5.0 мкм).
- По осі Y — інтенсивність випромінювання.
- Для кожної зорі проводиться своя крива різного кольору.

Під час побудови графіка учні спостерігають:

- У зорі B інтенсивність найбільша при коротких хвилях (1.2–2.0 мкм) — її максимум у “синій” частині → вона гарячіша.
- У зорі C максимум зсувається до довгих хвиль (3.5–5.0 мкм) → вона холодніша.
- У зорі A пік посередині → зоря середньої температури.

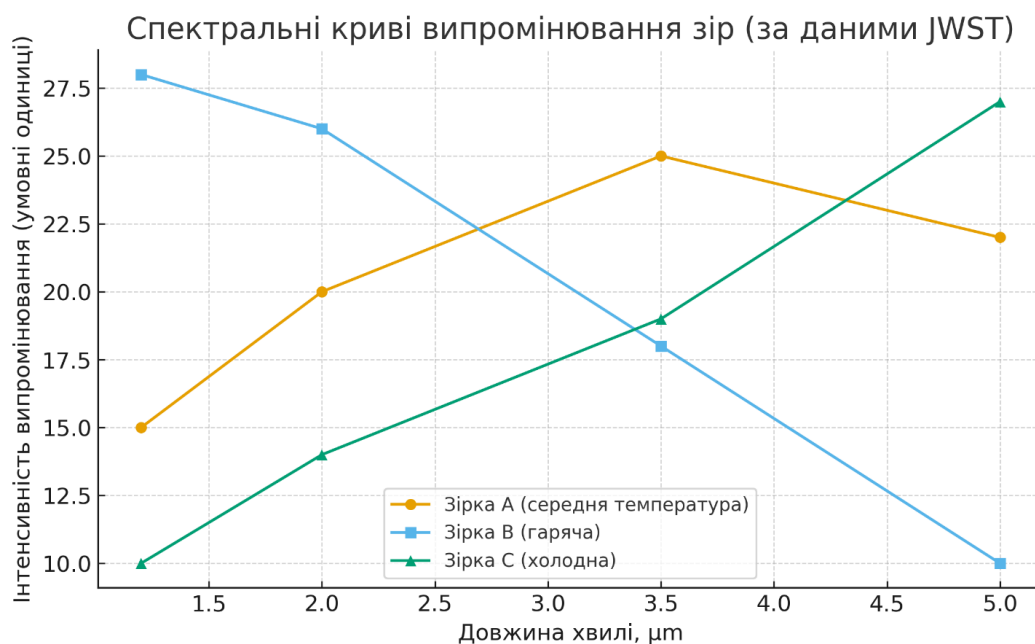


Рис. 2.8. Спектральні криві випромінювання зір

На цьому етапі учитель може пояснити закон зміщення Віна:

«Чим гарячіше тіло, тим коротшою є довжина хвилі, на якій воно випромінює найінтенсивніше».

Аналіз та інтерпретація результатів

Учні порівнюють форми спектральних кривих і відповідають на запитання:

- Яка зоря гарячіша, а яка холодніша?
- Як температура впливає на колір зорі?
- Чому інфрачервоні спостереження важливі для молодих і холодних зір?
- Як пил у космосі може змінювати форму спектра?
- Що можна дізнатися про хімічний склад зорі зі спектра?

Дослідницьке завдання 6. «Знайди свої дані з телескопа “Джеймс Вебб”»

Мета завдання: сформувати в учнів практичні дослідницькі навички роботи з відкритими астрономічними архівами; навчити знаходити, аналізувати та інтерпретувати реальні дані космічних

спостережень; розвинути критичне мислення, вміння робити висновки й презентувати результати у науково-дослідницькій формі.

Освітнє значення. Це завдання має важливе навчальне значення, оскільки знайомить учнів із сучасними принципами наукових досліджень у галузі астрономії. Учні отримують досвід самостійного пошуку достовірної інформації в офіційних наукових базах даних (MAST, ESA Webb), що сприяє формуванню інформаційної та дослідницької компетентностей. Робота з реальними даними телескопа «Джеймс Вебб» допомагає учням усвідомити зв'язок між теоретичними знаннями та сучасною наукою, розвиває навички командної взаємодії, логічного мислення, аргументації власної позиції та творчого підходу до подання результатів.

Опис завдання. Дане практичне завдання є підсумковим у циклі дослідницьких робіт, присвячених вивченню можливостей телескопа «Джеймс Вебб». Учні виступають у ролі юних дослідників, які самостійно обирають астрономічний об'єкт, шукають спостережні дані у відкритих архівах NASA або ESA, аналізують отриману інформацію та створюють коротку наукову презентацію.

Підготовчий етап

На початку роботи вчитель проводить вступну бесіду, під час якої знайомить учнів із місією космічного телескопа «Джеймс Вебб» та його значенням для сучасної астрономії. Учитель коротко розповідає про історію створення телескопа, пояснює, чим він відрізняється від попередніх космічних обсерваторій, таких як «Габбл» чи «Спітцер». Особливу увагу звертає на здатність JWST працювати в інфрачервоному діапазоні, що дозволяє спостерігати віддалені галактики, молоді зорі та екзопланети, приховані за міжзор'яним пилом. Також наголошується, що всі спостереження, виконані телескопом, є відкритими для громадськості й зберігаються в офіційних базах даних NASA та ESA, доступних для кожного користувача.

Під час бесіди вчитель демонструє приклади таких матеріалів: зображення туманностей, галактик, зоряних скупчень або спектральні діаграми. Учні дізнаються, як ці дані допомагають ученим визначати фізичні властивості небесних тіл — температуру, хімічний склад, відстань, червоне зміщення. Завдяки цьому учні розуміють, що під час виконання завдання вони фактично долучаються до справжнього наукового процесу, подібного до роботи професійних астрономів.

Після вступної частини учні об'єднуються у малі дослідницькі групи (по 2–3 особи) та обговорюють, який тип об'єкта вони хотіли б дослідити — галактику, туманність, зорю чи екзопланету. Учитель може допомогти зорієнтуватися, запропонувавши кілька прикладів:

- NGC 7319 — галактика зі складу групи Стефана;
- Carina Nebula — регіон активного народження зір;
- TRAPPIST-1 — зоря з сімома екзопланетами, схожими на Землю;
- WASP-39b — екзопланета, в атмосфері якої виявлено водяну пару;
- SMACS 0723 — скупчення галактик, перше глибоке поле JWST.

На завершення підготовчого етапу вчитель демонструє, як користуватися архівами MAST або ESA Webb, показує приклад пошуку об'єкта за назвою та пояснює, яку інформацію потрібно знайти й занести в дослідницьку таблицю. Учні отримують коротку інструкцію або пам'ятку з покроковим описом подальшої роботи.

Пошук інформації

На цьому етапі учні переходять до самостійного пошуку даних, використовуючи відкриті ресурси телескопа «Джеймс Вебб». Вони відвідують один із офіційних сайтів — архів MAST або портал ESA Webb Space Telescope, де можна знайти описи й зображення реальних спостережень. Учні вводять у пошук назву астрономічного об'єкта та

ознайомлюються з короткою інформацією про спостереження: датою, метою, автором програми, а також інструментом, за допомогою якого було отримано дані (NIRCam, NIRSpec, MIRI чи NIRISS).

Далі учні переглядають доступні зображення об'єкта в різних діапазонах та супровідні числові дані — довжину хвилі, експозицію, відстань та інші характеристики. Учитель звертає увагу, що для виконання цього завдання достатньо користуватися відкритими сторінками архівів і не потрібно завантажувати складні наукові файли

Обробка та узагальнення

Після пошуку інформації учні заповнюють таблицю дослідницьких результатів, яку можна використовувати як звіт (таблиця 2.5). Після цього вони коротко формулюють власний висновок: чим цікавий вибраний об'єкт і чому спостереження JWST допомагають краще його зрозуміти.

Таблиця 2.5

Параметр	Відомості
Назва об'єкта спостереження	
Тип об'єкта (галактика, туманність, зоря, екзопланета тощо)	
Джерело даних (MAST / ESA Webb / NASA)	
Інструмент телескопа JWST (NIRCam, MIRI, NIRSpec, NIRISS)	
Основні параметри спостереження (довжина хвилі, експозиція, відстань, червоне зміщення)	
Короткий опис спостереження (що саме досліджувалося, мета спостереження)	
Цікаві наукові факти про об'єкт	

Продовження табл 2.5

Власні висновки (чому цей об'єкт важливий для астрономії, які особливості спостереження виявлено)	
Посилання на зображення / графік спектра	
Автори дослідження (учні групи)	

Представлення результатів

Після обробки та узагальнення даних учні презентують результати своєї роботи, демонструючи, що вони не лише знайшли інформацію, а й змогли її осмислити. Для цього вони можуть створити науковий постер або презентацію, у яких наочно показують обраний об'єкт, його зображення у різних діапазонах та ключові характеристики спостереження.

Під час усної доповіді кожна група коротко розповідає, як відбувався пошук даних, що цікавого вони дізналися про об'єкт і чому ці спостереження важливі для астрономії. Учні пояснюють, які особливості об'єкта виявлені за допомогою телескопа JWST і як отримані дані допомагають краще зрозуміти фізичні процеси у космосі.

Таке представлення результатів формує вміння логічно та наочно демонструвати наукову інформацію, аргументувати власні висновки та обговорювати їх із однокласниками, і водночас дає учням досвід участі у мініконференції — форматі, наближеному до реальної наукової практики.

2.3. Перевірка ефективності розроблених навчальних завдань

Важливим етапом дослідження стала перевірка ефективності розроблених навчальних завдань, спрямованих на формування дослідницької компетентності, у реальних умовах освітнього процесу. Апробація запропонованих завдань здійснювалася під час проходження виробничої (педагогічної) практики в Херсонському

академічному ліцеї імені О.В. Мішукова при Херсонському державному університеті у період з 03.02.2025 по 28.03.2025. Практична робота проводилася з учнями старших класів, які вивчають курс астрономії та перебувають на етапі формування базових дослідницьких умінь.

Метою даного етапу дослідження було з'ясування доцільності та педагогічної ефективності використання навчальних завдань, побудованих на матеріалах космічного телескопа «Джеймс Вебб», для розвитку елементів дослідницької компетентності учнів, а саме: умінь аналізувати наукову інформацію, працювати з візуальними даними, формулювати висновки та аргументувати власну позицію. Для цього було використано метод анкетування, а також педагогічне спостереження за навчальною діяльністю учнів у процесі виконання запропонованих завдань.

Апробація проводилася з учнями старших класів під час навчальних занять з астрономії та елементів самостійної і групової роботи. Здобувачам освіти пропонувалися окремі навчальні завдання, розроблені у підрозділі 2.2, зокрема: аналіз зображень глибокого поля космічного телескопа «Джеймс Вебб», порівняльний аналіз зображень, отриманих телескопами Hubble і James Webb, а також елементи дослідницьких завдань, пов'язаних з інтерпретацією сучасних астрономічних даних. Завдання виконувалися як індивідуально, так і в малих групах, що дало змогу оцінити рівень пізнавальної активності та самостійності учнів.

Після виконання серії навчальних завдань було проведено анкетування з метою оцінювання ставлення учнів до використання сучасних астрономічних даних у навчальному процесі та самооцінки розвитку окремих компонентів дослідницької компетентності. Анкетування проводилося у формі структурованої таблиці, що дало

змогу узагальнити отримані результати та здійснити їх порівняльний аналіз (таблиця 2.6.).

Таблиця 2.6

№	Питання анкети	Так	Частково	Ні
1	Чи викликали запропоновані завдання інтерес до вивчення астрономічних явищ?			
2	Чи були завдання зрозумілими та доступними для виконання?			
3	Чи сприяли завдання розвитку вміння аналізувати зображення та наукову інформацію?			
4	Чи допомогли завдання краще зрозуміти сучасні методи астрономічних досліджень?			
5	Чи відчули Ви необхідність самостійно формулювати висновки під час виконання завдань?			
6	Чи сприяла робота з реальними астрономічними даними підвищенню Вашої навчальної мотивації?			
7	Чи була, на Вашу думку, ефективною групова форма роботи під час виконання завдань?			
8	Чи доцільно, на Вашу думку, використовувати подібні дослідницькі завдання в навчальному процесі надалі?			

Аналіз анкетних відповідей, отриманих під час виробничої практики, засвідчив переважно позитивне ставлення учнів до використання матеріалів сучасних космічних досліджень у навчальному процесі. Більшість респондентів відзначила зростання пізнавального інтересу до астрономії та суміжних природничих дисциплін, а також підвищення мотивації до виконання завдань дослідницького характеру. Особливо часто учні наголошували на тому, що робота з реальними астрономічними даними сприяє кращому розумінню наукового змісту навчального матеріалу.

Педагогічні спостереження підтвердили результати анкетування. У процесі виконання завдань учасники освітнього процесу проявляли активність, ставили уточнювальні запитання, намагалися аргументувати власні міркування та брали участь у колективному обговоренні результатів. Групова форма роботи виявилася особливо ефективною, оскільки сприяла розвитку комунікативних умінь і навичок співпраці, що є важливими складниками дослідницької компетентності.

Отже, результати перевірки ефективності розроблених навчальних завдань у процесі виробничої практики свідчать про доцільність їх використання у навчальному процесі. Проведене анкетування у табличній формі та педагогічне спостереження підтвердили, що залучення учнів до роботи з актуальними матеріалами космічного телескопа «Джеймс Вебб» сприяє формуванню елементів дослідницької компетентності, підвищує мотивацію до навчання та формує уявлення про науку як про активний процес пізнання.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи досліджено проблему формування дослідницької компетентності учнів закладів загальної середньої освіти під час вивчення астрономії з використанням матеріалів космічного телескопа «Джеймс Вебб».

Під час виконання кваліфікаційної роботи було виконані наступні завдання:

1. Проаналізовано психолого-педагогічні та методологічні засади формування дослідницької компетентності учнів. Уточнено сутність поняття, розкрито його структуру та складові, визначено умови ефективного розвитку дослідницьких умінь.

2. Визначено особливості розвитку дослідницьких умінь у процесі вивчення природничих дисциплін. Встановлено, що природничі предмети, зокрема астрономія, сприяють формуванню пізнавальної активності, критичного мислення та навичок самостійного пошуку інформації.

3. Обґрунтовано роль астрономії у розвитку наукового світогляду школярів. Показано, що її зміст має високий потенціал для реалізації дослідницького підходу через спостереження, моделювання та аналіз природних явищ.

4. Проаналізовано навчально-пізнавальний потенціал даних телескопа «Джеймс Вебб». Визначено можливості використання зображень і результатів спостережень у навчальному процесі для розвитку аналітичних і дослідницьких навичок учнів.

5. Розроблено та апробовано систему навчальних завдань і методичних рекомендацій, спрямованих на формування дослідницької компетентності. Їх застосування сприяло підвищенню пізнавальної активності, самостійності й інтересу учнів до астрономії.

У результаті дослідження досягнуто мети — створено й теоретично обґрунтовано методику формування дослідницької компетентності

школярів засобами астрономії з використанням сучасних космічних даних.

Практичне значення одержаних результатів виявляється у створенні комплексу навчальних завдань і методичних рекомендацій, які можуть бути безпосередньо використані в освітньому процесі, зокрема на уроках астрономії, під час проведення факультативів, гурткової роботи та у підготовці майбутніх педагогів. Запропонований підхід сприяє активізації пізнавальної діяльності школярів і розвитку їх дослідницьких навичок.

Отже, використання матеріалів місії «Джеймс Вебб» у навчанні астрономії довело свою результативність як інструмент розвитку дослідницьких умінь, пізнавальної активності й критичного мислення учнів.

Перспективи подальших досліджень полягають у вдосконаленні методики на основі цифрових освітніх ресурсів, розширенні її застосування на інші природничі дисципліни та розробленні інтегрованих STEM-проектів із залученням актуальних наукових даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кузьмін С. А. Теоретичні основи формування дослідницької компетентності учнів // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 16: Педагогічні науки. – 2018. – Вип. 1. – С. 23–29.
2. Головань М. С., Яценко В. В. Сутність та зміст поняття «дослідницька компетентність» // Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі. – 2012. – Вип. VII. – С. 55–62.
3. Савченко О. Я. Дидактика початкової школи. – К. : Генеза, 2011. – 368 с.
4. Любчак Н. М. Теоретичні аспекти визначення сутності дослідницької компетентності майбутнього вчителя // Проблеми сучасної педагогічної освіти. Педагогіка і психологія. – 2013. – Вип. 39(4). – С. 33–40.
5. Бібік Н. М. Компетентнісний підхід: рефлексивний аналіз використання // Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи. – К. : К.І.С., 2004. – С. 45–52.
6. Височенко Г. А. Формування дослідницької компетентності в учнів на прикладі вивчення екзопланет, потенційно придатних до життя // Магістерські студії. Альманах. – 2023. – Вип. 23. – С. 499–502.
7. Педагогіка : підручник / за ред. В. О. Сухомлинського. – К. : Літера ЛТД, 2017.
8. Мотузний О. В. Формування дослідницьких умінь учнів у процесі навчання фізики. – К. : НПУ ім. М. Драгоманова, 2015. – 214 с.
9. Піаже Ж. Психологія інтелекту. – К. : Вища школа, 2002. – 276 с.
10. Стрижак Д. О., Шиян Н. І., Стрижак С. В., Криворучко А. В. Формування дослідницької компетентності учнів при вивченні хімії // Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету

імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук. – 2023. – Вип. 4.

11. Driver R., Newton P., Osborne J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms // *Science Education*. – 2000. – Vol. 84(3). – P. 287–312.

12. Коменський Я. А. Велика дидактика. – К. : Радянська школа, 1982.

13. Дьюї Дж. Демократія і освіта. – К. : Либідь, 2003. – 320 с.

14. Кузьменков С. Г. Фундаменталізація астрономічної освіти майбутніх учителів фізики та астрономії. Діяльнісний підхід // *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету*. – 2011. – Вип. 89. – С. 293–296.

15. Ярошенко О. Г. Сучасні підходи до розвитку дослідницької компетентності старшокласників // *Фізика та астрономія в школі*. – 2019. – №2. – С. 3–9.

16. Harlen W. *Teaching, Learning and Assessing Science 5–12*. – London : SAGE, 2006.

17. Бондар В. І. Дидактика: навчальний посібник. – К. : Либідь, 2013. – 528 с.

18. Виготський Л. С. Мислення і мова. – К. : Радянська школа, 1990.

19. Дьюї Дж. Демократія і освіта. – К. : Либідь, 2003. – 320 с.

20. Vygotsky L. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. – Cambridge, MA : Harvard University Press, 1978.

21. Кларін М. В. Інноваційні моделі та методи навчання у світовій педагогіці. – К. : Освіта, 2008. – 320 с.

22. Ушинський К. Д. Людина як предмет виховання. Досвід педагогічної антропології. – К. : Радянська школа, 1983.

23. Концепція «Нова українська школа» [Електронний ресурс]. – МОН України, 2016.

24. Рометун О. І. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання: наук.-метод. посіб. – К. : А.С.К., 2010. – 192 с.
25. International Astronomical Union (IAU). Astronomy for Education Office Reports, 2020–2023.
26. Гончаренко С. У. Український педагогічний словник. – К. : Либідь, 1997. – 376 с.
27. Крячко І. Методика навчання астрономії в старшій загальноосвітній школі. – К. : Наше небо, 2018. – 244 с.
28. Котусенко А., Жерновникова О. Формування дослідницької компетентності учнів у вивченні математики та інтеграція міжпредметних знань // Інноваційні педагогічні технології в цифровій школі: зб. тез доповідей. – Харків, 2024.
29. Гончаренко С. У. Педагогічні дослідження: методологічні поради молодим науковцям. – К. : Українська академія педагогічних наук, 2015. – 280 с.
30. Кузьменков С. Г. Спецкурс «Фундаментальні фізичні та математичні константи» як крок до фундаменталізації фізичної та астрономічної освіти // Фізика та астрономія в школі. – 2011. – №4. – С. 20–24.
31. Горбачова І. В. Формування дослідницької компетентності учнів у процесі навчання природничих наук // Педагогічна наука в Україні. – 2019. – Т. 3, №1. – С. 45–52.
32. ESA – European Space Agency. James Webb Space Telescope: Facts and Figures [Електронний ресурс]. – 2025. – Режим доступу: https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb
33. NASA. James Webb Space Telescope: Mission Overview [Електронний ресурс]. – 2025. – Режим доступу: <https://science.nasa.gov/mission/webb/>
34. Гуревич Р. С., Кадемія М. Ю. Інноваційні технології навчання у сучасній дидактиці. – К. : Освіта України, 2011. – 512 с.

35. ArXiv. Genesis of the James Webb Space Telescope Architecture [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2501.09072>
36. Wikipedia. James Webb Space Telescope [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/James_Webb_Space_Telescope
37. Time. NASA's James Webb Space Telescope Launch [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://time.com/6131590/nasa-2021/>
38. Gardner J. P., Mather J. C., Clampin M. та ін. The James Webb Space Telescope // arXiv:astro-ph/0606175. – 2006.
39. National Research Council. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. – Washington, DC : The National Academies Press, 2012.
40. New Yorker. NASA's New Telescope Will Show Us the Infancy of the Universe [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.newyorker.com/magazine/2021/08/16/nasas-new-telescope-will-show-us-the-infancy-of-the-universe>
41. OECD. PISA 2018 Results. Volume I: What Students Know and Can Do. – Paris : OECD Publishing, 2019.
42. Wired. The James Webb Space Telescope finally prepares for launch [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.wired.com/story/the-james-webb-space-telescope-finally-prepares-for-launch>
43. Wikipedia. James Webb Space Telescope [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/James_Webb_Space_Telescope
44. Osborne J., Dillon J. Science Education in Europe: Critical Reflections. – London : The Nuffield Foundation, 2008.

45. Seel N. M. Encyclopedia of the Sciences of Learning. – Springer Science & Business Media, 2017.

46. NASA. James Webb Space Telescope: Mission Overview [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://science.nasa.gov/mission/webb/>