

ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ  
ХАРКІВСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ

КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПАЛАЦ ДИТЯЧОЇ ТА ЮНАЦЬКОЇ ТВОРЧОСТІ  
ХАРКІВСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ»

ПОГОДЖЕНО

Протокол засідання міської  
координаційної ради з питань  
професійного розвитку  
педагогічних працівників  
від 21.08.2025 № 3

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Департаменту освіти  
Харківської міської ради  
від 25.08.2025 № 112

СХВАЛЕНО

Протокол засідання  
педагогічної ради КЗ ХПДЮТ  
від 04.06.2025 № 3

Навчальна програма з позашкільної освіти  
науково-технічного напрямку  
«Астрономія»  
(початковий, основний, вищий рівні, 3 роки навчання)

**Автор:**

**Денищенко Софія Іванівна** – PhD за спеціальністю фізика та астрономія, керівник гуртка «Астрономія» комунального закладу «Харківський Палац дитячої та юнацької творчості Харківської міської ради Харківської області», доцент кафедри астрономії та космічної інформатики фізичного факультету Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

**Рецензент:**

**Федоров Петро Миколайович** – доктор фізико-математичних наук, професор, провідний науковий співробітник НДІ астрономії Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Астрономія є однією з фундаментальних природничих наук, яка формує у вихованців цілісне наукове бачення світу, поєднує знання з фізики, математики, інформатики, географії та філософії. Сучасні досягнення астрономії (відкриття екзопланет, космічні місії Gaia, TESS, James Webb Space Telescope, відкриті каталоги даних) потребують адаптації змісту позашкільної освіти до актуальних тенденцій світової науки.

У межах шкільної програми астрономія представлена стисло, тому позашкільні заняття забезпечують розширене вивчення тематики, розвиток практичних умінь спостережень і обробки даних. Це відповідає завданням державної політики у сфері освіти, зокрема Концепції розвитку STEM-освіти в Україні, а також Стратегії розвитку позашкільної освіти до 2030 року.

Мета програми – формування в учнів 9–17 років наукового світогляду, умінь спостережної та цифрової астрономії, розвиток дослідницьких компетентностей, формування всебічно розвиненої цілісної особистості дитини, підготовка дітей до самостійного орієнтування в світі науки, підготовка до участі у конкурсах МАН, олімпіадах, а також до громадянської наукової діяльності (citizen science).

Основні завдання навчальної програми полягають у розвитку таких основних освітніх компетентностей, як: пізнавальної, практичної, творчої та соціальної. Зазначені компетентності формуються наступним чином:

*пізнавальна:*

- знайомство з небесною сферою, зоряним небом, Сонячною системою, зірками, Галактикою та Всесвітом;
- вивчення законів Кеплера і Ньютона, класифікації зір, еволюції зоряних систем, космологічних моделей;
- ознайомлення з сучасними місіями (Gaia, TESS, James Webb) та базами даних;

- формування наукового світогляду, розуміння ролі астрономії у пізнанні світу та розвитку цивілізації.

*практична:*

- виконання спостережень небесних тіл неозброєним оком, у бінокль і телескоп;
- робота з цифровими інструментами: Stellarium, планісфери, онлайн-каталоги (Simbad, Vizier, Gaia Archive);
- використання Python/Jupyter для обробки навчальних даних (фотометрія змінних зір, пошук екзопланет, крива обертання Галактики);
- навички астрофотографії, побудови світлових кривих, візуалізації результатів;
- розвиток дослідницької компетентності: постановка проблеми, планування експерименту, збір і аналіз даних, інтерпретація результатів, наукове письмо, публічний виступ.

*творча:*

- виконання індивідуальних і командних STEM-проектів (створення моделей, постерів, цифрових карт неба, дослідницьких міні-робіт);
- створення власних спостережних щоденників, ведення портфоліо учня;
- пошук нестандартних рішень астрономічних задач, участь у хакатонах і конкурсах;
- популяризаційна діяльність: підготовка виступів для молодших учнів, створення відео чи презентацій про Всесвіт.

*соціальна:*

- розвиток умінь працювати в команді під час виїзних спостережень та колективних проектів;
- навички комунікації у наукових дискусіях, підготовка і захист проектів;

- формування та дотримання культури академічної доброчесності: цитування джерел, робота з відкритими даними, етична взаємодія у команді; відповідальність за результат;
- формування екологічної та громадянської свідомості: збереження темного неба, культура поведінки під час польових виїздів та вечірніх спостережень, залучення до міжнародних проєктів citizen science.

Структура програми реалізується шляхом послідовного навчання, що розраховане на 3 роки та передбачає три рівні навчання:

1-й рік (початковий рівень) – 216 год. на рік, 6 год. на тиждень;

2-й рік (основний рівень) – 216 год. на рік, 6 год. на тиждень

3-й рік (вищий рівень) -216 год. на рік, 6 год. на тиждень.

Наповнюваність груп: рекомендовано 10–15 осіб; максимально – до 25 осіб. Для спостережень на місцевості – підгрупи 6–10 учнів.

Завдання за рівнями навчання:

на початковому рівні – знайомство з небесною сферою, Сонячною системою, зоряним небом; перші спостереження та астрофотографія;

на основному рівні – поглиблене вивчення зір, їх еволюції, змінних та подвійних зір, туманностей, пошук екзопланет; практичні роботи з фотометрією та цифровими каталогами;

на вищому рівні – вивчення понять сучасної астрофізики й космології, структура Чумацького Шляху, галактики та Всесвіт, практична робота з відкритими даними, підготовка дослідницької роботи до конкурсів і конференцій.

В процесі реалізації програми використовуються такі методи навчання: практичні роботи репродуктивного та творчого характеру (спостереження небесних тіл, ведення щоденників, побудова моделей Сонячної системи); пояснювально-ілюстративний метод (використання планісфер, атласів зоряного неба, інтерактивних симуляторів); екскурсії (виїзні спостереження нічного неба,

відвідування планетаріїв та обсерваторій); проблемно-пошуковий метод (аналіз незрозумілих астрономічних явищ, постановка дослідницьких запитань, робота з науковими гіпотезами); пізнавальні ігри та астрономічні вікторини; розповіді та науково-популярні лекції з демонстраційними дослідami (наприклад, моделювання затемнень, рухів планет); робота з книгою та цифровими ресурсами (астрономічні довідники, відкриті бази даних Gaia DR3, NASA, ESA); комп'ютерні симуляції та вправи з використанням програм для обробки даних; методи мотивації та стимулювання (нагородження активних учасників, проєктна діяльність); взаємоконтроль і самоконтроль (робота в парах і групах під час спостережень).

Використовуються такі форми контролю за результативністю навчання, як підсумкові заняття з обговоренням вивченого матеріалу; презентації та захист творчих робіт і мініпроєктів; участь у всеукраїнських конкурсах і турнірах юних астрономів, шкільних олімпіадах та «Святах науки»; демонстрація результатів практичних спостережень (фото, малюнки, щоденники спостережень, звіти по даних Gaia).

Нормативна база програми:

- Закон України «Про позашкільну освіту»;
- Положення про позашкільний навчальний заклад (Постанова КМУ №433);
- Типові навчальні плани закладів позашкільної освіти (наказ МОН №731 від 27.10.2006, зі змінами);
- Типова освітня програма закладу позашкільної освіти (наказ МОН №17 від 05.01.2021);
- чинні листи та методичні рекомендації ІМЗО щодо STEM та організації позашкільної освіти.

Організація освітнього процесу реалізується за допомогою таких форм навчання: очна, змішана або дистанційна; групова та індивідуальна робота;

практикуми, виїзні спостереження, екскурсії до обсерваторій/планетаріїв; участь у конкурсах і конференціях.

Методи, технології, та інструменти, що можуть використовуватися в процесі реалізації програми:

- ІКТ та ресурси: Stellarium, KStars/Cartes du Ciel; бази даних (Gaia Archive, Simbad, VizieR), Jupyter + Python (numpy, pandas, astropy, lightkurve), фотометрія (Iris, AstroImageJ – за потреби), TOPCAT;

- обладнання такі, як наприклад бінокль 7×50/10×50, телескопи (рефрактор 80–100 мм, рефлектор 150–200 мм), штативи, червоне світло, планісфери, карти неба, лазер-вказівник із захистом, фотокамера з кріпленням, компаси тощо.

Для безпечного освітнього середовища в рамках програми проводяться інструктажі з БЖД (вступний, первинний, повторний); інструктажі алгоритмів дій під час повітряної тривоги; правила вечірніх спостережень; інструктаж безпечної роботи з оптикою; вивчаються правила цифрової безпека та етика роботи онлайн, захист персональних даних.

**Початковий рівень**  
**НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН**

| №   | Тема                                  | Кількість годин |            |        |
|-----|---------------------------------------|-----------------|------------|--------|
|     |                                       | теоретичних     | практичних | усього |
| 1.  | Вступ                                 | 3               |            | 3      |
| 2.  | Історія астрономії. Час та календар   | 9               | 6          | 15     |
| 3.  | Сучасні дослідження в астрономії      | 6               | 3          | 9      |
| 4.  | Небесна сфера і орієнтування. Сузір'я | 12              | 9          | 21     |
| 5.  | Сонячна система                       | 12              | 6          | 18     |
| 6.  | Земля, Місяць та планети              | 15              | 6          | 21     |
| 7.  | Зорі та зоряні системи                | 15              | 6          | 21     |
| 8.  | Галактика та Всесвіт                  | 15              | 6          | 21     |
| 9.  | Прилади та безпека                    | 12              | 9          | 21     |
| 10. | Основи спостережної астрономії        | 9               | 12         | 21     |
| 11. | Цифрова астрономія                    | 9               | 12         | 21     |
| 12. | STEM-проекти                          | 6               | 15         | 21     |
| 13. | Підсумки                              | 3               |            | 3      |
|     | Разом                                 | 126             | 90         | 216    |

## ЗМІСТ ПРОГРАМИ

### 1. Вступ (3 год.)

Ознайомлення з програмою гуртка, правилами безпеки та організації навчального процесу. Значення астрономії серед інших наук. Вступне тестування для визначення рівня знань вихованців.

### 2. Історія астрономії. Час та календар (15 год.)

*Теоретична частина.* Астрономія у давніх цивілізаціях: Єгипет, Вавилон, Греція. Зародження астрономії, як науки. Геоцентрична та геліоцентрична система світу. Внесок Коперника, Галілея, Кеплера, Ньютона. Перші обсерваторії та астрономи України. Вимірювання часу у давнину. Календарі (місячний, сонячний, григоріанський).

*Практична частина.* Створення схеми різних типів календарів. Розрахунок часу сходу і заходу Сонця. Міні-доповіді про відомих астрономів.

### 3. Сучасні дослідження в астрономії (9 год.)

*Теоретична частина.* Космічні місії: Hubble, Gaia DR3, James Webb, TESS та інші. Роль астрономії у розвитку сучасних технологій. Новітні відкриття: екзопланети, гравітаційні хвилі.

*Практична частина.* Перегляд та обговорення відеоматеріалів NASA/ESA. Створення презентацій «Останні відкриття в астрономії».

### 4. Небесна сфера і орієнтування. Сузір'я (21 год.)

*Теоретична частина.* Основні точки й лінії небесної сфери. Сузір'я Північної півкулі, їх походження та значення. Зодіакальні сузір'я. Рух світил: добовий та річний.

*Практична частина.* Орієнтування за Полярною зіркою. Використання планісфери та мобільних застосунків (Stellarium, SkySafari). Ведення щоденника спостережень зоряного неба.

## **5. Сонячна система (18 год.)**

*Теоретична частина.* Будова Сонячної системи. Сонце – зоря. Планети та їх класифікація: земна група й газові гіганти. Малі тіла: астероїди, комети, метеороїди.

*Практична частина.* Створення моделі Сонячної системи. Перегляд фото з місій Voyager, Juno, Perseverance.

## **6. Земля, Місяць та планети (21 год.)**

*Теоретична частина.* Земля як планета. Добове обертання і річний рух. Місяць: фази, затемнення, походження. Характеристики планет Сонячної системи.

*Практична частина.* Спостереження Місяця в різних фазах. Робота з глобусом Місяця або віртуальними моделями.

## **7. Зорі та зоряні системи (21 год.)**

*Теоретична частина.* Зорі: світність, температура, колір. HR-діаграма (базове ознайомлення). Подвійні та змінні зорі. Зоряні скупчення й туманності.

*Практична частина.* Визначення кольору зір. Спостереження зоряних скупчень у бінокль.

## **8. Галактика та Всесвіт (21 год.)**

*Теоретична частина.* Чумацький Шлях: будова, спіральні рукави. Інші галактики. Всесвіт: Великий вибух, розширення, темна матерія.

*Практична частина.* Пошук Чумацького Шляху на нічному небі. Ознайомлення з фотографіями галактик (каталог Messier).

## **9. Прилади та безпека (21 год.)**

*Теоретична частина.* Оптичні прилади: бінокль, телескоп, окуляри, фільтри. Правила безпечних спостережень Сонця. Поняття «seeing» та умови для спостережень.

*Практична частина.* Збірка та налаштування телескопа. Демонстрація проєкційного способу спостереження Сонця.

### **10.Основи спостережної астрономії (21 год.)**

*Теоретична частина.* Як планувати нічні спостереження. Календар метеорних потоків. Орієнтація за азимутом і висотою.

*Практична частина.* Ведення журналу спостережень. Вечірні та виїзні спостереження. Екскурсії до планетарію та астрономічних обсерваторій

### **11.Цифрова астрономія (21 год.)**

*Теоретична частина.* Вступ до цифрових інструментів: Stellarium, Celestia, Google Sky. Ознайомлення з відкритими базами даних (Gaia DR3).

*Практична частина.* Робота з цифровими симуляторами зоряного неба. Побудова простих графіків руху світил у Jupyter Notebook.

### **12. STEM-проєкти (21 год.)**

*Теоретична частина.* Основи проєктної діяльності. Приклади учнівських досліджень в астрономії.

*Практична частина.* Командна робота над міні-проєктом (обробка даних, спостереження, виготовлення моделей). Проміжні презентації результатів.

### **13. Підсумки (3 год.)**

Узагальнення та повторення вивченого. Презентація учнівських робіт і міні-проєктів. Рефлексія та «Свято науки».

## **ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ**

Після закінчення навчання на початковому рівні, вихованці мають засвоїти, в рамках основних компетентностей, наступне:

*пізнавальна компетентність:*

- мати уявлення про основні етапи розвитку астрономії, від давніх цивілізацій до сучасних космічних досліджень;
- знати будову небесної сфери, головні сузір'я, поняття добового та річного руху світил;
- розуміти основні характеристики Сонця, планет, Місяця та малих тіл Сонячної системи;

- пояснювати властивості зір, зоряних скупчень, туманностей, будову Галактики та уявлення про Всесвіт;

- орієнтуватися у сучасних досягненнях астрономії (Gaia DR3, James Webb, TESS, дослідження екзопланет).

*практична компетентність:*

- уміти орієнтуватися на нічному небі за допомогою Полярної зорі, планісфери та цифрових програм (Stellarium, SkySafari);

- проводити прості спостереження Місяця, планет, зоряних скупчень, Чумацького Шляху;

- користуватися оптичними приладами (бінокль, телескоп), дотримуючись правил безпеки;

- вести щоденник спостережень та застосовувати календар метеорних потоків;

- користуватися базовими цифровими інструментами для візуалізації та обробки астрономічних даних (Google Sky, Gaia, прості графіки в Jupyter Notebook).

*творча компетентність:*

- реалізовувати навчально-дослідницькі STEM-проекти (моделі Сонячної системи, спостережні програми, цифрові презентації);

- презентувати власні спостереження, створювати міні-проекти у групах;

- знаходити нестандартні рішення у виконанні практичних і дослідницьких завдань;

- поєднувати астрономічні знання з іншими науками (фізика, математика, інформатика, географія).

*соціальна компетентність:*

- працювати у групі, виконуючи командні завдання й розподіляючи ролі;

- презентувати результати спільної роботи перед аудиторією;

- брати участь у конкурсах, олімпіадах, наукових заходах; дотримуватись правил культури наукової дискусії, поважати думку інших;

- розвивати відповідальність, наполегливість, уміння планувати власну діяльність.

### Основний рівень

### НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

| №  | Тема                                                  | Кількість годин  |                 |        |
|----|-------------------------------------------------------|------------------|-----------------|--------|
|    |                                                       | теоретич-<br>них | практич-<br>них | усього |
| 1. | Вступ                                                 | 3                |                 | 3      |
| 2. | Закони Кеплера/Ньютона                                | 15               | 15              | 30     |
| 3. | Чумацький Шлях                                        | 15               | 6               | 21     |
| 4. | Утворення зір та планет                               | 15               | 9               | 24     |
| 5. | Зоряна астрофізика: спектри,<br>HR-діаграма, еволюція | 15               | 15              | 30     |
| 6. | Спостереження і обробка:<br>фотометрія/астрофото      | 12               | 24              | 36     |
| 7. | Робота з даними: каталоги, основи<br>ТОРСАТ           | 12               | 24              | 36     |
| 8. | Проектна діяльність                                   | 15               | 15              | 30     |
| 9. | Підсумки                                              | 3                | 3               | 6      |
|    | Разом                                                 | 105              | 111             | 216    |

### ЗМІСТ ПРОГРАМИ

#### 1. Вступ (3 год.)

Ознайомлення з програмою другого року навчання. Повторення та актуалізація знань початкового рівня. Правила техніки безпеки під час спостережень та роботи з обладнанням.

## **2. Закони Кеплера / Ньютона (30 год.)**

*Теоретична частина.* Закони Кеплера, їх фізичний зміст. Закон всесвітнього тяжіння Ньютона. Поняття маси, прискорення, сили тяжіння. Еліптичні орбіти планет, афелій та перигелій. Сучасні методи визначення мас небесних тіл.

*Практична частина.* Розрахунки орбітальних параметрів планет та супутників. Виконання задач на закони Кеплера. Моделювання руху планет у симуляторах (Stellarium, Universe Sandbox).

## **3. Чумацький Шлях (21 год.)**

*Теоретична частина.* Структура Галактики: диск, балдж, гало. Спіральні рукави. Зоряні популяції (I та II). Методи дослідження Чумацького Шляху.

*Практична частина.* Визначення положення рукавів Чумацького Шляху на небі. Аналіз зображень Галактики з телескопів (Gaia DR3, DSS).

## **4. Утворення зір та планет (24 год.)**

*Теоретична частина.* Молекулярні хмари. Протозорі та зоряні системи. Планетезималі та акреційні диски. Основні сценарії формування планет.

*Практична частина.* Аналіз зображень протозір і протопланетних дисків (ALMA, Hubble, JWST). Побудова еволюційної схеми зорі.

## **5. Зоряна астрофізика: спектри, HR-діаграма, еволюція (30 год.)**

*Теоретична частина.* Спектри зір: спектральні класи OBAFGKM. Абсолютна та видима зоряна величина. Побудова та інтерпретація HR-діаграми. Еволюція зір різної маси: від протозорі до залишків (білий карлик, нейтронна зоря, чорна діра).

*Практична частина.* Робота з базами спектрів зір. Класифікація зір за спектрами. Побудова власної HR-діаграми з використанням даних каталогу Gaia.

## **6. Спостереження і обробка: фотометрія / астрофотографія (36 год.)**

*Теоретична частина.* Основи астрономічної фотометрії. Принципи астрофотографії. Роль світлосили, фокусної відстані, ISO.

*Практична частина.* Зйомка зоряного неба зі штативом і фотоапаратом. Використання астрокамер для спостережень. Обробка зображень у програмному забезпеченні.

### **7. Робота з даними: каталоги, основи TOPCAT (36 год.)**

*Теоретична частина.* Астрономічні каталоги: Gaia, SIMBAD, VizieR. Метадані та формат таблиць FITS. Вступ до роботи з TOPCAT.

*Практична частина.* Завантаження даних із каталогів. Побудова діаграм та графіків у TOPCAT. Виконання простих наукових завдань із реальними даними.

### **8. Проєктна діяльність (30 год.)**

*Теоретична частина.* Основи науково-дослідної діяльності. Вибір теми та планування роботи. Структура наукової доповіді.

*Практична частина.* Виконання індивідуальних та групових проєктів (напрямки: спостереження, аналіз даних, моделювання). Проміжні презентації. Підготовка до публічного захисту.

### **9. Підсумки (6 год.)**

Узагальнення знань. Презентація проєктів. Наукове свято / міні-конференція.

## **ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ**

Після закінчення навчання на основному рівні, вихованці мають засвоїти, в рамках основних компетентностей, наступне:

*пізнавальна компетентність:*

- знати закони Кеплера та Ньютона і вміти застосовувати їх до пояснення руху планет і супутників;
- мати уявлення про структуру та компоненти Чумацького Шляху;
- пояснювати процеси формування зір і планет;
- розуміти фізичну природу спектрів зір, їх класифікацію та еволюцію.

*практична компетентність:*

- вміти виконувати прості обчислення орбітальних параметрів;

- класифікувати зорі за спектральними ознаками;
- користуватися інструментами фотометрії та астрофотографії;
- працювати з астрономічними каталогами (Gaia, SIMBAD, VizieR);
- будувати графіки та діаграми у TOPCAT.

*творча компетентність:*

- здійснювати індивідуальні та групові дослідницькі проєкти;
- створювати власні фотометричні криві чи зображення об'єктів;
- аналізувати наукові дані та робити висновки.

*соціальна компетентність:*

- брати участь у колективних формах роботи (групові дослідження, проєкти, конференції);
- презентувати результати своєї роботи публічно;
- дискутувати, аргументувати власну позицію, коректно висловлювати зауваження;
- розвивати навички відповідальності, самоконтролю та взаємоконтролю.

### Вищий рівень

#### НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

| №  | Тема                                                       | Кількість годин  |                 |        |
|----|------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|--------|
|    |                                                            | теоретич-<br>них | практич-<br>них | усього |
| 1. | Вступ                                                      | 3                |                 | 3      |
| 2. | Еволюція Всесвіту                                          | 12               | 9               | 21     |
| 3. | Динаміка зоряних систем                                    | 21               | 9               | 30     |
| 4. | Дослідницький трек з відкритими даними (Gaia DR3/TESS/ZTF) | 12               | 21              | 33     |

| №   | Тема                                                                            | Кількість годин  |                 |        |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|--------|
|     |                                                                                 | теоретич-<br>них | практич-<br>них | усього |
| 5.  | Наукове письмо,<br>оформлення статті/тез,<br>публічний виступ                   | 9                | 15              | 24     |
| 6.  | Спостереження і обробка:<br>фотометрія/астрофото                                | 15               | 15              | 30     |
| 7.  | Основи космології                                                               | 15               | 15              | 30     |
| 8.  | Астростатистика і<br>обчислення (регресія,<br>періодограми, МСМС –<br>оглядово) | 9                | 12              | 21     |
| 9.  | STEM-проекти                                                                    | 6                | 15              | 21     |
| 10. | Підсумки                                                                        | 3                |                 | 3      |
|     | Разом                                                                           | 105              | 111             | 216    |

## ЗМІСТ ПРОГРАМИ

### 1. Вступ (3 год.)

Ознайомлення з особливостями дослідницького рівня навчання. Повторення ключових тем попередніх років. Організація роботи над індивідуальними та груповими науковими проектами.

### 2. Еволюція Всесвіту (21 год.)

*Теоретична частина.* Основні космологічні моделі. Великий вибух та перші хвилини існування Всесвіту. Формування реліктового випромінювання. Космічне розширення, темна енергія та темна матерія.

*Практична частина.* Аналіз даних Planck та WMAP (карти реліктового випромінювання). Побудова простих космологічних графіків (червоне зміщення – відстань).

### **3. Динаміка зоряних систем (30 год.)**

*Теоретична частина.* Основи небесної механіки багатьох тіл. Гравітаційна взаємодія у зоряних скупченнях. Моделі галактичної динаміки (модель Огороднікова–Мілна). Ротаційні криві галактик і проблема темної матерії.

*Практична частина.* Виконання розрахунків для подвійних та кратних систем. Ознайомлення з моделями N-body (демонстраційно у REBOUND чи аналогах).

### **4. Дослідницький трек з відкритими даними (Gaia DR3 / TESS / SIMBAD та аналоги) (33 год.)**

*Теоретична частина.* Джерела відкритих астрономічних даних. Структура каталогів Gaia DR3, місії TESS та огляду ZTF. Бази даних такі, як SIMBAD, exoplanet та інші. Приклади наукових задач, що розв’язуються з цими даними.

*Практична частина.* Завантаження та обробка даних з Gaia DR3 (паралакси, власні рухи, фотометрія). Аналіз світлових кривих TESS. Виявлення змінних зір за даними ZTF. Виконання міні-дослідження на основі обраного набору даних.

### **5. Наукове письмо, оформлення статті/тез, публічний виступ (24 год.)**

*Теоретична частина.* Основи структури наукової статті: титул, анотація, вступ, методи, результати, висновки. Оформлення тез та постерних доповідей. Етика академічного письма та цитування.

*Практична частина.* Написання тез власного дослідницького проекту. Підготовка презентації та публічного виступу. Репетиція захисту роботи.

### **6. Спостереження і обробка: фотометрія / астрофотографія (30 год.)**

*Теоретична частина.* Методи фотометрії (диференційна, апертурна). Основи спектрофотометрії. Астрофотографія глибокого неба.

*Практична частина.* Зйомка і обробка зображень (DSLR / CCD). Побудова кривих блиску. Визначення періодичності змінних зір.

### **7. Основи космології (30 год.)**

*Теоретична частина.* Методи вимірювання відстаней у Всесвіті. Червоне зміщення і закон Габбла. Структура великомасштабних систем: скупчення, філаменти, пустоти.

*Практична частина.* Робота з каталогами далеких галактик. Побудова діаграм «червоне зміщення – відстань»

### **8. Астростатистика і обчислення (21 год.)**

*Теоретична частина.* Основи статистики в астрономії. Регресійні моделі. Періодичний аналіз даних. Огляд методу Монте-Карло та МСМС.

*Практична частина.* Робота з реальними наборами даних (фотометричні криві). Побудова регресійної моделі у Python/Jupyter. Використання періодограм для виявлення періодичних сигналів.

### **9. STEM-проєкти (21 год.)**

*Теоретична частина.* Методика науково-дослідницької діяльності. Етапи роботи над проєктом: постановка задачі, методика, результати, висновки.

*Практична частина.* Виконання індивідуальних і групових STEM-проєктів на базі відкритих даних. Проміжні презентації. Підготовка до конкурсу / наукової конференції.

### **10. Підсумки (3 год.)**

Публічний захист робіт. Обговорення та рефлексія. «Свято науки» або участь у науково-практичній конференції.

## **ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ**

Після закінчення навчання на вищому рівні, вихованці мають засвоїти, в рамках основних компетентностей, наступне:

*пізнавальна компетентність:*

- знати сучасні космологічні моделі та основні етапи еволюції Всесвіту;
- зрозуміти принципи динаміки зоряних систем і проблему темної матерії;

- орієнтуватися у відкритих астрономічних даних (Gaia DR3, TESS, ZTF) та методах їх використання;
- мати уявлення про статистичні методи аналізу даних та їх застосування в астрономії.

*практична компетентність:*

- уміти виконувати фотометрію та обробку астрономічних зображень;
- користуватися інструментами TOPCAT, Python/Jupyter для обробки каталогів;
- будувати криві блиску змінних зір, застосовувати методи статистики для аналізу;
- підготувати наукову роботу (тези, статтю) та презентувати її публічно.

*творча компетентність:*

- здійснювати самостійні дослідження на основі відкритих даних;
- формувати власні наукові гіпотези та перевіряти їх;
- створювати індивідуальні та групові STEM-проекти з елементами дослідницької новизни.

*соціальна компетентність:*

- працювати у дослідницьких групах, брати участь у наукових конференціях і конкурсах;
- ефективно презентувати результати роботи (усно, письмово, у вигляді постерів чи презентацій);
- дотримуватись принципів академічної доброчесності та культури наукового спілкування;
- розвивати навички самостійної та колективної наукової діяльності.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Александров Ю.В. Фізика планет. Підручник. Київ: ІЗМН, 1996. 423 с.
2. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І.А. Загальна астрономія: підручник. Харків, 2019. С. 524.
3. Астрономія : підручник для 11 кл. закл. загальної серед. освіти / [О. Я. Пінчук, І. Ю. Крячко, О. П. Барановський та ін.]. – Київ : Генеза, 2019. – 192 с.
4. Астрономія: 11 кл.: підручник для загальноосвіт. навч. закл.: рівень стандарту, академічний рівень / М. П. Пришляк; за заг. ред.. Я. С. Яцківа. – Х.: Вид-во «Ранок», 2012. – 160 с.
5. Головка, М. В., Крячко, І. П. Астрономія : навчальний посібник для профільної школи. – Київ : Освіта, 2018. – 256 с.
6. Захожай В.А. Вступ до астрофізики та космогонії. Навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 208 с.
7. Захожай В.А., Захожай О.В. Основи елементарної астрономії: навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2021. 232 с.
8. Збірник матеріалів з позашкільної освіти. – Київ : МОН України, 2024. – 250 с.
9. Зорі: Астрофізичні задачі з розв’язаннями: навч. посіб. / С. Г. Кузьменков. – К.: Освіта України, 2010. – 206 с.
10. Климишин І. А., Козаренко В. І., Олійник П. О. Цікава астрономія. — Київ : Техніка, 1972,
11. Методичні рекомендації щодо змісту та оформлення навчальних програм з позашкільної освіти / ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти». – Київ, 2023. – 3 с.
12. Denyshchenko S., Fedorov P., Akhmetov, V., Velichko A., Dmytrenko, A., Determining the parameters of the spiral arms of the Galaxy from kinematic

- tracers based on Gaia DR3 data. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2023. Stad 3350.
13. Freedman, R. A., Kaufmann, W. J. *Universe*. – 11th ed. – New York : W. H. Freeman and Company, 2016. – 832 p.
  14. Carroll, B. W., Ostlie, D. A. *An Introduction to Modern Astrophysics*. – 2nd ed. – New York : Pearson Addison Wesley, 2017. – 1352 p.
  15. Bennett, J., Donahue, M., Schneider, N., Voit, M. *The Cosmic Perspective*. – 9th ed. – New York : Pearson, 2020. – 832 p.
  16. Seeds, M. A., Backman, D. *Astronomy: The Solar System and Beyond*. – 10th ed. – Boston : Cengage Learning, 2019. – 544 p.
  17. Ryden, B. *Introduction to Cosmology*. – 2nd ed. – New York : Cambridge University Press, 2017. – 273 p.
  18. National Aeronautics and Space Administration (NASA). *Hubble Space Telescope* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hubblesite.org>
  19. European Space Agency (ESA). *Gaia Data Release 3* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cosmos.esa.int/gaia>