

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Хищенко О. О. Особливості організації проектно-технологічної діяльності учнів на уроках технологій / О. О. Хищенко // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 5 : Педагогічні науки: реалії та перспективи. - 2015. - Вип. 51. - С. 292-296. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nchnpu\\_5\\_2015\\_51\\_56](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nchnpu_5_2015_51_56).
2. KNOLL MICHAEL. 1995. "The Project Method: Its Origin and International Influence." In Progressive Education across the Continents. A Handbook, ed. Volker Lenhart and Hermann Röhrs. New York: Lang.
3. Knoll, M.: Europa - nicht Amerika. Zum Ursprung der Projektmethode in der Paedagogik, 1702-1875. In: Paedagogische Rundschau 44 (1991), S. 41.58).

*Гой Віталій*

*Науковий керівник – доц. Мохун Сергій*

### **ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ АСТРОНОМІЇ (ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКЗОПЛАНЕТ)**

У сучасному суспільстві головною метою освітнього процесу є підготовка учнів та студентів до самостійного життя в сучасному суспільстві, тому необхідно навчити їх вчитися, здобувати знання, ставити перед собою конкретні завдання та вирішувати їх, застосовуючи найоптимальніший алгоритм.

У державному освітньому стандарті в якості результатів навчання виступають компетентності. У законі України «Про освіту» [1], 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.

Щоб випускник міг займатися самоосвітою, потрібно сформувати у нього дослідницьку компетентність. Ми в своїй статті зупинимося на формуванні дослідницької компетентності учнів закладів загальної середньої освіти та здобувачів вищої освіти під час вивчення астрономії.

*Завдання виявлення і вивчення екзопланет становить величезний науковий інтерес з точки зору розуміння походження й еволюції планетних систем. До недавнього часу було невідомо, чи є Сонячна система унікальною у Всесвіті, а однозначного уявлення про її походження немає до сих пір. З виявленням перших екзопланет з'явилася можливість поглянути на еволюцію планетних систем зі сторони і побудувати загальну теорію походження і еволюції планетних систем у зір різних класів. Дане питання стає ще цікавішим в зв'язку з тим, що перші ж виявлені планетні системи у інших зір показали велику відмінність за своєю структурі від Сонячної системи.*

В даній роботі ми хочемо запропонувати комплексне завдання для формування дослідницької компетентності учнів закладів загальної середньої освіти та здобувачів вищої освіти під час вивчення астрономії під назвою «Дослідження екзопланет», яке дасть їм змогу стати дослідниками зір і їхніх планетних систем. В результаті виконання цього дослідження учні та студенти дадуть відповідь на запитання: «Чи зможе людство теоретично проживати в даній системі?» Однак, все це вимагатиме від юних дослідників ґрунтовних знань в області фізики та астрономії, бажання дізнаватися щось нове та мріяти про зоряне майбутнє людства!

*Наведемо приклад такого дослідження.* [2] Розглянемо планетну систему Kepler-186. Ця планетна система цікава тим, що екзопланета цієї системи Kepler-186f увійшла в історію як перша екзопланета розміром з Землю, яка знаходиться в зоні життя своєї зорі. Але тепер вчені мають підстави припускати, що Kepler-186f може бути схожа на Землю за ще одним важливим параметром – динамікою зміни нахилу осі обертання.

Знайдемо зону, придатну для життя, зорі Kepler-186. Потік випромінювання від зорі зменшується пропорційно квадрату відстані, тому чим далі від зорі перебуває якесь космічне тіло (планета, комета чи астероїд), тим менший потік випромінювання від зорі потрапляє на одиницю його поверхні, і відповідно, тим менше ця поверхня нагріватиметься поглинутим

промінням. На певній відстані від зорі внаслідок поглинання потоку випромінювання температура на поверхні цього тіла становитиме близько  $T_K = 373,16$  К (температура кипіння води за земного атмосферного тиску). Ця відстань дає ближню межу, за якою вода може перебувати в рідкому стані. Із віддаленням космічного тіла від зорі, потік випромінювання, що потрапляє на його поверхню, зменшується й на певній відстані від зорі температура поверхні тіла становитиме  $T_3 = 273,16$  К (температура замерзання води). Ця відстань дає зовнішню межу, до якої вода ще може існувати у рідкому стані на поверхні такого космічного тіла [3].

Для знаходження зони населеності нам потрібні офіційні дані деяких характеристик материнської зорі, які можна знайти на офіційному сайті NASA (<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>) або скориставшись можливостями астропрограми Stellarium (рис. 1).

Stellarium 0.16.1

### Kepler-186

Тип: планетна система  
 ПС/Сжил (J2000,0): 19h54m36.61s/+43°57'18.0"  
 ПС/Сжил (на дату): 19h55m16.94s/+44°00'38.0"  
 ГК/Сжил: 6h31m31.54s/+44°00'38.0"  
 Аз/Вис: +306°25'39.2"/+27°41'47.3"  
 Гал. довг./шир.: +78°31'11.4"/+8°10'14.6"  
 Супергал. довг./шир.: +5°21'22.5"/+59°03'04.2"  
 Екл. довг./шир. (J2000,0): +318°40'33.2"/+62°38'10.4"  
 Екл. довг./шир. (на дату): +318°57'41.4"/+62°38'04.7"  
 Відхилення екліптики (на дату): +23°26'11.6"  
 Середній сидеричний час: 2h26m49.6s  
 Видимий сидеричний час: 2h26m48.5s  
 Сузір'я МАО: Суг  
 Відстань: 492.50 св.р.  
 Металічність [Fe/H]: %2  
 Маса: 0.478  $M_{\text{Сонце}}$   
 Радіус: 0.47200  $R_{\text{Сонце}}$   
 Ефективна температура: 3788 К

Екзопланета	b	c	d	e	f
Назва	—	—	—	—	—
Період (днів)	3.89	7.27	13.34	22.41	129.95
Маса ( $M_{\text{Юп}}$ )	—	—	—	—	—
Радіус ( $R_{\text{Юп}}$ )	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Велика піввісь (а.о.)	0.0400	0.0610	0.0910	0.1290	0.3560
Ексцентриситет	—	—	—	—	—
Нахил орбіти (°)	—	—	—	—	—
Кутова відстань (")	—	—	—	—	—
Рік відкриття	2014	2014	2014	2014	2014
Клас планети	—	—	—	—	M-Тепла Як Земля
Рівноважна температура (°C)	—	—	—	—	-91.15
ESI	—	—	—	—	0.58

Рис. 1. Планетна система Kepler-186 (Stellarium)

Світність зорі Kepler-186 знайдемо за формулою:

$$L = \sigma T^4 \cdot S = \sigma T^4 \cdot 4\pi R^2, \text{ де } \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} \text{ – стала Стефана-Больцмана.}$$

З рис. 1 видно, що ефективна температура зорі 3788 К, а радіус зорі –  $0,472 R_{\square}$  ( $R_{\square} = 6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$ ). Знайдемо світність зорі Kepler-186:

$$L = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} \cdot (3788\text{К})^4 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot (0,472 \cdot 6,95 \cdot 10^8 \text{ м})^2 = 0,158 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$$

Знайдемо межі зони, придатної для життя, зорі Kepler-186:

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{L}{4\pi\sigma T_K^4}} = 0,2239 \text{ а.о.}, \quad r_{\max} = \sqrt{\frac{L}{4\pi\sigma T_3^4}} = 0,4178 \text{ а.о.}$$

Отже, за світності зорі Kepler-148  $L = 0,158 \cdot 10^{26} \text{ Вт} = 0,0411 L_{\odot}$  зона, придатна для життя, лежить в межах  $(0,2239 - 0,4178) \text{ а.о.}$

Однак, ще слід врахувати багато факторів при розрахунку інтервалу зони населеності, зокрема, зробити «запас міцності», зважаючи на те, що частина зоряної енергії відбивається та розсіюється атмосферою планети.

Перевірити отримані результати можна на спеціалізованому сайті [4] (рис. 2).

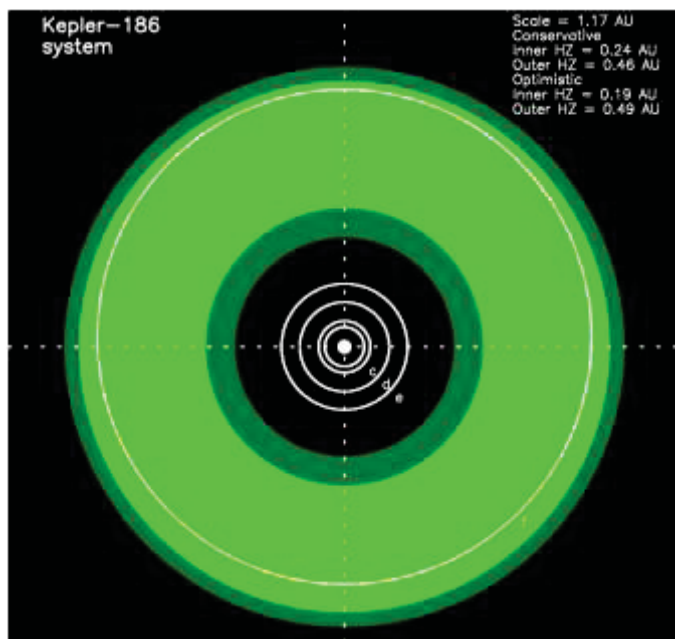


Рис. 2. Зона населеності зорі Kepler-62. [4]

Після проведених розрахунків спробуємо вказати планети, які знаходяться в зоні населеності системи зорі Kepler-186. З характеристик екзопланет (рис. 1) бачимо, що в зону населеності зорі Kepler-186 потрапляє лише екзопланета Kepler-186f (велика піввісь орбіти  $a = 0,386 \text{ а.о.}$ )

*Звичайно, знаючи характеристики екзопланет та їх материнської зорі (наприклад, рис. 1), можна визначити багато інших фізичних та астрономічних даних. Наведений алгоритм дослідження екзопланет може бути використаний учнями, студентами та вчителями як дидактичний матеріал для творчих та індивідуальних навчально-дослідних завдань.*

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. ЗАКОН УКРАЇНИ "Про освіту" [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
2. Мохун С. В., Федчишин О. М. Деякі аспекти використання комп'ютерних астрономічних програм в освітньому процесі. Актуальні проблеми неперервної освіти в інформаційному суспільстві: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 29-30 травня 2020 р. С. 209-212.
3. Мохун С.В., Федчишин О.М. Формування дослідницької компетентності під час вивчення астрономії (дослідження екзопланет). Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології, природничих наук в контексті вимог Нової української школи: матеріали II міжнар. наук.-практ. конф., м. Тернопіль, 14 травня 2020 р. Тернопіль, 2020. С. 168-172 с.
4. Habitable Zone Gallery [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.hzgallery.org/>.