

аспектами, а також забезпечення відповідними програмами і науково-методичними посібниками.

**Список використаних джерел:**

1. Шут М.І., Благодаренко Л.Ю. Новий навчальний предмет «Фізика і астрономія»: науковий та світоглядний аспект. Наукові записки. Випуск 169. Центральний державний педагогічний університет імені Володимира Вінниченка. Кропивницький, 2018. С. 167-171.

**IMPORTANT FACTORS OF THE EFFICIENCY OF ORIENTING YOUTH TO THE ASTRONOMICAL PROFESSION**

**Lyudmila Blagodarenko** – Doctor of Science, Professor

**Serhii Vasylenko** – Associate Professor

*The theses emphasize that professional orientation work in the direction of astronomy-oriented professions can be effectively carried out only if students have a certain set of knowledge in astronomy, which will allow them to understand the purpose and content of a particular specialization in the field of astronomy. A model of the formation of elements of knowledge in astronomy combined with elements of professional orientation during the education of students in the 7th-9th grades in physics lessons or due to the hours of the variable component of the curriculum is proposed.*

**Keywords:** elements of knowledge in astronomy, professional orientation, model of formation of elements of knowledge in astronomy in a complex with elements of professional orientation.

**ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СУЧАСНИХ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПРИ ВИВЧЕННІ АСТРОНОМІЇ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

**Вікторія Думенко** – канд. тех. наук, доцент

*У статті обґрунтовано використання результатів сучасних астрономічних спостережень для формування астрономічних компетентностей у студентів, представлено рекомендації щодо розробки лабораторних робіт та задач на основі результатів спостережень космічного телескопа James Webb.*

**Ключові слова:** космічний телескоп James Webb, астрономічні спостереження, спектральний аналіз.

На сучасному етапі розвитку людства астрономічні дослідження відіграють особливо важливу роль та їх цінність невіддільно зростає. Вона обґрунтовується значенням космічних досліджень для ефективного функціонування високотехнологічного суспільства та світоглядним значенням досліджень Всесвіту для розуміння сучасної науково-природничої картини світу. На сьогодні дослідження будови та еволюції Всесвіту набувають широких можливостей з використанням космічних телескопів нового покоління. При вивченні астрономії важливим є використання результатів сучасних астрономічних спостережень, зокрема, отриманих телескопом *James Webb Space Telescope* для формування астрономічних компетентностей майбутнього вчителя фізики і астрономії та з метою популяризації астрономії як науки - науки минулого, теперішнього та майбутнього, яка робить внесок у розвиток інших наук; галузь знань, в якій маса запитань, досліджень і розвиток якої потрібно підтримувати інтелектуальним потенціалом підростаючих поколінь.

Науковий журнал «Science» назвав космічний телескоп "Джеймс Вебб" найбільшим науковим проривом 2022 року. Названий на честь керівника НАСА 1960-х, велетенський апарат, який нерідко називають наступником "Габбла", допоможе вченим

зазирнути на мільярди років у минуле, побачити Всесвіт зовсім юним і детально вивчити, як з пилу Великого вибуху народжуються найперші зірки й галактики.

Неоціненні дані, по крихті зібрані золотим дзеркалом обсерваторії, відкриють нам таємниці часу й простору, розкажуть про еволюцію галактик - а можливо, допоможуть знайти людству новий дім [1].

**Космічний телескоп ім. Джеймса Вебба** (*James Webb Space Telescope, JWST*) американський орбітальний інфрачервоний космічний телескоп призначений для широкого спектра спостережень в астрономії і космології, зокрема, спостереження найвіддаленіших об'єктів і подій у Всесвіті (рис.1). Проект здійснюється шляхом міжнародної співпраці 17 країн, на чолі з НАСА, зі значним внеском Європейського та Канадського космічних агенств. Загальна вартість проекту перевищила 10 млрд \$.

Телескоп успішно запущено о 12:20 UTC 25 грудня 2021 року ракетою-носієм Аріан -5.. Він прибув до точки Лагранжа Сонце - Земля L2 у січні 2022 року. Перше зображення було опубліковано на прес-конференції 11 липня 2022 р. Уже в перші тижні своєї роботи JWST вдалося зробити відкриття, можливо, найвіддаленішого астрономічного об'єкта за історію спостережень - галактики GLASS-z13 [1].



Рис. 1. James Webb Space Telescope

Основні напрямки досліджень **JWST**:

- Дослідження раннього Всесвіту: світло перших галактик, одразу після епохи космологічних темних віків;
- Вивчення еволюції галактик: Веббу будуть доступні тьмяніші й віддаленіші галактики для спостереження;
- Еволюція зір: телескоп здатен зазирнути всередину масивних газопилових хмар, які непрозорі для видимого світла;
- Спектроскопія екзопланет: Вебб може знайти такі маркери життя (або придатності до життя) як вода чи метан у спектрах екзопланет.

Основні завдання будуть вирішуватись з використанням інтегрованого науково-інструментального модуля (*Integrated Science Instrument Module, ISIM*), складається з таких дослідницьких інструментів:

- Камера ближнього інфрачервоного діапазону (*Near-Infrared Camera, NIRCam*).
- Спектрограф ближнього інфрачервоного діапазону (*Near-Infrared Spectrograph, NIRSpec*).
- Прилад для роботи в середньому діапазоні інфрачервоного випромінювання (*Mid-Infrared Instrument, MIRI*).
- Датчик точного наведення з пристроєм формування зображення в ближньому інфрачервоному діапазоні з безщілинним спектрографом (*Fine Guidance Sensor/Near InfraRed Imager and Slitless Spectrograph, FGS/NIRISS*).

Такі напрями досліджень з використанням . James Webb Space Telescope є можливими за рахунок використання інфрачервоних довжинах хвиль, тобто «тепла» від віддалених об'єктів. Наприклад, камера середнього інфрачервоного діапазону (MIRI) є чутливою достатньо, щоб виявити свічку на одному із супутників Юпітера! Отримання

інфрачервоного зображення є технологією «нічного бачення», яка може знаходити теплі предмети вночі через тепло, яке вони випромінюють. Інфрачервона астрономія використовується з 1960-х років для аналогічного зображення далеких планет, зірок і галактик, щоб досліджувати їхні властивості, які не можна помітити в оптичному діапазоні довжин хвиль. Серед найбільш захоплюючих аспектів цієї технології є те, що інфрачервоне світло може проникати крізь хмари міжзоряного пилу, відкриваючи приховані всередині молоді зірки.

При викладанні астрономії важливо використовувати сучасні зображення отримані JWST.

*Найновіші результати, які було отримані у 2023 році.*

У лютому 2023 року на сайті NASA розміщено фотографію Урана, зроблену космічним телескопом імені Джеймса Вебба. Як вказують в агентстві, це найдокладніший знімок планети з усіх, які будь-коли вдавалося отримати.

Вона була зроблена з використанням двох фільтрів та з короткою 12-хвилинною експозицією (рис.2). На новому зображенні Урана добре видно 11 із 13 відомих кілець планети, деякі з яких настільки яскраві, що трохи зливаються одне з одним. Що дійсно вразило астрономів, так це той факт, що камера ближнього інфрачервоного діапазону (NIRCam) має достатню чутливість, щоб сфотографувати два найближчих до планети кільця. Також можна розглянути шість із 27 відомих вченим супутників планети-гіганта. Це найяскравіші з місяців; решта занадто тьмяні, щоб їх можна було побачити за відносно коротку 12-хвилинну експозицію. У NASA уточнюють, що кадр був отриманий за допомогою NIRCam (Near-InfraRed Camera, камера ближнього інфрачервоного діапазону) [3].

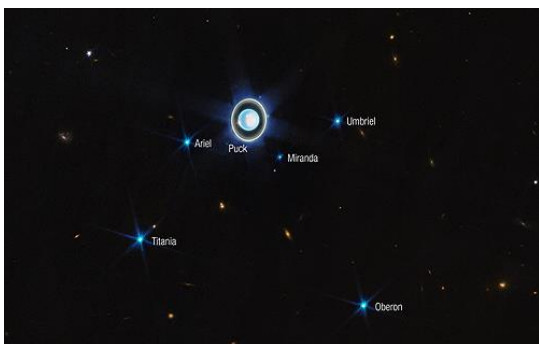


Рис. 2. Фотографія Урана, зроблена космічним телескопом імені Джеймса Вебба

07.04.2023: Вебб отримав зображення залишку наднової Кассіопеї А (Cas A) (рис.3), утворений зоряним вибухом 340 років тому. Cas A є наймолодшим відомих залишком масивної зірки, що вибухає, у нашій галактиці, що робить її унікальною можливістю дізнатися більше про

те, як виникають такі наднові. Спостереження виявили, що навіть дуже молоді галактики в ранньому Всесвіті просякнуті величезною кількістю пилу. Важко пояснити походження цього пилу, не звертаючись до наднових, які викидають велику кількість важких елементів (цеглинок пилу) у космос. Однак існуючі спостереження за надновими не змогли остаточно пояснити кількість пилу, який ми бачимо в тих ранніх галактиках. Вивчаючи Cas A разом з Веббом, астрономи сподіваються отримати краще розуміння вмісту пилу, що може допомогти нам зрозуміти, де створюються будівельні блоки планет і нас самих. Наднові, подібні до тієї, яка сформувала Cas A, мають вирішальне значення для життя, яким ми його знаємо. Вони поширюють міжзоряним простором такі елементи, як кальцій, який ми знаходимо в наших кістках, і залізо в нашій крові, створюючи нові покоління зірок і планет [3].

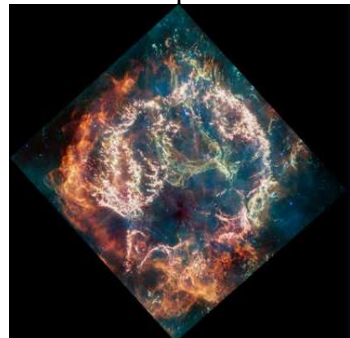


Рис. 3. Зображення залишку наднової Кассіопеї А

Космічний телескоп Джеймса Вебба (JWST), виявив і найдавнішу надмасивну чорну діру (рис.4), маса якої в 10 мільйонів разів перевищує масу Сонця, що активно росте, поглинаючи речовину з простору навколо себе. Космічний

монстр міг бути лише однією з незліченних чорних дір, які ставали все більшими розмірами під час космічного світанку - періоду, який почався приблизно через 100 мільйонів років після Великого вибуху, коли молодий Всесвіт світився протягом мільярда років [4].

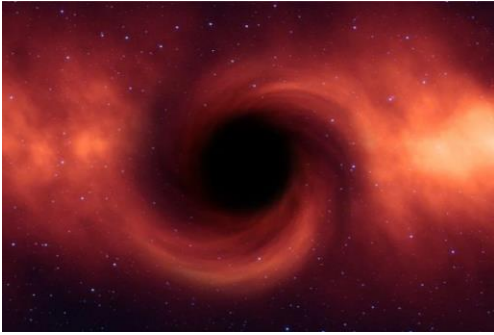


Рис. 4. Зображення найдавнішої надмасивної чорної діри

Використання зображень Вебба при проведенні практичних занять з астрономії

1) Визначення відстані до галактик за червоним зміщенням у їх спектрах

У спектрах далеких галактик лінії зміщені у бік червоного кінця спектра (червоний зсув).

$$v_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda}, \quad (1)$$

За законом Хаббла

$$v_r = Hr, \quad (2)$$

Однак при великих швидкостях, порівнянних зі швидкістю світла  $c$ , формула (2) стає неточною. Відповідно до спеціальної теорії відносності променева швидкість

$$v_r = c \frac{\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1\right)^2 - 1}{\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1\right)^2 + 1}, \quad (3)$$

Пропонується визначити відстані до галактик спектри яких було отримано JWST Використовуючи прилад Вебба NIRCam, вчені спостерігали поле в дев'яти різних діапазонах інфрачервоних хвиль. На рис.5 зображено спектри слабких галактик, видимі в інфрачервоному діапазоні. Чотири з досліджених галактик є особливо особливими, оскільки було виявлено, що вони належать до безпрецедентно ранньої епохи. Ці галактики датуються менш ніж 400 мільйонами років після Великого вибуху, коли вік Всесвіту становив лише 2% свого поточного віку.

2) Дослідження спектрів атмосфер планет та екзопланет

Одним із важливих методів у дослідженні планет та екзопланет є спектральний аналіз.

Сонячне світло, спектр якого добре вивчений, відбивається від атмосфер і поверхонь планет, зазнаючи в них часткове поглинання. По змін в спектрі відбитого планетою світла в порівнянні з сонячним судять про хімічний склад планетних атмосфер і їх поверхонь. За спектрами судять про хімічний склад хвостів і ядер комет, поверхонь тіл Сонячної системи, хмар міжзоряних пилу і газу. Спектр дозволяє визначити і температури небесних тіл. При різних температурах потужність світлового випромінювання по-різному розподіляється по довжині спектра. Чим поверхню зірки холодніше, тим більше максимум її випромінювання зсувається до області червоного світла, і навпаки. Розуміння співвідношення різних елементів по відношенню один до одного також дає підказки щодо того, як утворилася планета.



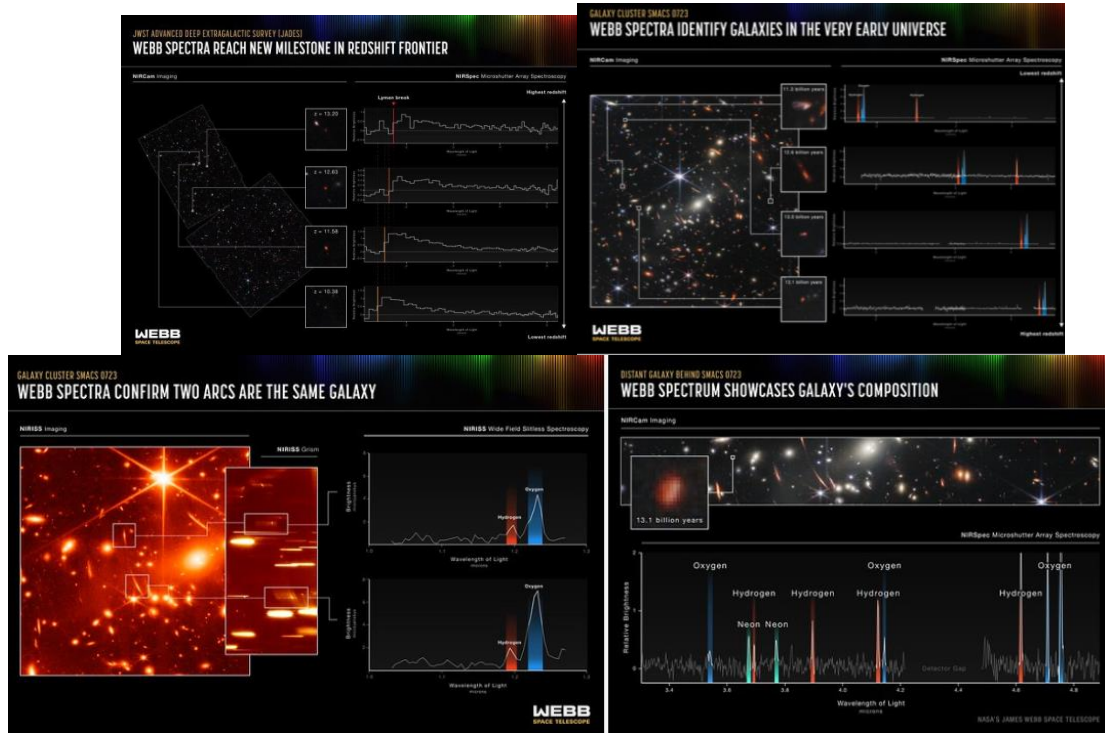


Рис. 5. Спектри галактик [5]

На основі порівняння спектрів з'ясувати хімічний склад атмосфер та проаналізувати можливості для виникнення життя на екзопланетах. Спектри атмосфер екзопланет, Землі і Марса представлено на рис.6.

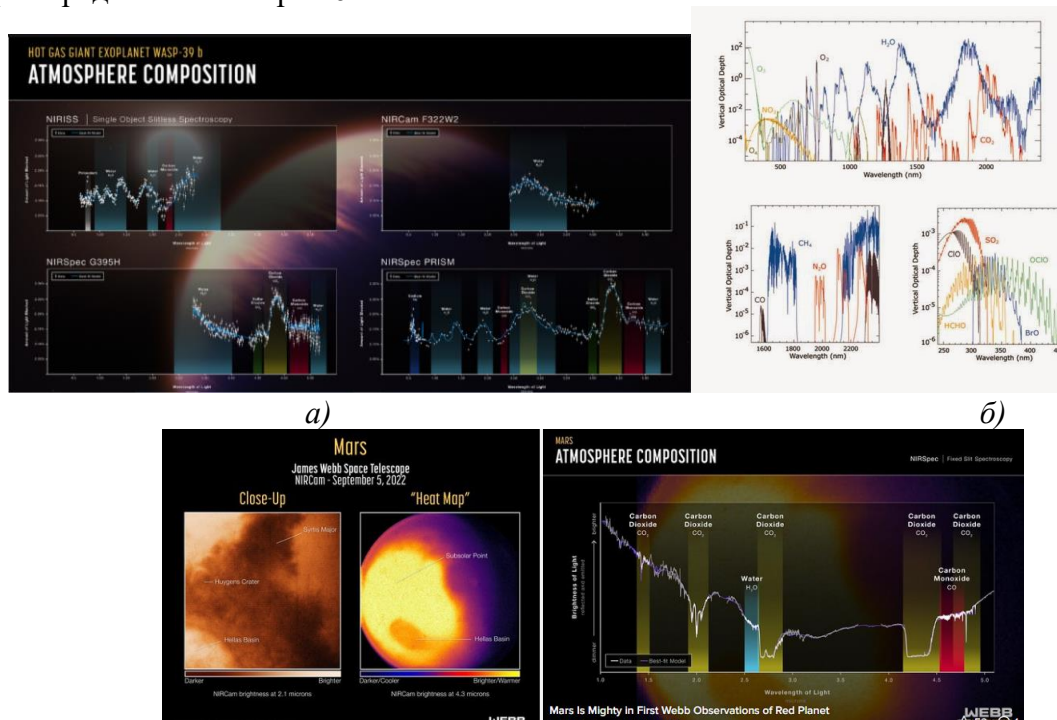


Рис. 6 Спектри атмосфер: екзопланет (а); Землі (б); Марса (в) [5]

## Розв'язування задач з астрономії на основі результатів сучасних досліджень.

### Задача 1. *Black Holes*...

Завдяки двом орбітальним рентгенівським обсерваторіям астрономи отримали перші вагомі докази того, що надмасивна чорна діра розриває зірку та поглинає її частину. Ця

подія, зафіксована рентгенівськими обсерваторіями NASA Chandra та ESA XMM-Newton, давно передбачалася теорією, але ніколи не була підтверджена досі (рис.7).



Рис. 7. Надмасивна чорна діра

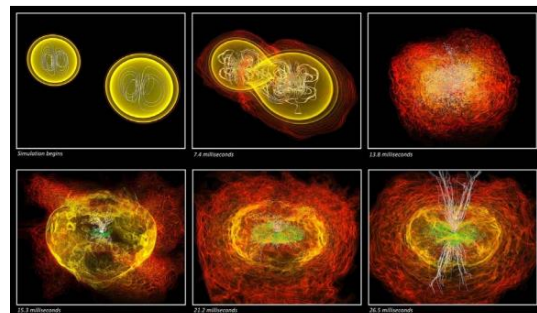
1) Радіус Шварцшильда чорної діри визначається формулою  $R = 2,83 M$ , де  $R$  — радіус у кілометрах, а  $M$  — маса чорної діри в одиницях маси Сонця. Надмасивна чорна діра може мати масу в 100 мільйонів разів більше Сонця. Чому дорівнює її радіус Шварцшильда в: а) кілометрах б) в астрономічних одиницях.

2.) Якщо маса Сонця становить  $1,9 \cdot 10^{33}$  г, скільки сонць на рік має споживати надмасивна чорна діра 3C273: а) при 100% ефективності перетворення? б) При ефективності перетворення чорної діри 7%? Примітка: 7% ефективності означає, що на кожні 100 грамів 7 грамів перетворюються на чисту енергію

### Задача 2. Supercomputers - Modeling colliding neutron stars!

Моделювання зображення суперкомп'ютером на 0,0, 0,007, 0,014, 0,015, 0,021 і 0,026 секунди процесів, що відбувається з двома нейтронними зірками, коли вони стикаються та зливаються (рис.8). Кожна нейтронна зірка, щільне ядро зірки після наднової, має масу приблизно в 1,5 рази більшу за масу Сонця.

Рис. 8. Моделювання зображення суперкомп'ютером процесів, що відбувається з двома нейтронними зірками [5]



1) З якою швидкістю дві нейтронні зірки наближалися одна до одної між 0,007 і 0,014 секунди після зорі, яка була обчислена?

2) Радіус чорної діри з масою  $M$  мас Сонця визначається формулою  $R = 3,0 M$ , де  $R$  — радіус горизонту подій у кілометрах. Якщо останнє розраховане зображення на 0,026 секунди представляє остаточний розмір злиття нейтронної зірки, чи стане вона чорною дірою?

Рис. 9. Сонячне цунамі

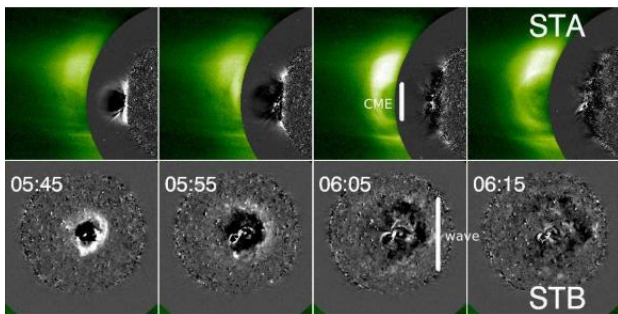


Рис. 9. Сонячне цунамі

### Задача 3. STEREO Watches the Sun Kick Up a Storm!

Сонячне цунамі, яке сталося 13 лютого 2009 року, нещодавно було ідентифіковано за даними супутників NASA STEREO (рис.9). Було помічено, що він мчить по поверхні Сонця. Вибух викинув CME вагою мільярд тонн у космос і спричинив цунамі, що мчить поверхнею Сонця. STEREO записав хвилю з двох позицій, розділених на 90 градусів, даючи дослідникам вражаючий огляд події. Супутник А (STA) надав вид збоку на вибух, який називається корональним викидом маси (CME), а супутник В (STB) спостерігав за вибухом прямо згори. Технічна назва — «швидка магнітогідродинамічна хвиля» або скорочено «МГД-хвиля». Той, який бачив STEREO, мчав назовні зі швидкістю (250 км/с), заповнюючи таку кількість енергії, як 2400 мегатонн тротилу [6].

1) У нижній смузі зображень сонячний диск визначено плямистою круглою областю, фізичний радіус якої становить 696 000 кілометрів. За допомогою міліметрової лінійки визначте масштаб цих зображень у кілометрах/мм.

2) Біле кругле кільце визначає зовнішній край МГД-хвилі, що розширюється. На скільки кілометрів розширилося кільце між 05:45 і 06:15? (Примітка «05:45» означає 5:45 за всесвітнім часом).

3) . Виходячи з ваших відповідей на завдання 1 і 2, якою була приблизна швидкість цієї МГД-хвилі в кілометрах/с?

4) Припустімо, що маса СМЕ становила близько 1 мільйона метричних тонн, скористайтеся своєю відповіддю на завдання 3, щоб обчислити кінетичну енергію, яка буде виражена у джоулях

5) Якщо 1 кілотонна тротилу має вибухову енергію  $4,1 \times 10^{12}$  Джоулів, скільки мегатонн тротилу становить кінетична енергія цунамі?

На сайті NASA Webb Telescope є можливість використати віртуальні ігри: «Score It Out!»- Навчальна гра, яка порівнює простий телескоп із космічним телескопом Джеймса Вебба та космічним телескопом Хаббла (рис.10).

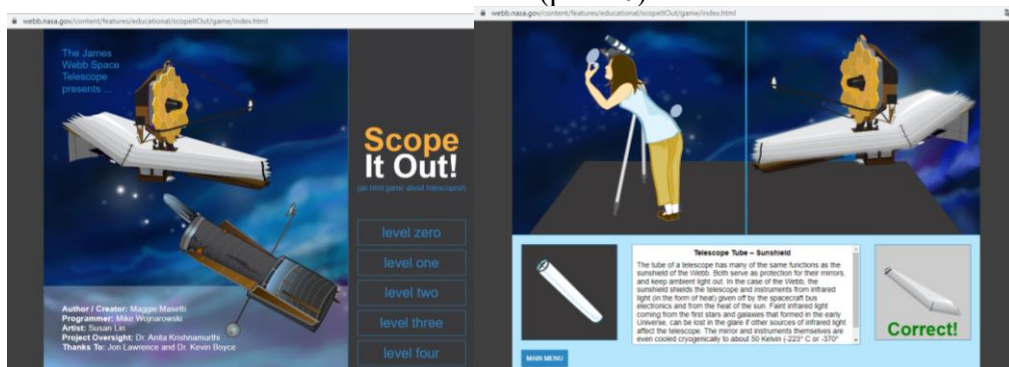


Рис. 10. Вікно віртуальної гри «Scope It Out!» [7]

Build-It-Yourself: Satellite!- навчальна гра в якій можна побудувати власний супутник (рис.11).

Можливо вибрати завдання, для вирішення якого використовуватиметься супутник, а потім вибрати, які довжини хвиль, інструменти та оптика допоможуть їх вирішити. Після запуску власного супутника, можна побачити, як він виглядає, і дізнатися, яка справжня місяця має дані, подібні до створених власноруч. Можна відкрити для себе широкий спектр астрономічних місій, починаючи з 1980-х років і до сьогодні.

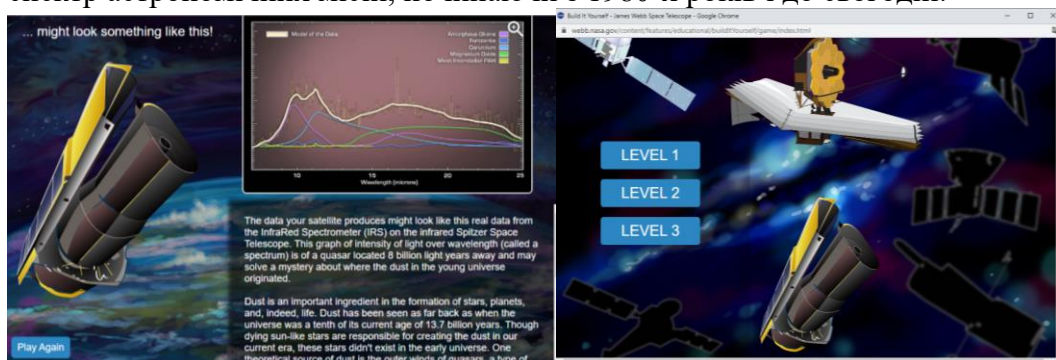


Рис. 11. Вікно віртуальної гри «Build-It-Yourself: Satellite!» [7]

Використання результатів астрономічних спостережень, зокрема спостережень James Webb Space Telescope є важливим для розуміння можливостей сучасних методів досліджень та перспективних напрямків в астрономії, формування уявлень про будову та еволюцію Всесвіту. Запропоновано приклади застосування зображень і результатів



наукових досліджень при викладанні лекційного матеріалу, проведенні лабораторних занять та розв'язуванні задач.

**Список використаних джерел:**

1. "Джеймс Вебб". Найдорожчий у світі телескоп нарешті вийде на орбіту.  
URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-59702557>
2. Rings around Uranus! James Webb Space Telescope captures stunning image of ice giant.  
URL: <https://www.space.com/james-webb-space-telescope-uranus-rings-photo>
3. NASA показало залишки зірки після її "смерті" - фото <https://www.online.ua/>  
URL: <https://scitechdaily.com/journey-to-the-edge-of-time-james-webb-space-telescope-reveals-most-distant-galaxies/>
4. The Earliest Supermassive Black Hole Ever Found Has Just Been Spotted.  
URL: <https://www.sciencealert.com/the-earliest-supermassive-black-hole-ever-found-has-just-been-spotted>
5. Webb Images/Science – 2022.  
URL: <https://www.flickr.com/photos/nasawebbtelescope/albums/72177720301006030>
6. STEREO Watches the Sun Kick Up a Storm!  
URL: <https://spacemath.gsfc.nasa.gov/weekly/6Page92.pdf>
7. Наука та дослідження.  
URL: [https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Webb](https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb)

**USE OF THE RESULTS OF MODERN ASTRONOMICAL OBSERVATIONS IN THE STUDY OF ASTRONOMY IN INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION**

**Viktoriya Dumenko** – PhD, Associate Professor

*The article substantiates the use of the results of modern astronomical observations for the formation of astronomical competences among students, presents recommendations for the development of laboratory works and tasks based on the results of observations of the James Webb space telescope.*

**Key words:** James Webb space telescope, astronomical observations, spectral analysis.

**МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОВЕДЕННЯ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОННИХ РЕСУРСІВ ПІД ЧАС НЕСПРИЯТЛИВИХ ПОГОДНИХ УМОВ**

**Олександр Кузьминський** – канд. пед. наук, ст. викладач

**Наталія Мислицька** – д-р пед. наук, професор

**Віта Демкова** – канд. пед. наук, викладач науково-природничих та математичних дисциплін

*У статті розглянуто можливості використання електронних освітніх ресурсів для проведення віртуальних астрономічних спостережень в умовах несприятливих для реальних спостережень. Запропоновано використання апаратних та програмних засобів, які допоможуть виконати основні педагогічні завдання з астрономії.*

**Ключові слова:** віртуальні астрономічні спостереження, електронні освітні ресурси, гаджети, Stellarium, програмне забезпечення

Астрономічні спостереження є основою сучасної астрономічної науки та освіти. Видатні українські астрономи-дослідники та педагоги, зокрема: Яцків Я. С., Чурюмов К. І., Лозицький В. Г., Криводубський В. Н., Шут М. І., Мартинюк М. Т., Коршак Є. В., Благодаренко Л. Ю., Сиротюк В. Д., Заболотний В. Ф., Крячко І. П., – визначають процес проведення реальних астрономічних спостережень, як один з найінформативніших