

## ПРОГРАМНЕ СЕРЕДОВИЩЕ STELLARIUM ЯК ЗАСІБ РОЗВИТКУ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

**Сергій МОХУН**

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна  
mohun\_sergey@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0001-7215-6977>

**Ольга ФЕДЧИШИН** ✉

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна  
olga.fedchishin.77@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-3050-3584>

**Олександр ГОРОШКЕВИЧ**

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна  
horoshkevych@tnpu.edu.ua  
<https://orcid.org/0009-0005-3383-0742>

**Богдан СІТАРСЬКИЙ**

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна  
sitarskyi@tnpu.edu.ua  
<https://orcid.org/0009-0006-3232-2102>

### АНОТАЦІЯ

**Формулювання проблеми.** Сучасна система освіти неможлива без активного використання інформаційно-цифрових технологій, онлайн-сервісів, платформ. Реформування змісту як фізичної, так і астрономічної освіти неможливе без урахування теоретичних та методичних засад розвитку дослідницької компетентності здобувачів освіти. Тому в освітній діяльності для реалізації компетентнісного підходу, зокрема для формування дослідницької компетентності, використовуються спеціалізовані програмні середовища, такі як Stellarium. У навчальних цілях Stellarium використовують для формування уявлень про видимий річний рух Сонця та рухи планет; для визначення відстаней до небесних об'єктів; як інтерактивне мультимедіа для розуміння та мотивації здобувачів освіти у вивченні астрономії, тощо. Враховуючи те, що одним із важливих завдань сучасної астрономії є дослідження екзопланет, авторами описано методику дослідження планетної системи TOI 700.

**Матеріали і методи.** З метою з'ясування стану дослідженості проблеми в педагогічній теорії та практиці використано: теоретичні методи – аналіз, порівняння, систематизація та узагальнення навчально-методичних, наукових та прикладних джерел, електронних ресурсів з проблеми дослідження.

**Результати.** Розглянуто дидактичні та методичні можливості віртуального планетарію Stellarium для формування дослідницьких умінь та навичок здобувачів освіти при вивченні екзопланет. У дослідженні запропоновано виконання практичного завдання «Дослідження планетної системи TOI 700» для формування дослідницьких умінь та навичок здобувачів освіти.

**Висновки.** Запропонований алгоритм дослідження екзопланет може бути використаний суб'єктами освітньої діяльності як дидактичний матеріал для творчих та індивідуальних навчально-дослідних завдань, а використання інформаційно-цифрових технологій забезпечує розвиток та активізацію пізнавального інтересу здобувачів освіти; формування дослідницьких умінь та навичок, можливість самонавчання та вміння критично аналізувати результати власної діяльності.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** фізика; астрономія; дослідницька компетентність; інформаційно-цифрові технології; Stellarium.

Для цитування:	Мохун С., Федчишин О., Горошкевич О., Сітарський Б. Програмне середовище Stellarium як засіб розвитку дослідницької компетентності здобувачів вищої освіти. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 2. С. 42-50. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i2-06
	Мохун, С., Федчишин, О., Горошкевич, О., & Сітарський, Б. (2024). Програмне середовище Stellarium як засіб розвитку дослідницької компетентності здобувачів вищої освіти. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(2), 42-50. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i2-06">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i2-06</a>
For citation:	Mokhun, S., Fedchyshyn, O., Horoshkevych, O., & Sitarskyi, B. (2024). Stellarium software environment as a means of developing research competence of higher education students. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(2), 42-50. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i2-06">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i2-06</a>
	Mokhun, S., Fedchyshyn, O., Horoshkevych, O., & Sitarskyi, B. (2024). Prohramne seredovyshe Stellarium yak zasib rozvytku doslidnytskoi kompetentnosti zdobuvachiv vyshchoi osvity [Stellarium software environment as a means of developing research competence of higher education students]. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(2), 42-50. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i2-06">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i2-06</a>

## STELLARIUM SOFTWARE ENVIRONMENT AS A MEANS OF DEVELOPING RESEARCH COMPETENCE OF HIGHER EDUCATION STUDENTS

Serhii MOKHUN

*Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine*  
mohun\_sergey@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0001-7215-6977>

Olha FEDCHYSHYN ✉

*Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine*  
olga.fedchishin.77@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-3050-3584>

Oleksandr HOROSHKEVYCH

*Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine*  
horoshkevych@tnpu.edu.ua  
<https://orcid.org/0009-0005-3383-0742>

Bohdan SITARSKYI

*Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine*  
sitaraskyi@tnpu.edu.ua  
<https://orcid.org/0009-0006-3232-2102>

---

### ABSTRACT

**Formulation of the problem.** The modern education system is only possible with the active use of information and digital technologies, online services, and platforms. Reforming physical and astronomical education content is only possible by considering the theoretical and methodological foundations for developing students' research competence. Therefore, specialized software environments such as Stellarium are used in educational activities to implement a competency-based approach, particularly to form research competence. For educational purposes, Stellarium is used to form ideas about the apparent annual motion of the Sun and the movements of the planets, to determine distances to celestial objects, as interactive multimedia to understand and motivate students in astronomy, etc. Given that one of the most critical tasks of modern astronomy is the study of exoplanets, the authors describe the methodology for studying the TOI 700 planetary system.

**Materials and methods.** To clarify the state of research on the problem in pedagogical theory and practice, we follow the theoretical techniques of analysis, comparison, systematization, and generalization of educational, scientific, and applied sources and electronic resources on the research problem.

**Results.** The article considers the didactic and methodological possibilities of the virtual planetarium Stellarium for forming students' research skills and abilities in studying exoplanets. The study proposes implementing the practical task "Study of the TOI 700 planetary system" to develop students' research skills.

**Conclusions.** Educational process subjects can use the proposed algorithm to study exoplanets as didactic material for creative and individual academic and research tasks. The use of information and digital technologies ensures the development and activation of students' cognitive interests, the formation of research skills, the possibility of self-study, and the ability to critically analyze the results of their activities.

---

**KEYWORDS:** *Physics; astronomy; research competence; information and digital technologies; virtual planetarium Stellarium.*

---

---

### ВСТУП

**Постановка проблеми.** В умовах модернізації та реформування сучасної освіти вимагають переосмислення методологічних підходів, які пов'язані з навчальною діяльністю здобувачів освіти та їх майбутньою професійною діяльністю. Процес підготовки здобувачів освіти зорієнтований на формування та розвиток як ключових так і предметних (фахових) компетентностей, підвищення конкурентоспроможності у ринкових умовах. Відповідно система освіти повинна реагувати відповідним оновленням змістової складової підготовки студентів, пошуком нових засобів навчання, нових методів та підходів у реалізації компетентнісного підходу в освітньому процесі.

Одним із пріоритетних завдань сучасної освіти є формування дослідницької компетентності у здобувачів освіти в процесі вивчення фізики та астрономії за допомогою сучасних технологій.

Зрозуміло, що вдосконалення змісту як фізичної, так і астрономічної освіти неможливе без врахування теоретичних та методичних засад розвитку дослідницької компетентності учасників освітнього процесу. Іншими словами, існує актуальна необхідність у систематизації, аналізі та узагальненні явищ і процесів, пов'язаних із залученням учасників освітнього процесу до дослідницької діяльності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемі формування дослідницької компетентності присвячено багато праць вітчизняних та зарубіжних науковців.

Проблема розвитку компетентностей здобувачів освіти є фокусом уваги фахівців у галузі дидактики, психології, методології та вчителів-практиків. Зокрема, у наукових доробках висвітлено психологічні аспекти формування компетентностей, реалізацію компетентнісного підходу; організацію компетентнісно орієнтованого навчально-виховного процесу у вищій і середній школі; формування ключових компетентностей, формування фізичної компетентності тощо. (Федчишин & Мохун, 2020). У наукових працях дослідницьку компетентність вчені розглядають як ключову і вважають, що її формування відбувається на основі вродженої якості особистості.

У теорії та методиці навчання фізики проблема формування дослідницької компетентності розглядається за напрямками: залучення студентів до навчально-пізнавальної діяльності, зокрема дослідницької, та умови ефективного управління такою діяльністю; розвиток мотивів навчально-пізнавальної діяльності; ознайомлення їх із методами наукового пізнання; розвиток загальнонавчальних умінь; взаємозв'язок навчання фізики з практикою; реалізація задачного підходу до навчання фізики тощо.

Значні можливості для розвитку дослідницької компетентності під час вивчення фізики мають інформаційно-цифрові технології навчання – це використання віртуальних платформ, програм-симуляторів, хмаро орієнтованих технологій навчання, тощо.

Аналіз сучасних публікацій зарубіжних авторів, які висвітлюють методи формування дослідницької компетентності, зокрема, під час вивчення фізики та астрономії, дозволяє сформулювати наступні висновки: по перше, рівень професіоналізму особистості в певній галузі суттєво визначає ступінь сформованості її дослідницької компетентності (Mji & Makgato, 2006); по друге, за кордоном освітня діяльність навчальних закладів спрямована на розвиток та формування у здобувачів освіти компетентностей під час вивчення фізики та астрономії (Carey, 2015).

У науково-методичних працях (Hamed & Aljanazrah, 2020; Husnaini & Chen, 2019; Chang et al., 2008) окреслено, що застосування програмних ресурсів для моделювання фізичних та астрономічних процесів сприяє підвищенню якості знань здобувачів освіти, формування їх фахових знань та умінь тощо.

Недостатньо вивченою є проблема формування та розвитку дослідницької компетентності в процесі вивчення астрономії з використанням інформаційно-цифрових технологій. Впровадження компетентнісного підходу у пізнавальній діяльності учасників освітнього процесу підвищує ефективність процесу навчання та викладання. Компетентнісний підхід, на відміну від традиційного, сприяє розвитку особистісних якостей, творчих здібностей здобувачів освіти, навичок самостійного здобуття нових знань та вирішення завдань, а також сприяє співпраці в команді, знаходженню оптимальних рішень у різних навчальних, життєвих та професійних ситуаціях, а також вмінню орієнтуватися в суспільному житті (Jones, 2003; Vidate et al., 2015).

Крім того, формування та розвиток компетентностей є можливим під час організації як традиційного, так і змішаного навчання. Науковці, методисти пропонують змішане навчання як альтернативу розвитку дослідницької компетентності. На їх думку, вдалий підбір навчальних завдань, використання в освітньому процесі електронних ресурсів забезпечують формування дослідницьких умінь та навичок, що є основою дослідницької компетентності (Dominguez et al., 2016).

У нашому дослідженні ми пропонуємо розглянути використання інформаційно-цифрових технологій у формуванні дослідницької компетентності здобувачів освіти.

**Метою статті** є розкрити дидактичні та методичні можливості віртуального планетарію Stellarium для формування дослідницької компетентності здобувачів вищої освіти.

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У державному освітньому стандарті в якості результатів навчання виступають компетентності. У законі України «Про освіту» термін «компетентність» – це динамічна комбінація знань, умінь, навичок, способів мислення, поглядів, цінностей, інших особистих якостей, що визначає здатність особи успішно соціалізуватися, провадити професійну та/або подальшу навчальну діяльність (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>).

Зауважимо, що у науково-педагогічній літературі не існує єдиного підходу до визначення поняття «дослідницька компетентність». Наприклад, А. Хуторський дослідницьку компетентність визначає як володіння людиною відповідною дослідницькою компетенцією, тобто володіння знаннями, які є результатом пізнавальної діяльності особистості в певній галузі, методами, методиками дослідження, які здобувач освіти має опанувати для здійснення дослідницької діяльності.

О. Ушаков відзначає, що дослідницька компетентність є цілісною якістю особистості, що проявляється в готовності та здатності до самостійного вирішення нових завдань та творчого перетворення дійсності. Цей процес ґрунтується на особистісно-осмислених знаннях, уміннях і навичках, а також різних методах діяльності. М. Головань описує дослідницьку компетентність як інтегративну якість особистості, що об'єднує знання, уміння, досвід дослідницької діяльності, ціннісні ставлення та особистісні якості. Вона проявляється в готовності та здатності здійснювати дослідницьку роботу для отримання нових знань. Це включає застосування методів наукового пізнання та творчий підхід у плануванні, аналізі, прийнятті рішень та оцінці результатів дослідницької діяльності (Головань, 2012).

Н. Сосницька, розглядаючи формування компетентностей особистості в умовах наскрізної інтеграції у чотирьох напрямках (наука, технології, інженерія і математика – STEM-освіта), використовує термін «науково-дослідницька компетентність». Авторка розглядає цю компетентність як здатність здобувачів освіти проводити проєктні та дослідницькі дії, спрямовані на розв'язання конкретних практичних завдань (Сосницька, 2019).

Отже, можна зробити висновок, що саме через здійснення дослідницької діяльності забезпечується формування дослідницької компетентності. Дослідницька діяльність, у свою чергу, характеризується набором навичок: визначення мети дослідження та її пояснення; планування дій, аналіз, рефлексія, самооцінка власної навчально-дослідницької діяльності; розглядання та вирішення проблемних ситуацій; визначення причин досліджуваних явищ та процесів; формулювання завдань та гіпотези дослідження; опис результатів та висновків; представлення результатів дослідження усно чи письмово з використанням інформаційних та електронних ресурсів.

Складовими дослідницької компетентності здобувачів освіти є: знання, здібності, уміння, навички та досвід дослідницької діяльності.

У нашому дослідженні «дослідницьку компетентність» розглядаємо як здатність учасників освітнього процесу до виконання завдань, що передбачають моделювання та дослідження фізичних та астрономічних явищ і процесів з використанням спеціалізованого програмного середовища.

Розвиток та формування дослідницької компетентності в освітньому процесі може відбуватись із застосування інформаційно-цифрових технологій, зокрема, пропонуємо використати у практичній діяльності віртуальний планетарій Stellarium.

Існує велика різноманітність комп'ютерних програм, таких як Google Earth, Celestia, WorldWide Telescope, Sky Chart, Star Walk, SkyPortal та інші, які володіють аналогічними чи подібними можливостями. Відмінності між ними виявляються в інтерфейсі та завданнях, які ставить перед собою дослідник при використанні цих віртуальних середовищ. Наша мета – використовувати програмне забезпечення, яке є доступним та простим, але при цьому забезпечує формування дослідницьких знань, умінь та навичок.

Саме таким віртуальним середовищем є Stellarium – це вільний планетарій з відкритим кодом для комп'ютера, доступний більш як 50 мовами. Stellarium – це програма, яка має можливість відтворювати реалістичну просторову картину неба, аналогічну тій, що можна спостерігати неозброєним оком, у бінокль або телескоп. У реальному часі Stellarium створює тривимірне фотореалістичне зображення небесних тіл, відображаючи зорі, сузір'я та планети, зоряні скупчення та галактики, а також інші об'єкти далекого космосу.

Графічний інтерфейс цієї програми надає широкі можливості керування за допомогою клавіатури часом, телескопом, можливості оновлення, додавання нових об'єктів Сонячної системи на основі даних інтернет-ресурсів, додавання власних віддалених об'єктів, ландшафтів, зображень сузір'їв, скриптів, тощо. Містить типовий каталог з понад 600000 зорями; додатковий каталог із даними понад 177 мільйонів зір; типовий каталог із даними понад 80000 віддалених об'єктів; додатковий каталог із даними понад 1 мільйона віддалених об'єктів та ін. ([www.stellarium.org/uk/](http://www.stellarium.org/uk/)).

У навчальних цілях Stellarium використовують багато провідних зарубіжних педагогів, зокрема, у роботі (Persson, 2016) йдеться про те, що інформація, отримана за допомогою програмного забезпечення планетарію може бути використана для формування уявлень про видимий річний шлях Сонця на небі; для визначення відстані до Сонця методом, відомим як метод Аристарха Самоського; для визначення положення планет, яке спостерігається із Землі; для побудови HR-діаграми (діаграми Герцшпрунга-Рассела); у роботі (Marina, 2019) автори провели дослідження, метою якого стало визначення ефективності Stellarium як інтерактивного мультимедіа для розуміння та мотивації здобувачів освіти у вивченні Сонячної системи.

Ми ж пропонуємо використати можливості Stellarium для формування дослідницьких умінь та навичок здобувачів освіти при вивченні екзопланет.

Сьогодні одним з головних завдань сучасної астрономії є дослідження екзопланет. Станом на січень 2024 року підтверджено 5572 екзопланети в 4150 планетних системах (<https://exoplanets.nasa.gov/>). Пошук і дослідження екзопланет – пріоритетне дослідницьке завдання передових країн світу, наукові проекти з вивчення космосу у своїх програмах розглядають дослідження екзопланет як одне з найважливіших завдань.

Ця тематика розглядається і в шкільному курсі астрономії, і, безумовно, у педагогічних закладах вищої освіти. Виявлення та вивчення екзопланет становить величезний науковий інтерес з точки зору розуміння походження й еволюції планетних систем.

До недавнього часу не було відомо, чи є Сонячна система унікальною у Всесвіті і питання про її походження залишалося неоднозначним. Виявлення перших екзопланет надало можливість розглядати еволюцію планетних систем з іншого ракурсу і формувати загальні теорії про походження та еволюцію планетних систем, що обертаються навколо зір інших класів. Ця проблема є цікавою ще й тому, що перші виявлені планетні системи в інших зір мали значні відмінності у своїй структурі порівняно з Сонячною системою.

Крім того, той факт, що Сонячна система не є унікальною наводить на думку про те, що, можливо, і наша цивілізація не є унікальним явищем у Всесвіті. Тому, вивчення екзопланет є цікавим процесом з точки зору пошуку позаземних цивілізацій.

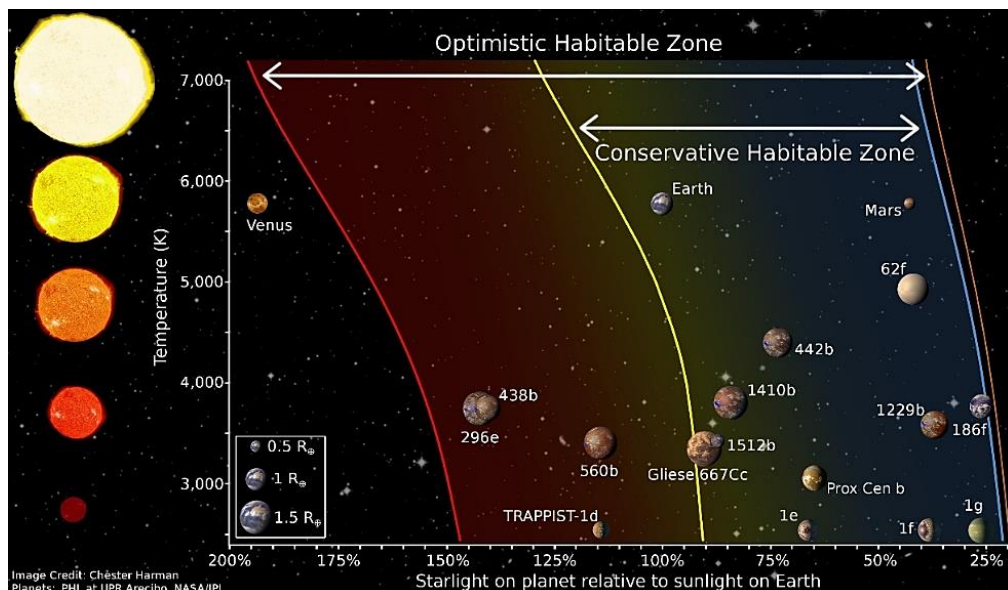


Рис. 1. Розміри та розташування зони, придатної для життя, в залежності від типу зіри

Джерело: <https://www.universetoday.com/139699/with-all-these-new-planets-found-in-the-habitable-zone-maybe-its-time-to-fine-tune-the-habitable-zone/>.

Розпочнемо з того, що зоря, навколо якої обертається екзопланета, повинна відповідати багатьом умовам – зокрема, бути відносно багатою металами.

Досить жорстке обмеження має бути накладене на місце розташування зорі, і на форму орбіти планети. Чимало складнощів виникає і з зоною життя (рис. 1) навколо зорі – тієї області, в якій вода на планеті може перебувати в рідкому стані. У гарячих зір ця зона досить широка, але розташовується дуже далеко від зорі. У холодних зір зона життя, навпаки, дуже вузька, зате розташована поруч.

Межі населеної зони встановлюються, виходячи з вимог наявності на планетах, що перебувають в ній, води в рідкому стані, оскільки вона є необхідним розчинником в багатьох біомеханічних реакціях. За зовнішню межу зони населеності планета не отримує достатньо сонячної радіації, щоб компенсувати втрати на випромінювання, і її температура опуститься нижче точки замерзання води. Планета, яка розташована ближче до світила, ніж внутрішня межа зони населеності, буде надмірно нагріватися, в результаті чого вода випарується.

Планети в зонах населеності дуже цікавлять вчених, які шукають як позаземне життя так і майбутні планети для заселення.

Враховуючи наведене вище, дослідження екзопланет за допомогою віртуального середовища Stellarium дозволить здобувачам освіти відчувати себе дослідниками космічних об'єктів, а також сприятиме формуванню знань, дослідницьких умінь та навичок.

## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

З метою з'ясування стану дослідженості проблеми в педагогічній теорії та практиці використано: теоретичні методи – аналіз, порівняння, систематизація та узагальнення навчально-методичних, наукових та прикладних джерел, електронних ресурсів з проблеми дослідження.

## МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

### Дослідження планетної системи TOI 700.

6 січня 2020 року агентство Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) виявило планету приблизно розміром із Землю в придатній для життя зоні своєї зорі, зоні, де рідка вода може існувати на поверхні планети. Нова екзопланета, відома як TOI 700d, знаходиться всього в 101,5 світлових роках від Землі, що робить її гідним кандидатом для подальших спостережень.

TOI-700			
Тип: планетна система			
Величина: <b>13.00</b>			
ПС/Сжил (J2000.0): 6h28m23.00s/-65°34'46.0"			
ПС/Сжил (на дату): 6h28m26.17s/-65°35'35.8"			
ГК/Сжил: 16h26m06.54s/-65°35'35.8"			
Аз/Вис: +140°50'44.0"/-53°06'38.9"			
Гал. довг./шир.: -84°31'51.1"/-26°52'52.0"			
Супергал. довг./шир.: -149°57'56.6"/-39°55'43.1"			
Екл. довг./шир. (J2000.0): +164°26'25.4"/-86°57'40.0"			
Екл. довг./шир. (на дату): +164°40'43.3"/-86°57'38.2"			
Відхилення екліптики (на дату): +23°26'13.1"			
Середній сидеричний час: 22h54m33.7s			
Видимий сидеричний час: 22h54m32.7s			
Проходження: 23h46m			
Це об'єкт ніколи не сходить			
Паралактичний кут: -82°25'15.1"			
Сузір'я MAO: Dog			
Спектральний тип: <b>M2V</b>			
Відстань: 101.52 св.р.			
Металічність [Fe/H]: -0.070			
Маса: 0.416 $M_{\text{Сонце}}$			
Радіус: 0.42000 $R_{\text{Сонце}}$			
Ефективна температура: 3480 K			
Екзопланета	b	c	d
Назва	—	—	—
Період (днів)	9.98	16.05	37.43
Маса ( $M_{\text{Ю}}$ )	0.00	0.02	0.01
Радіус ( $R_{\text{Ю}}$ )	0.1	0.2	0.1
Велика піввісь (а.о.)	0.0637	0.0925	0.1630
Ексцентриситет	0.032	0.033	0.032
Нахил орбіти (°)	89.7	88.9	89.7
Кутова відстань (")	—	—	—
Рік відкриття	2020	2020	2020
Спосіб визначення	Основне проходження	Основне проходження	Основне проходження
Клас планети	—	—	M-Тепла Як Земля

Рис. 2. Характеристики TOI 700

Джерело: [www.stellarium.org/uk/](http://www.stellarium.org/uk/).

Для знаходження розмірів та розташування зони, придатної для життя, нам потрібні офіційні дані деяких характеристик материнської зорі (червоний карлик спектрального M2V), які можна знайти на офіційному сайті NASA (<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>) або скориставшись можливостями астропрограми Stellarium (рис. 2).

Зоря випромінює енергію у вигляді світла згідно з законом чорного тіла, і, отже, потік випромінювання з одиниці площі поверхні зорі залежить від її ефективної температури. Що вища температура поверхневих шарів, тим більше енергії

випромінюється з одиниці площі поверхні зорі за секунду. Одночасно, збільшення площі поверхні зорі, яке пропорційне квадрату її радіуса, призводить до збільшення її світності:

$$L = \sigma T^4 \cdot S = \sigma T^4 \cdot 4\pi R^2, \tag{1}$$

де  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Bm}{m^2 \cdot K^4}$  – стала Стефана-Больцмана.

Знайдемо світність материнської зорі планетної системи TOI 700, скориставшись астрономічними характеристиками цієї системи, наведеними в середовищі Stellarium (рис. 2).

$$L = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Bm}{m^2 \cdot K^4} \cdot (3480K)^4 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot (0,42 \cdot 6,95 \cdot 10^8 m)^2 = 0,089039 \cdot 10^{26} Bm \tag{2}$$

Повна енергія, що випромінює зоря за одиницю часу пов'язана з відстанню на якій її визначають обернено квадратичною залежністю, тому чим далі від зорі перебуває планета, тим менша світлова енергія материнської зорі потрапляє на одиницю її поверхні. На деякій відстані від зорі температура на поверхні планети дорівнюватиме  $T_K = 373,16$  K (температура кипіння води на Землі за нормальних умов). Саме це значення дає ближню межу  $r_{min}$ , де вода може перебувати в рідкому стані. Із віддаленням планети від зорі, повна світлова енергія, що потрапляє на її поверхню, зменшується й на деякій відстані від зорі температура поверхні планети буде  $T_3 = 273,16$  K (температура замерзання води на Землі за нормальних умов). Ця відстань дає зовнішню межу  $r_{max}$ , до якої вода ще може існувати у рідкому стані.

Враховуючи наведене вище, з (1) та (2) нескладно знайти межі зони, придатної для життя, материнської зорі планетної системи TOI 700:

$$r_{min} = \sqrt{\frac{L}{4\pi\sigma T_K^4}} = \sqrt{\frac{0,089039 \cdot 10^{26} Bm}{4 \cdot 3,14 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Bm}{m^2 \cdot K^4} \cdot (373,16K)^4}} = 0,1289 a.o.$$

$$r_{max} = \sqrt{\frac{L}{4\pi\sigma T_K^4}} = \sqrt{\frac{0,089039 \cdot 10^{26} Bm}{4 \cdot 3,14 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Bm}{m^2 \cdot K^4} \cdot (273,16K)^4}} = 0,2405 a.o.$$

Отже, згідно отриманих розрахунків, зона населеності, лежить в межах 0,1289-0,2405 а.о (рис. 3).

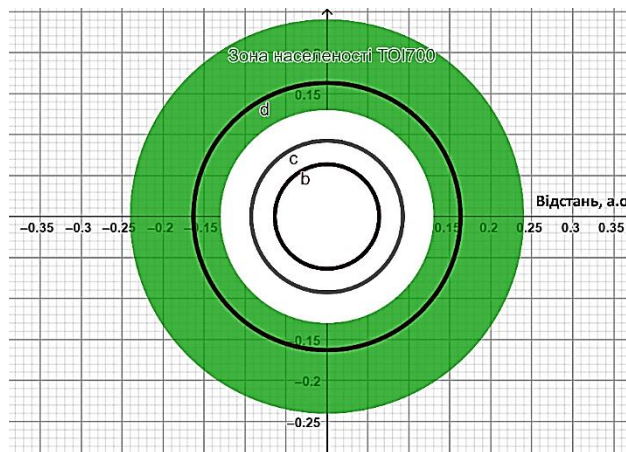


Рис. 3. Розраховані розміри та розташування зони, придатної для життя, а також орбіти екзопланет планетної системи TOI 700.

Джерело: авторська розробка.

Враховуючи характеристики екзопланет (рис. 2) планетної системи зорі TOI 700, можна зробити наступні висновки (рис. 3): в зону населеності, на жаль, не потрапляють екзопланети TOI 700b (велика піввісь орбіти 0,0637 а.о.) TOI 700c (велика піввісь орбіти 0,0925 а.о.); екзопланета TOI 700d перебуває в зоні, придатній для життя (велика піввісь орбіти 0,163 а.о.).

Правильність отриманих розрахунків зони населеності зорі планетної системи TOI 700 та екзопланет, що перебувають в цій зоні, можна перевірити на спеціалізованих сайтах (рис. 4).

Порівнюючи отримані нами результати з результатами, які вказані на офіційному сайті NASA (<http://www.hzgallery.org/>), можна зробити висновки:

1) Отримана ближня межа зони населеності планетної системи зорі TOI 700 (0,1289 а.о.) добре корелює з офіційними даними (<https://exoplanets.nasa.gov/>) (0,12-0,16 а.о.);

2) Отримана дальня межа зони населеності планетної системи зорі TOI 700 (0,2405 а.о.) дещо менша, якщо порівнювати її з офіційними даними (<http://www.hzgallery.org/>) (0,31-0,32 а.о.), а, отже, отримана нами зона населеності дещо вужча.

Отриману дещо вужчу зону населеності можна пояснити тим, що під час визначення інтервалу зони, придатної для життя, слід враховувати багато факторів, одним з яких є вплив додаткових парникових газів, таких як  $CH_4$  і  $H_2$ . Наявність цих газів робить цю зону дещо ширшою (рис. 5), ніж та, що передбачається класичним визначенням «habitable zone» (<http://astro.twam.info/hz/>).

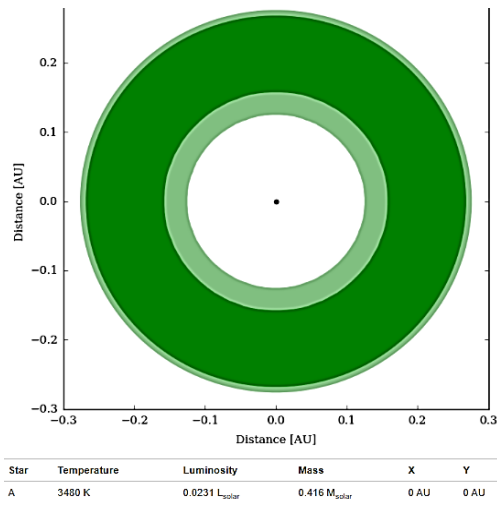
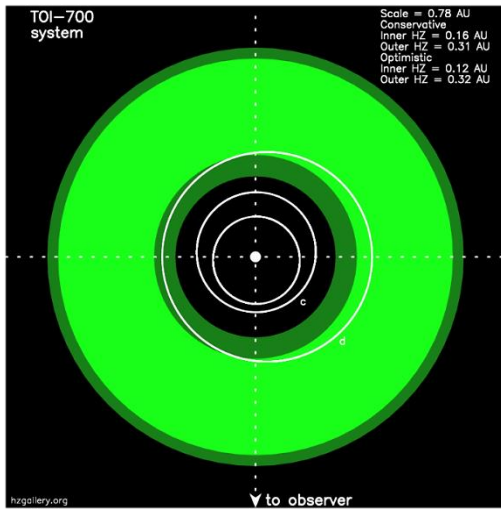


Рис. 4. Розміри та розташування зони, придатної для життя  
 Джерело: а) <http://www.hzgallery.org/>; б) <http://astro.twam.info/hz/>.

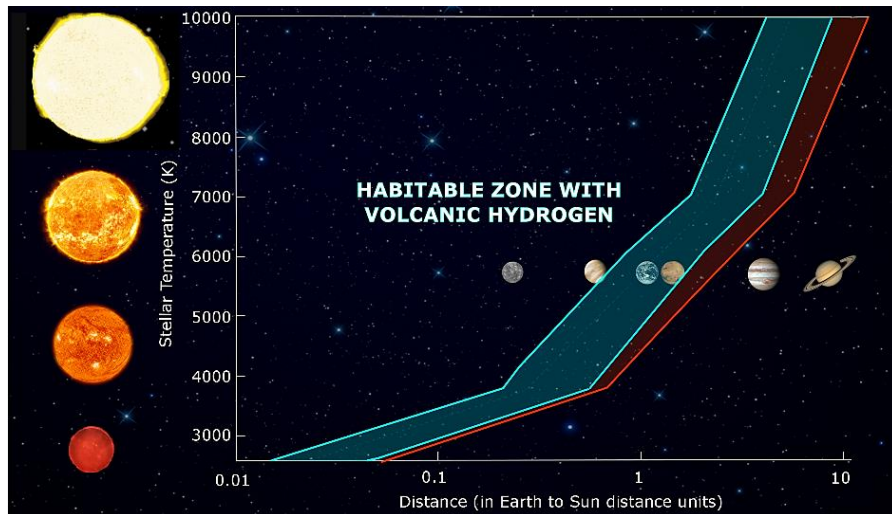


Рис. 5. Температура зірки в порівнянні з відстанню від зірки в порівнянні з Землею для класичної зони, придатної для життя (затінена синім кольором) та продовженням вулканічної зони, придатної для життя (затінена червоним кольором)  
 Джерело: <https://www.universetoday.com/139699/with-all-these-new-planets-found-in-the-habitable-zone-maybe-its-time-to-fine-tune-the-habitable-zone/>.

Опитування здобувачів освіти щодо ефективності виконання практичних завдань з використанням віртуальної лабораторії в освітній діяльності показало, що на запитання: «Чи сприяють завдання дослідницького характеру активізації пізнавального інтересу до вивчення навчальної дисципліни?» 82 % студентів дали позитивну відповідь (рис. 6); 74 % – вважають що завдання такого типу забезпечують формування та/або удосконалення знань з фізики, астрономії, математики, інформатики, а також – умінь систематизувати, аналізувати, узагальнювати тощо.

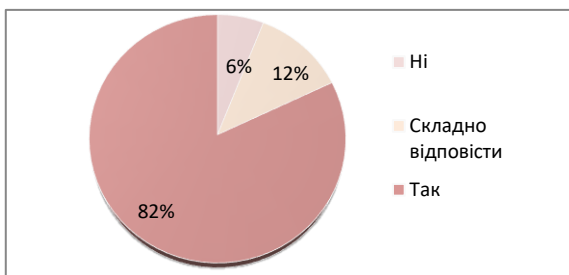


Рис. 6. Розподіл відповідей на запитання: «Чи сприяють завдання дослідницького характеру активізації пізнавального інтересу до вивчення навчальної дисципліни?»  
 Джерело: авторська розробка.



Рис. 7. Розподіл відповідей на запитання: «Формування та/або удосконалення яких знань, умінь забезпечують завдання дослідницького характеру?»  
 Джерело: авторська розробка.

Такий вид діяльності забезпечує формування у здобувачів освіти якостей дослідника, а саме: здатність працювати з великим обсягом інформації, вміння систематизувати, аналізувати, узагальнювати, формулювати змістовні висновки, здатність до самостійності тощо.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

У дослідженні проаналізовано поняття «компетентність», «дослідницька компетентність» у процесі вивчення фізики та астрономії, уточнено поняття дослідницької компетентності а, саме, – це здатність учасників освітнього процесу до виконання завдань, що передбачають моделювання та дослідження фізичних та астрономічних явищ і процесів з використанням спеціалізованого програмного середовища; запропоновано завдання з використанням віртуального планетарію Stellarium для дослідження характеристик екзопланет, які сприяють розвитку дослідницької компетентності.

Пропонований алгоритм дослідження екзопланет може бути використаний здобувачами освіти та вчителями як дидактичний матеріал для творчих та індивідуальних навчально-дослідних завдань.

Використання інформаційно-цифрових технологій забезпечує розвиток та активізацію пізнавального інтересу здобувачів освіти, розвиток аналітичного, логічного, критичного, творчого мислення; формування дослідницьких умінь та навичок, можливість самонавчання та вміння критично аналізувати результати власної діяльності, інтелектуальних та пошуково-творчих здібностей, оптимізацію навчально-пізнавальної діяльності, знайомить здобувачів освіти з методами наукового дослідження.

**Перспективи подальших наукових досліджень** вбачаються у розробці компонентної моделі дослідницької компетентності при вивченні фізики та астрономії та деталізації специфіки її використання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Головань, М. С. (2012). Сутність та зміст поняття «дослідницька компетентність». *Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі: збірник наукових праць*, VII, 55–62.
2. Закон України «Про освіту» (2017). Відомості Верховної Ради, 38-39, 380. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
3. Сосницька, Н. Л. (2019). Формування науково-дослідницької компетентності при навчанні фізики на засадах STEM-освіти. *Науковий вісник Льотної академії. Серія: Педагогічні науки. Збірник наукових праць*, 5, 422–428.
4. Федчишин, О. М., & Мохун, С. В. (2020). Тестові завдання міжпредметного змісту для формування природничо-наукової компетентності учнів на уроках фізики. *Фізико-математична освіта*, 1(23), 129-133. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-023-1-021>.
5. Carey, B. (2015). Stanford research shows how to improve students' critical thinking about scientific evidence. URL: <http://news.stanford.edu/2015/08/17/thinking-holmes-wieman-081715/>.
6. Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y., & Sung, Y. T. (2008). Effects of learning support in simulation based physics learning. *Computers & Education*, 51 (4), 1486–1498.
7. *Exoplanet exploration* (n.d.). URL: <https://exoplanets.nasa.gov/>.
8. *Habitable Zone Gallery* (n.d.). URL: <http://www.hzgallery.org/>.
9. *Habitable Zones in Multiple Star Systems* (n.d.). URL: <http://astro.twam.info/hz/>.
10. Hamed, G., & Aljanazah, A. (2020). The effectiveness of using virtual experiments on students' learning in the general physics lab. *Journal of Information Technology Education: Research*, 19, 977 – 996.
11. Husnaini, S., & Chen S. (2019). Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Physical Review Physics Education Research*, 15 (1), 1-16. <https://doi.org/10.1103/physrevphyseducre.15.010119>.
12. Jones, G. (2003). *Developing Physics Competences - the University Sector Framework*. Imperial College London.
13. Lagunes Dominguez, A., & Judikis, J. (2016). Development Of A Research Competence In University Students Through Blended Learning. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 11, 668-673.
14. Mji, A., & Makgato, M. (2006). Factors associated with high school learners' poor performance: A spotlight on mathematics and physical science. *South African Journal of Education*, 26(2), 253- 266.
15. Msoka, V. C., Kissaka, M. M., Kalinga, E. C., & Mtebe, J. S. (2015). Developing and Piloting Interactive Physics Experiments for Secondary Schools in Tanzania. *Journal of Learning for Development*, 2(2). <https://doi.org/10.56059/jl4d.v2i2.121>.
16. NASA Exoplanet Archive (n.d.). URL: <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>.
17. Persson, Jonas & Eriksson, Urban. (2016). Planetarium software in the classroom. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3451.4000>.
18. Risma, M., & Eka, P. (2019). Stellarium as An Interactive Multimedia to Enhance Students' Understanding and Motivation in Learning Solar System, *Proceedings of the 7th Mathematics, Science, and Computer Science Education International Seminar, MSCEIS 2019, Bandung, West Java, Indonesia*. <https://doi.org/10.4108/eai.12-10-2019.2296343>.
19. Stellarium (n.d.). URL: [www.stellarium.org/uk/](http://www.stellarium.org/uk/).
20. Universe Today (n.d.). URL: <https://www.universetoday.com/139699/with-all-these-new-planets-found-in-the-habitable-zone-maybe-its-time-to-fine-tune-the-habitable-zone/>.

## REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Holovan, M. S. (2012) Sutnist ta zmist poniattia «doslidnytska kompetentnist» [The essence and content of the concept of «research competence»]. *Teoria ta metodyka navchannia fundamentalnykh dystsyplyn u vyshchii shkoli: zbirnyk naukovykh prats - Theory and methods of teaching fundamental disciplines in higher education: a collection of scientific papers*, VII, 55–62 (in Ukrainian).
2. Zakon Ukrainy «Pro osvitu» [Law of Ukraine «On Education»]. (2017). *zakon.rada.gov.ua*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>. (in Ukrainian).
3. Sosnytska, N. L. (2019). Formuvannia naukovo-doslidnytskoi kompetentnosti pry navchanni fizyky na zasadakh STEM-osvity [Formation of research competence in teaching physics on the basis of STEM education]. *Naukovyi visnyk Lotnoi akademii. Serii: Pedagogichni nauky. Zbirnyk naukovykh prats - Scientific Bulletin of the Flight Academy. Series: Pedagogical sciences. Collection of scientific papers*. Kropyvnytskyi, 5, 422–428. (in Ukrainian).
4. Fedchyshyn, O., & Mokhun, S. (2020). Testovi zavdannia mizhpredmetnoho zmistu dla formuvannia pryrodnycho-naukovoї kompetentnosti uchniv na urokakh fizyky [Test tasks of interdisciplinary content for the formation of students' natural science competence in physics lessons]. *Fizyko-matematychna osvita - Physical and mathematical education*, 1(23), 129-133. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-023-1-021>. (in Ukrainian).

5. Carey, B. (2015). Stanford research shows how to improve students' critical thinking about scientific evidence. URL: <http://news.stanford.edu/2015/08/17/thinking-holmes-wieman-081715/>.
6. Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y., & Sung, Y. T. (2008). Effects of learning support in simulation based physics learning. *Computers & Education*, 51 (4), 1486–1498.
7. *Exoplanet exploration* (n.d.). URL: <https://exoplanets.nasa.gov/>.
8. *Habitable Zone Gallery* (n.d.). URL: <http://www.hzgalleries.org/>.
9. *Habitable Zones in Multiple Star Systems* (n.d.). URL: <http://astro.twam.info/hz/>.
10. Hamed, G., & Aljanazah, A. (2020). The effectiveness of using virtual experiments on students' learning in the general physics lab. *Journal of Information Technology Education: Research*, 19, 977 – 996.
11. Husnaini, S., & Chen S. (2019). Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Physical Review Physics Education Research*, 15 (1), 1-16. <https://doi.org/10.1103/physrevphyseduces.15.010119>.
12. Jones, G. (2003). *Developing Physics Competences - the University Sector Framework*. Imperial College London.
13. Lagunes Dominguez, A., & Judikis, J. (2016). Development Of A Research Competence In University Students Through Blended Learning. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 11, 668-673.
14. Mji, A., & Makgato, M. (2006). Factors associated with high school learners' poor performance: A spotlight on mathematics and physical science. *South African Journal of Education*, 26(2), 253- 266.
15. Msoka, V. C., Kissaka, M. M., Kalinga, E. C., & Mtebe, J. S. (2015). Developing and Piloting Interactive Physics Experiments for Secondary Schools in Tanzania. *Journal of Learning for Development*, 2(2). <https://doi.org/10.56059/jl4d.v2i2.121>.
16. NASA Exoplanet Archive (n.d.). URL: <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>.
17. Persson, Jonas & Eriksson, Urban. (2016). Planetarium software in the classroom. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3451.4000>.
18. Risma, M., & Eka, P. (2019). Stellarium as An Interactive Multimedia to Enhance Students' Understanding and Motivation in Learning Solar System, Proceedings of the 7th Mathematics, Science, and Computer Science Education International Seminar, MSCEIS 2019, Bandung, West Java, Indonesia. <https://doi.org/10.4108/eai.12-10-2019.2296343>.
19. Stellarium (n.d.). URL: [www.stellarium.org/uk/](http://www.stellarium.org/uk/).
20. Universe Today (n.d.). URL: <https://www.universetoday.com/139699/with-all-these-new-planets-found-in-the-habitable-zone-maybe-its-time-to-fine-tune-the-habitable-zone/>.

Матеріал надійшов до редакції 07.02.2024р.

