

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ОПТИКИ

**МАРУШКЕЙ РУСЛАНА РУСЛАНІВНА**

**ФІЗИКА КОСМІЧНИХ ЯВИЩ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ АСТРОНОМІЇ**

014.08 Середня освіта (Фізика. Інформатика)

Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Науковий керівник  
Гуранич Павло Павлович  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент, завідувач кафедри оптики

Ужгород – 2025



## Реферат

Дипломна робота: 77 с., 9 рис., 19 джерел.

У роботі проведено комплексний аналіз теоретичних основ вивчення космічних явищ у шкільному курсі фізики. Досліджено структурні та методологічні особливості чинної шкільної програми з фізики та астрономії, виявлено психолого-педагогічні закономірності засвоєння учнями складних абстрактних космічних понять. Проаналізовано сучасні наукові досягнення у галузі астрофізики та можливості їх інтеграції у навчальний процес. Вивчено вікові особливості сприйняття космічних явищ учнями різних класів та визначено оптимальні підходи до формування наукового світогляду через космічну тематику. Досліджено ефективність різних методів і прийомів вивчення космічних явищ, зокрема проблемно-пошукового підходу, демонстраційного експерименту та сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Проаналізовано можливості використання віртуальних лабораторій, мультимедійних технологій та астрономічних симуляторів у навчальному процесі.

**Ключові слова:** космічні явища, методика викладання фізики, шкільний курс фізики, демонстраційний експеримент, проблемно-пошуковий підхід.

## **Abstract**

Graduate work: 77 pages, 9 figures, 19 sources.

The work conducted a comprehensive analysis of the theoretical foundations of the study of space phenomena in the school physics course. The structural and methodological features of the current school curriculum in physics and astronomy were investigated, and the psychological and pedagogical patterns of students' assimilation of complex abstract space concepts were identified. Modern scientific achievements in the field of astrophysics and the possibilities of their integration into the educational process were analyzed. The age-related features of the perception of space phenomena by students of different classes were studied and optimal approaches to the formation of a scientific worldview through space topics were determined. The effectiveness of various methods and techniques for studying space phenomena was investigated, in particular, the problem-search approach, demonstration experiment and modern information and communication technologies. The possibilities of using virtual laboratories, multimedia technologies and astronomical simulators in the educational process were analyzed.

**Keywords:** space phenomena, physics teaching methodology, school physics course, demonstration experiment, problem-solving approach.

## ЗМІСТ

<b>РЕФЕРАТ</b> .....	<b>3</b>
<b>ЗМІСТ</b> .....	<b>5</b>
<b>ВСТУП</b> .....	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ КОСМІЧНИХ ЯВИЩ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ</b> .....	<b>8</b>
1.1 Аналіз шкільної програми з фізики та астрономії.....	8
1.2 Психолого-педагогічні особливості вивчення космічних явищ.....	11
1.3 Сучасні наукові досягнення у галузі фізики космічних явищ.....	18
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ КОСМІЧНИХ ЯВИЩ</b> .....	<b>24</b>
2.1 Методи і прийоми вивчення космічних явищ у школі.....	24
2.2 Використання демонстраційного експерименту.....	27
2.3 Інформаційно-комунікаційні технології у вивченні космічних явищ.....	32
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ КОСМІЧНИХ ЯВИЩ</b> .....	<b>38</b>
3.1 Розробка уроків з космічної тематики.....	38
3.2 Розробка позакласних заходів з космічної тематики.....	41
3.3 Розробка дидактичних матеріалів.....	48
<b>ВИСНОВОК</b> .....	<b>55</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	<b>57</b>
<b>ДОДАТКИ</b> .....	<b>59</b>

## **Вступ**

Дослідження космосу та вивчення фізичних процесів, що відбуваються у Всесвіті, займають особливе місце в сучасній науці та освіті. Космічні явища не лише викликають природний інтерес учнів, але й слугують ефективним засобом ілюстрації фундаментальних фізичних законів та теорій. В умовах стрімкого розвитку космічних технологій та регулярних наукових відкриттів у галузі астрофізики, особливої актуальності набуває проблема інтеграції цих знань у шкільний курс фізики.

Реформування освітньої системи в Україні та впровадження нових освітніх стандартів підкреслюють важливість формування в учнів природничо-наукової компетентності, розвитку критичного мислення та наукового світогляду. Вивчення фізики космічних явищ має значний потенціал цих освітніх цілей, оскільки дозволяє учням не лише засвоювати теоретичні знання, але й бачити їх практичне застосування в контексті реальних космічних досліджень.

Незважаючи на наявність окремих досліджень з методики викладання астрономії (І.А. Климишин, І.П. Крячко, М.Т. Мартинюк та інші), існує потреба в оновленні методичних підходів до вивчення фізики космічних явищ відповідно до сучасних наукових досягнень та освітніх технологій. Сучасний стан космічної науки характеризується надзвичайно швидким оновленням інформації, появою нових теорій та моделей Всесвіту, що потребує відповідного відображення в освітньому процесі.

**Мета дослідження** полягає в розробці ефективної методики викладання фізики космічних явищ у шкільному курсі, спрямованої на формування наукового світогляду учнів та підвищення їхньої мотивації до вивчення фізики через використання сучасних педагогічних технологій та цифрових ресурсів

### **Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати шкільну програму з фізики та астрономії щодо висвітлення космічних явищ та виявити можливості для їх поглибленого вивчення.

2. Розробити теоретичну модель сприйняття учнями космічних понять з урахуванням психолого-педагогічних особливостей різних вікових груп.
3. Розробити інноваційні методичні підходи до вивчення фізики космічних явищ із використанням активних та інтерактивних методів навчання.
4. Створити комплекс навчально-методичних матеріалів, включаючи мультимедійні презентації, віртуальні лабораторії та інтерактивні моделі.
5. Розробити детальні методичні рекомендації для вчителів фізики щодо організації вивчення космічних явищ на уроках та в позакласній роботі.

**Об'єкт дослідження:** навчально-виховний процес з фізики в закладах загальної середньої освіти, спрямований на формування в учнів цілісного уявлення про фізичні процеси у Всесвіті.

**Предмет дослідження:** методика викладання фізики космічних явищ у шкільному курсі з використанням сучасних освітніх технологій та міждисциплінарного підходу.

**Практичне значення** дослідження полягає в розробці навчально-методичних матеріалів, які можуть бути безпосередньо використані вчителями фізики та астрономії навчальному процесі загальноосвітніх шкіл для підвищення якості фізичної світи та формування в учнів наукового світогляду.

## **Розділ 1. Теоретичні основи вивчення космічних явищ у шкільному курсі фізики**

### ***1.1 Аналіз шкільної програми з фізики та астрономії***

Аналіз шкільної програми з фізики та астрономії є важливим етапом у дослідженні ефективності та актуальності сучасного шкільного курсу, адже він дозволяє виявити сильні та слабкі сторони програми, визнати її відповідність сучасним науковим досягненням та потребам суспільства. Наука постійно розвивається, і шкільна програма повинна відображати ці зміни, адже шкільний курс фізики та астрономії відіграє ключову роль у формування наукового світогляду учнів. Сучасні технології та наукові дослідження вимагають від молоді глибоких знань з фізики та астрономії, тому аналіз програми дозволяє визначити можливості використання сучасних інформаційних технологій на уроках.

Мета аналізу полягає у виявленні відповідності змісту шкільної програми з фізики та астрономії сучасним науковим досягненням, оцінці ефективності методичних підходів, що використовуються в програмі, визначенні можливостей для вдосконалення шкільного курсу фізики та астрономії та виявленні можливостей для інтеграції між предметами. Цей аналіз є необхідним для того, щоб шкільна програма з фізики та астрономії відповідала сучасним вимогам і сприяла формуванню наукового грамотного покоління.

В рамках дослідження було проведено детальний аналіз шкільних програм з фізики для 7-11 класів та астрономії для 11 класу. Інформація для аналізу була отримана з офіційних джерел міністерства освіти і науки України, зокрема з офіційного порталу МОН.

В ході дослідження було систематизовано та уточнено структуру, зміст та особливості програм для різних класів, включаючи розподіл годин, основні розділи та теми, рівні вивчення предметів (стандартний та профільний).

## **Структурні особливості програми з фізики**

Шкільна програма з фізики має чітку структуру, що забезпечує послідовне вивчення предмета з 7 по 11 клас:

- Базова середня освіта (7-9 класи) – формування основних фізичних понять, уявлень про фізичні явища та закони
- Профільна середня освіта (10-11 клас) поглиблення вивчення фізичних теорій, законів та їх практичного застосування

Програма реалізується на двох рівнях : стандартному (2 год/тиждень) та профільному ( 6 год/тиждень), що дозволяє враховувати різні освітні потреби учнів.

## **Змістове наповнення програми з фізики**

### ***7-9 класи***

Програма для 7-9 класів побудована за принципом від простого до складного та включає основні розділи класичної фізики:

- У 7 класі (70 год/рік) закладаються базові поняття про фізичні явища, вивчаються механічний рух, взаємодія тіл, тиск, робота та енергія.
- У 8 клас (70 год/рік) учні вивчають теплові явища та основи електрики.
- У 9 класі (105 год/рік) програма охоплює магнітні явища, оптику, коливання та хвилі, а також вводить елементи атомної та ядерної фізики.

Особливу увагу приділено формуванню практичних навичок через систему лабораторних робіт (8-12 на рік).

### ***10-11 класи***

Програма старшої школи передбачає поглиблене вивчення тем у двох концентрах:

- 10 клас (70 год/рік на рівні стандарту, 210 год/рік на профільному рівні) зосереджений на механіці та молекулярній фізиці
- 11 клас (70 год/рік на рівні стандарту, 210 год/рік на профільному рівні) охоплює електродинаміку, оптику, квантову фізику та елементи теорії відносності

На профільному рівні розширюється теоретична складова та збільшується кількість розв'язуваних задач підвищеної складності.

### **Програма з астрономії**

Астрономія викладається як окремий предмет в 11 класі (35 год/рік на рівні стандарту, 70-105 год/рік на профільному рівні) та включає:

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| 1. Основи практичної астрономії              | 3. Будова Сонячної системи      |
| 2. Методи та засоби астрономічних досліджень | 4. Зорі та їх еволюція          |
|  | 5. Галактики та будова Всесвіту |

На профільному рівні програма доповнюється темами з космології, екзопланетології та астрофізики.

### **Методологічні особливості**

Аналіз програми виявив такі методологічні особливості:

1. **Компетентнісний підхід.** Програма спрямована на формування ключових компетентностей, зокрема природничо-наукової грамотності, математичної компетентності та здатності застосовувати знання на практиці.
2. **Інтеграція знань.** Програма передбачає міжпредметні зв'язки з математикою, хімією, біологією, інформатикою та географією.
3. **Практична спрямованість.** Значна увага приділяється експериментальній складовій: лабораторним роботам, фізичному практикуму та навчальним проєктам.
4. **Наскрізні змістові лінії.** У програмі реалізовано чотири наскрізні змістові лінії: «Екологічна безпека та сталий розвиток», «Громадська відповідальність», «Здоров'я і безпека», «Підприємливість та фінансова грамотність».

Проведений аналіз показує, що шкільна програма фізики та астрономії загалом відповідає сучасним освітнім вимогам та має потенціал для формування в учнів наукового світогляду. Послідовне вивчення фізичних понять та явищ від простого до складного забезпечує системність знань учнів.

## **1.2 Психолого-педагогічні особливості вивчення космічних явищ**

Астрономічні об'єкти та космічні явища мають важливе значення у вкладанні фізики та астрономії, формуючи науковий світогляд та критичне мислення учнів. Вивчення космосу в школі супроводжується специфічними викликами через абстрактність понять, великі масштаби та складність космічних процесів.

Ефективне викладання астрономії потребує врахування психологічних особливостей сприйняття учнями різного віку. Розуміння вікових когнітивних можливостей допомагає подолати труднощі при вивченні таких понять як космічні відстані, розміри небесних тіл, еволюція зір та розширення Всесвіту.

В цьому пункті розглянемо ключові психолого-педагогічні аспекти вивчення космічних явищ: вікові особливості сприйняття абстрактних космічних понять, потенціал астрономічних знань для формування наукового світогляду та можливості розвитку критичного мислення учнів у процесі вивчення космосу. Врахування цих факторів оптимізує викладання астрономії та сприяє формуванню цілісної наукової картини світу.

### **Вікові особливості сприйняття абстрактних космічних понять**

Сприйняття абстрактних космічних понять учнями різного віку має свої характерні особливості, які необхідно враховувати при розробці методики викладання астрономії та астрономічних тем у курсі фізики.

#### ***Учні середньої школи ( 7-9 класи, 13-15 років)***

На цьому етапі розвитку когнітивних процесів учнів спостерігається активний перехід від конкретно-образного до абстрактно-логічного мислення. Дослідження показують, що учні цього віку:

- *Демонструють зацікавленість космічними об'єктами*, але мають труднощі з розумінням їх реальних масштабів та відстаней. За даними І.П. Крячка, близько 85% учнів 7-9 класів не можуть правильно порівняти

розміри планет Сонячної системи без спеціальних візуальних допоміжних засобів.

- **Потребують наочних моделей та аналогій.** Мартинюк М.Т. та Ткаченко І.А. підкреслюють, що у цьому віці особливо важливим є використання масштабних моделей, комп'ютерних симуляцій та порівняльних таблиць для формування адекватних уявлень про космічні об'єкти.
- **Мають труднощі з розумінням тривалих космічних процесів.** Часові шкали астрономічних явищ (мільйони та мільярди років) не співвідносяться з повсякденним досвідом учнів, що потребує спеціальних методичних прийомів для їх сприйняття.
- **Схильні до емоційного сприйняття та міфологізації космосу.** Крячко І.П. відзначає, що до 40% учнів цього віку мають некритичне ставлення до псевдонаукової інформації про космос, що вимагає особливої уваги до формування критичного мислення

Для цієї вікової категорії ефективними є такі методичні прийоми:

- Використання масштабних моделей Сонячної системи
- Застосування інтерактивних комп'ютерних програм та симуляторів
- Організація спостережень доступних астрономічних об'єктів (Місяць, планети)
- Проведення віртуальних екскурсій космічними телескопами

#### ***Учні старшої школи (10-11 класи, 16-17 років)***

У старшокласників вже сформовані базові здатності до абстрактного мислення, що дозволяє глибше вивчати астрономічні явища:

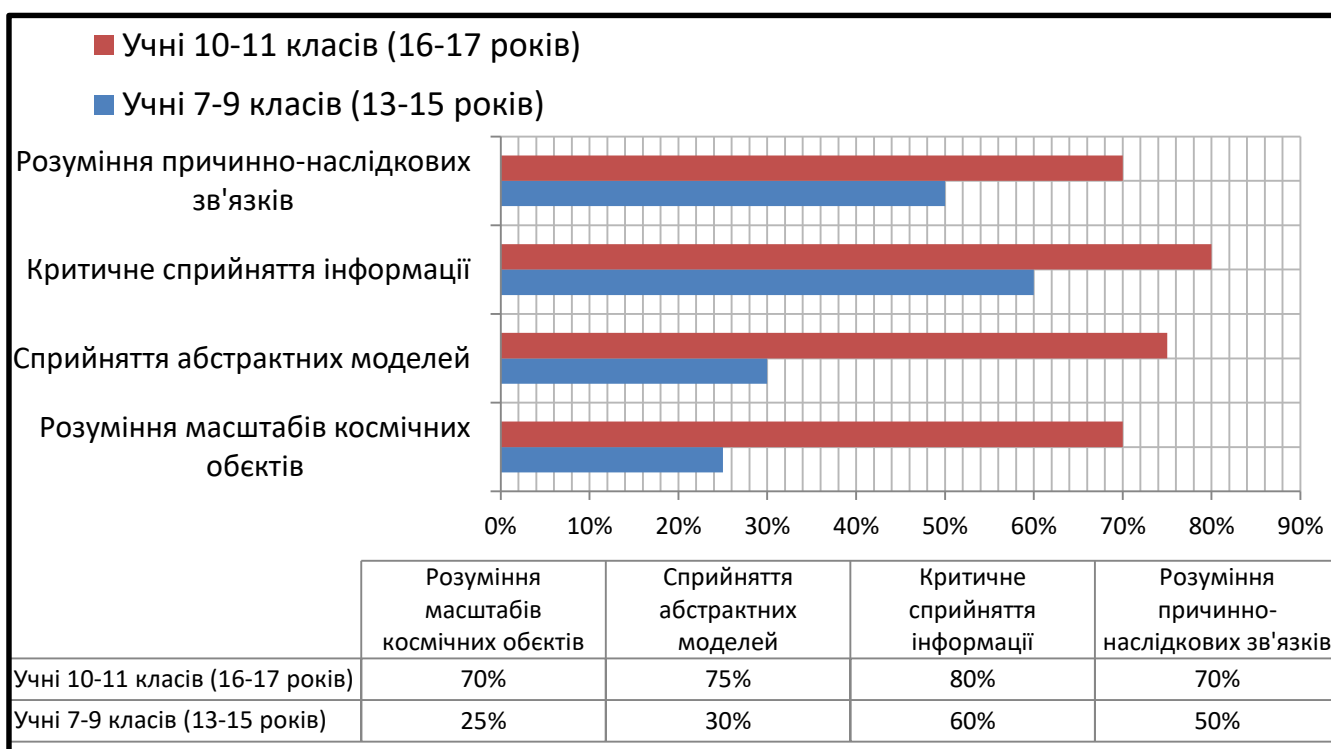
- **Розуміють математичні моделі космічних процесів.** Мартинюк М.Т. та Ткаченко І.А. зазначають, що учні 10-11 класів здатні оперувати складними поняттями, такими як гравітаційне поле, електромагнітне випромінювання, ядерні процеси в зорях.

- **Здатні аналізувати причинно-наслідкові зв'язки** між різними космічними явищами. За даними досліджень, наведеними Савченко В.Ф., до 70% старшокласників успішно встановлюють логічні зв'язки між фізичними процесами та їх проявами в космічних об'єктах.
- **Готові до сприйняття астрофізичних теорій.** Учні цього віку виявляють інтерес до фундаментальних проблем космології: еволюції Всесвіту, чорних дір, темної матерії, космічних об'єктів та їх систем.

Для старшокласників ефективними є такі методичні підходи:

- Виконання дослідницьких проєктів з використанням баз даних віртуальних обсерваторій
- Розв'язування астрофізичних задач підвищеної складності
- Моделювання астрономічних явищ з використанням комп'ютерних програм
- Організація астрономічних спостережень з використанням телескопів

У рамках дослідження було проведено порівняльний аналіз когнітивних можливостей учнів різного віку щодо сприйняття абстрактних космічних понять (Рис. 1), та ефективність методичних підходів (Рис. 2, Рис 3), що



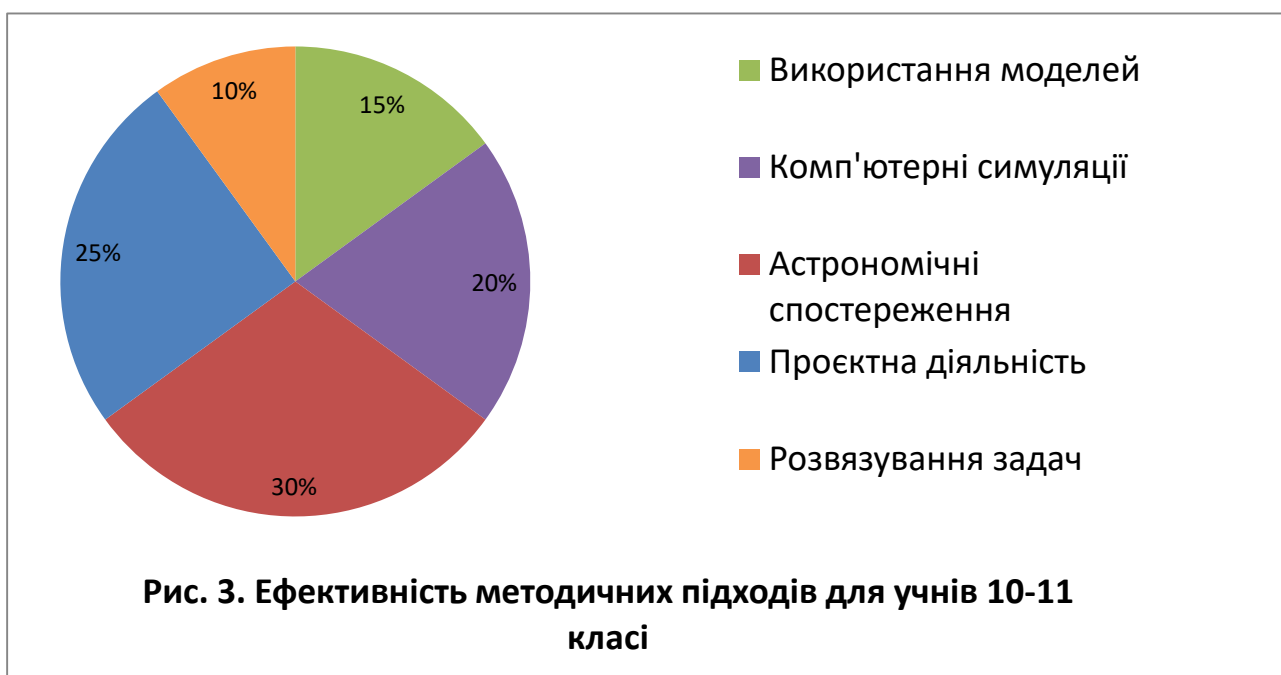
дозволить оптимізувати підбір відповідних методичних прийомів для кожної вікової категорії.



*Рис. 1 Порівняльна діаграма сприйняття космічних понять учнями різного віку*

Космічні явища та об'єкти мають унікальний потенціал для формування наукового світогляду учнів, який реалізується через декілька ключових аспектів:

*1. Формування уявлень про єдність законів природи*



Астрономія дозволяє продемонструвати учням, що закони фізики, які вони вивчають у школі, діють однаково як на Землі, так і у найвіддаленіших куточках Всесвіту: гравітаційна взаємодія пояснює як падіння яблука, так і рух планет навколо Сонця; Закони термодинаміки визначають як роботу побутових приладів, так і еволюцію зір; Закон електромагнетизму пояснюють як роботу електричних пристроїв, так і випромінювання космічних об'єктів.

Як зазначає І.П. Крячко, усвідомлення універсальності фізичних законів сприяє формуванню у учнів цілісної картини світу та подоланню фрагментарності знань.

## *2. Розуміння еволюційних процесів у Всесвіті*

Вивчення еволюції космічних об'єктів (зір, галактик, Всесвіту в цілому) формує у учні: уявлення про динамічність та розвиток Всесвіту; розуміння незворотності певних природних процесів; усвідомлення тривалості космічної еволюції.

Мартинюк М.Т. та Ткаченко І.А. аакценують увагу на тому, що саме вивчення еволюції космічних об'єктів дозволяє подолати статичність у сприйнятті природи, яка часто формується при вивченні інших шкільних предметів.

## *3. Подолання антропоцентризму та усвідомлення місця людини у Всесвіті*

Астрономія має особливе значення для формування адекватних уявлень про місце людини у природі: розуміння масштабів Всесвіту змінює самосприйняття учнів, усвідомлення унікальності умов на Землі формує екологічну свідомість, а також розуміння космічного походження хімічних елементів, що складають людське тіло.

## *4. Інтеграція знань з різних наукових дисциплін*

Астрономія природним чином інтегрує знання з різних шкільних предметів, демонструючи їх взаємозв'язок:

- Фізика – закони руху, випромінювання, взаємодії)
- Хімія – спектральний аналіз, ядерні реакції, хімічний склад космічних об'єктів

- Математика – обчислення орбіт, масштабів, параметрів космічних об'єктів
- Біологія – астробіологія, пошук життя у Всесвіті
- Географія – порівняльна планетологія

Така інтеграція, як зазначають Мартинюк М.Т. та Ткаченко І.А., сприяє формуванню цілісного наукового світогляду та подоланню предметної ізольованості знань

### **Розвиток критичного мислення учнів у процесі вивчення космосу**

Вивчення космічних явищ створює особливо сприятливі умови для розвитку критичного мислення учнів, що реалізується через різні форми навчальної діяльності:

- Аналіз та інтерпретація астрономічних спостережень
- Оцінка альтернативних космологічних моделей
- Розпізнавання псевдонаукових тверджень
- Дослідницькі проекти як засіб розвитку критичного мислення

Розглянемо кожен форму навчальної діяльності для критичного мислення більш детально:

#### **1. *Аналіз та інтерпретація астрономічних спостережень.***

Робота з астрономічними даними розвиває такі компоненти критичного мислення:

- *Вміння відрізняти факти інтерпретацій.* Як зазначає Крячко І.П., при аналізі астрономічних спостережень учні навчаються розрізняти об'єктивні дані (яскравість, спектр, положення об'єкта) та їх теоретичну інтерпретацію (тип об'єкта, відстань до нього, фізичні характеристики).
- *Здатність оцінювати надійність даних.* Учні усвідомлюють роль похибок вимірювання, атмосферних спотворень, обмежень приладів.
- *Розуміння меж застосування наукових моделей.* На прикладі змін астрономічних теорій учні бачать, як наукові моделі уточнюються з отриманням нових даних.

#### **2. *Оцінка альтернативних космологічних моделей***

Історія розвитку уявлень про будову Всесвіту є чудовим матеріалом для розвитку критичного мислення:

- *Порівняння геоцентричної та геліоцентричної систем світу* демонструє учням логіку наукової аргументації та роль спостереження у перевірці теорій.
- *Аналіз сучасних космологічних моделей* ( теорія Великого вибуху, інфляційна модель, теорія струн) показує, як працює наука з об'єктами, недоступними для прямого спостереження.

Мартинюк М.Т. та Ткаченко І.А. підкреслюють, що розгляд альтернативних моделей розвиває в учнів толерантність до невизначеності та розуміння відкритого характеру наукового пізнання

### ***3. Розпізнавання псевдонаукових тверджень***

Астрономія стикається з численними псевдонауковими концепціями, що створює можливість для формування навичок їх критичної оцінки:

- *Аналіз астрологічних прогнозів* дозволяє учням розуміти різницю між науковим та ненауковим підходами до вивчення небесних тіл
- *Критичне оцінювання теорій про відвідування Землі інопланетянами* розвиває навички оцінки доказів та логіки аргументації.
- *Розбір « сенсаційних» повідомлень ЗМІ про космічні загрози* формує здатність до медіаграмотності.

За даними дослідження Савченка В.Ф., після вивчення курсу астрономії значно підвищується здатність учнів критично оцінювати псевдонаукову інформацію про космос (з 27% до 68%).

### ***4. Дослідницькі проекти як засіб розвитку критичного мислення***

Особливо ефективним інструментом розвитку критичного мислення є залучення учнів до виконання дослідницьких проектів з астрономії:

- Аналіз даних віртуальних телескопів (NASA. ESA) та астрономічних бази даних
- Спостереження змінних зір та участь у міжнародних програмах громадянської науки

- Моделювання руху небесних тіл з використанням комп'ютерних програм
- Дослідження екзопланетних систем на основі відкритих баз даних

Як відзначає І.П. Крячко, участь у таких проєктах розвиває не лише критичне мислення, але й навички наукової комунікації, роботи в команді, планування дослідження.

Вивчення космічних явищ також сприяє усвідомленню учнями того, що наука дає остаточних відповідей на всі питання – багато фундаментальних проблем сучасної космології ( природа темної матерії, можливість існування мультивсесвіту, походження життя) залишаються відкритими, що демонструє динамічний характер наукового пізнання.

### **1.3 Сучасні наукові досягнення у галузі фізики космічних явищ**

Вивчення космосу продемонструвало значний прорив останніми роками. Розвиток технологій спостереження – нових космічних телескопів, наземних обсерваторій та детекторів гравітаційних хвиль – надав науковцям доступ до раніше недосяжних даних.

Особливо значні досягнення були зроблені у дослідженні чорних дір, нейтронних зір, гравітаційних хвиль та темної матерії. Експериментальне підтвердження теоретичних передбачень та відкриття абсолютно нових феноменів змушують переглянути усталені уявлення про структуру та еволюцію Всесвіту. Мультимесенджерна астрономія, що поєднує різні методи спостережень, відкрила нову еру космічних досліджень.

#### **Актуальні відкриття у галузі астрофізики та їх відображення у шкільному курсі**

Сучасна астрофізика переживає справжній розквіт, що пов'язаний із вдосконаленням спостережених технологій та методів аналізу даних. У 2019 році команда Event Horizon Telescope представила перше в історії зображення тіні надмасивної чорної діри (рис. 4) в центрі галактики M87. Це відкриття підтвердило теоретичні



Рис.4. Повегі – перше зображення чорної діри (2019) [https://uk.wikipedia.org/wiki/Телескоп\\_горизонту\\_подій](https://uk.wikipedia.org/wiki/Телескоп_горизонту_подій)

передбачення загальної теорії відносності Ейнштейна та відкрило нову еру в дослідженні цих загадкових об'єктів. Інтеграція такого матеріалу у шкільний курс фізики дозволяє учням наочно побачити практичне застосування теоретичних знань та стимулює інтерес до космічних досліджень.

Відкриття гравітаційних хвиль у 2015 році обсерваторією LIGO та подальші спостереження за злиттям нейтронних зір у 2017 році (рис. 5) започаткували нову галузь – гравітаційно-хвильову астрономію. У шкільному курсі ці відкриття можуть бути представлені через міждисциплінарний підхід, показуючи зв'язок між фізикою, математикою та астрономією.

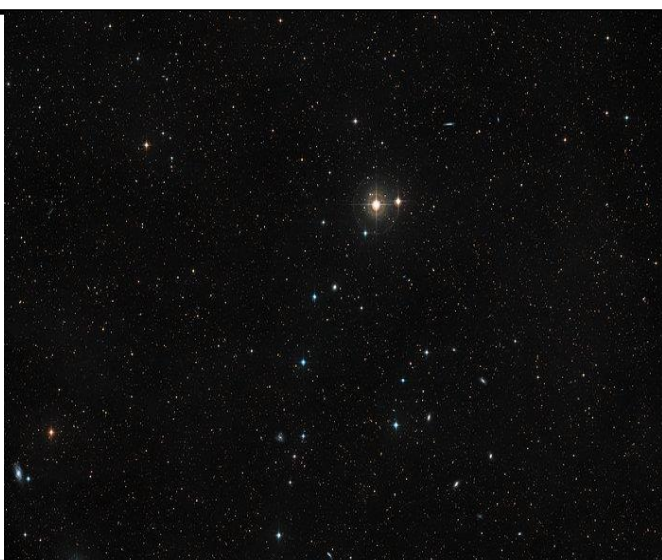


Рис. 5. На цьому зображенні широкого поля, утвореного зі знімків цифрового огляду неба Digitized Sky Survey 2, показано ділянку зоряного неба довкола галактики NGC 4993. В ній відбулося злиття двох нейтронних зір, що спричинило появу гравітаційних хвиль, короткого гамма-сплеску та оптичного випромінювання, ідентифікованих як спалах кілонової. Фото з

сайту [www.eso.org](http://www.eso.org).

Значний прогрес був досягнутий у вивченні екзопланет. Космічні телескопи Kepler та TESS відкрили тисячі планет за межами Сонячної системи, багато з яких розташовані в зоні, придатній для існування життя. Вивчення екзопланет у шкільному курсі може стати частиною тем, пов'язаних з гравітацією, оптикою та спектроскопією.

Актуальним також є дослідження темною матерії та темної енергії, які складають 95% вмісту Всесвіту. Хоча їх природа залишається нез'ясованою, сучасні спостереження за великомасштабною структурою Всесвіту та галактичними скупченнями дозволяють отримувати все більше інформації про ці загадкові компоненти. У шкільному курсі ці поняття можуть бути представлені при вивченні гравітаційної взаємодії та еволюції Всесвіту.

Для ефективного відображення цих відкриттів у шкільному курсі фізики доцільно використовувати інтерактивні методи навчання, включаючи віртуальні лабораторії, комп'ютерні симуляції та онлайн-ресурси. Наприклад, учні можуть моделювати процес формування чорної діри, аналізувати спектри екзопланет або вивчати вплив темної енергії на розширення Всесвіту.

### **Досягнення космічних місій та їх використання у навчальному процесі**

Останнє десятиліття ознаменувалося низкою успішних космічних місій, що значно розширили наші уявлення про Сонячну систему та далекий космос.

***Місія Parker Solar Probe***, запущена NASA у 2018 році (рис. 6), досліджує сонячну корону та сонячний вітер у безпрецедентно близькій відстані. Дані цієї місії допомагають краще зрозуміти процеси, що відбуваються на Сонці, та їх вплив на космічну погоду. У навчальному процесі ці дослідження можуть бути використанні при вивченні електромагнетизму, термодинаміки та плазми.

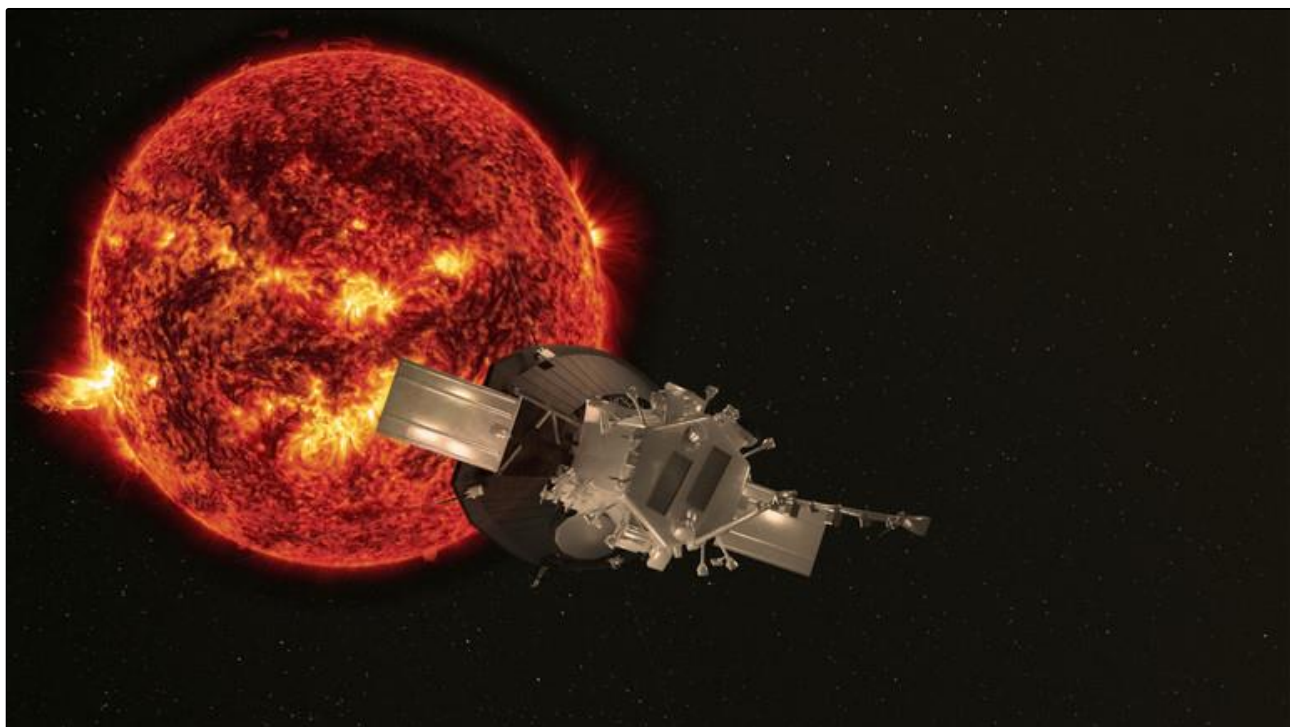


Рис. 6. Parker Solar Probe

JUAN RUIZ PARAMO/GETTY IMAGES

[HTTPS://LIFE.PRAVDA.COM.UA/SOCIETY/ZOND-PARKER-SOLAR-PROBE-ZDIYSNIV-MAKSIMALNE-ZBLIZHENNYA-DO-POVERTIHNI-SONCYA-](https://life.prawda.com.ua/society/zond-parker-solar-probe-zdiyasniv-maksimalne-zblizhennya-do-povertihni-soncy/)

305637/

**Місія космічного телескопа James Webb**, який почав працювати у 2022 році, відкрила нові можливості для вивчення далеких галактик, екзопланет та первісного Всесвіту (рис.7). Його інфрачервоні спостереження дозволяють заглянути за пилові хмари та спостерігати за об'єктами, недоступними для



оптичних телескопів. У шкільному курсі можна використовувати знімки з цього телескопа для ілюстрації принципів оптики та спектроскопії.

Рис. 7. Гравітаційна лінза, створена скупченням Abell S1063. Знімок телескопа James Webb.

(У центрі зображення домінує Abell S1063. Це величезне скупчення галактик, розташоване за 4,5 млрд світлових років від Землі у напрямку до сузір'я Журавля.)

Джерело:

[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2025/05/Webb\\_glimpses\\_the\\_distant\\_past](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2025/05/Webb_glimpses_the_distant_past)

**Місії марсоходів Perseverance (рис. 8) та китайського Тяньвєнь-1(рис.9)**, які досліджують поверхню Марса, здійснюють пошук слідів минулого життя та готують ґрунт для майбутніх пілотованих місій. Результати яких досліджень можуть бути інтегровані у теми, пов'язанні з планетологією, геофізикою та астробіологією.

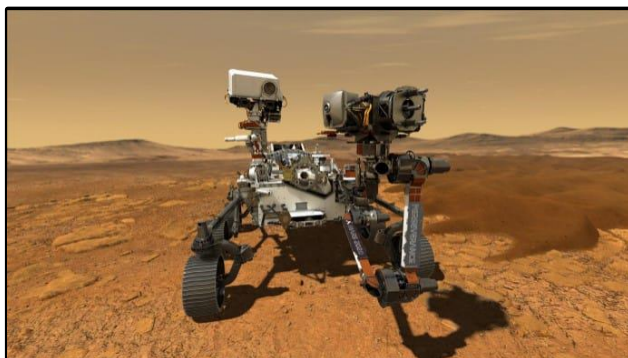


Рис.8 Марсоход Perseverance

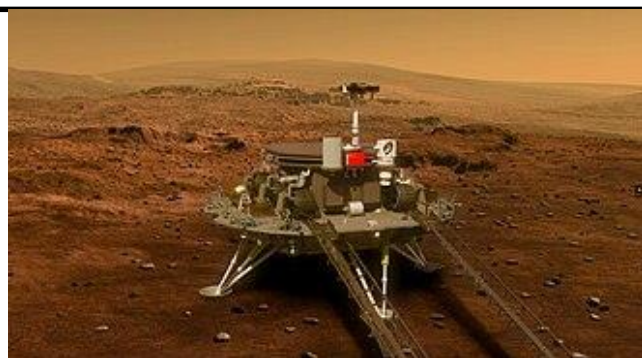


Рис. 9 Марсоход Тяньвєнь-1

[\(https://www.pravda.com.ua/rus/news/2021/01/17/7280182/\)](https://www.pravda.com.ua/rus/news/2021/01/17/7280182/) <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тяньвєнь-1>

**Місія Артеміда**, спрямована на повернення людей на Місяць та створення постійної місячної бази, відкриває нову еру у дослідженні космосу.

Ця програма може бути використана у навчальному процесі для обговорення принципів ракетної техніки, орбітальної механіки та космічної інженерії.

Для ефективного використання досягнень космічних місій у навчальному процесі можна застосувати такі підходи:

1. *Метод проєктів*, при якому учні розробляють власні моделі космічних апаратів або планують віртуальні космічні місії, використовуючи реальні наукові дані.
2. *Аналіз відкритих даних космічних агентств*. Багато космічних агентств, зокрема NASA та ESA, надають відкритий доступ до своїх наукових даних, які можуть бути використані у навчальних цілях.
3. *Віртуальні екскурсії космічними об'єктами*, такими як Міжнародна космічна станція, поверхня Марса або інші планети Сонячної системи.
4. Організація шкільних астрономічних спостережень з подальшим порівнянням отриманих результатів з даними професійних обсерваторій та космічних телескопів.

### **Перспективні напрямки дослідження космосу та їх популяризація серед школярів**

Серед перспективних напрямків досліджень космосу, які мають значний потенціал для популяризації серед школярів, можна виділити наступні:

1. *Пошук ознак життя за межами Землі*. Дослідження Марса, супутників Юпітера (Європа, Ганімед) та Сатурна (Енцелад, Титан) спрямовані на пошук умов, придатних для існування життя. Ця тема викликає природний інтерес у школярів та дозволяє обговорювати міждисциплінарні питання на стику фізики, хімії та біології.
2. *Розробка технологій для тривалих космічних польотів*. Плани з колонізації Марсу та інших тіл Сонячної системи вимагають вирішення складних технічних завдань, пов'язаних із захистом від радіації, забезпеченням життєдіяльності та психологічною адаптацією космонавтів. Ці питання можуть бути використанні для проведення міждисциплінарних проєктів у школі.

3. *Вивчення фізики екстремальних об'єктів, таких як нейтронні зорі, чорні діри та активні ядра галактик.* Ці дослідження дозволяють перевіряти фундаментальні фізичні теорії в умовах, недосяжних у земних лабораторіях.
4. *Розвиток багатоканальної астрономії, яка поєднує спостереження в різних діапазонах електромагнітного спектра, а також реєстрацією гравітаційних хвиль та нейтрино.*

Для популяризації цих напрямків серед школярів можна використовувати різноманітні форми роботи:

1. Організація астрономічних гуртків та факультативів з можливістю проведення власних спостережень та дослідів.
2. Проведення наукових пікніків, фестивалів науки та ехнології, де учні можуть ознайомитися з сучасними досягненнями космонавтики.
3. Участь у міжнародних освітніх програмах, таких як World Space Week, International Observe the Moon Night та Global Astronomy Month.
4. Використання мобільних додатків та онлайн-ресурсів для віртуальних екскурсій космосом, таких як NASA's Eyes, Stellarium або WorldWide Telescope.
5. Організація зустрічей з науковцями та інженерами, що працюють у галузі космічних досліджень.

Важливо, щоб популяризація космічних досліджень серед школярів поєднувала в собі науковий зміст та емоційну складову, викликаючи захоплення та інтерес до пізнання Всесвіту. Це сприятиме не лише засвоєнню знань з фізики та астрономії, але й формуванню наукового світогляду та критичного мислення учнів.

## **Розділ 2. Методичні аспекти викладання фізики космічних явищ**

### ***2.1 Методи і прийоми вивчення космічних явищ у школі.***

Вивчення космічних явищ у шкільному курсі фізики та астрономії відіграє визначну роль у формуванні наукового світогляду учнів, розвитку їхнього просторового мислення та розуміння фундаментальних законів природи. Сучасна освіта потребує ефективних методів і прийомів, які зроблять процес пізнання космосу доступним, цікавим та актуальним для школярів. Розглянемо основні підходи до вивчення космічних явищ, доцільні для використання у сучасній школі.

***Класичні методичні підходи до вивчення космічних явищ.*** Класичні методи вивчення космічних явищ, що формувалися протягом багатьох десятиліть, створюють фундамент для сучасної методики викладання астрономічних тем у курсі фізиці. Ці підходи довели свою ефективність і залишаються актуальними.

***Наочно-ілюстративний метод*** передбачає використання моделей небесних тіл, схем, карт зоряного неба, атласів та глобусів планет. Ці посібники допомагають учням сформувати просторове уявлення про космічні об'єкти. Демонстрація моделі Сонячної системи наочно пояснює рух планет, зміну пір року та фази місяця.

***Астрономічні спостереження*** дозволяють учням безпосередньо сприймати космічні явища та перевіряти теоретичні знання на практиці. Для проведення спостережень використовуються телескопи, бінокль або неозброєне око. Класичний приклад – спостереження за фазами Місяця протягом місяця з фіксацією результатів.

***Розв'язування астрономічних задач*** розвиває аналітичне мислення та вміння застосовувати фізичні закони до космічних процесів. Задачі на визначення відстаней до небесних тіл, їхніх розмірів, маси та світності зірок є важливою складовою навчального процесу.

*Робота з астрономічними календарями та довідниками* допомагає опанувати навички пошуку та аналізу інформації про космічні об'єкти. Використання зоряних карт розвиває вміння орієнтуватися на небі.

*Лабораторні роботи* з використанням моделей небесних тіл сприяють кращому розумінню фізичних процесів у космосі. Наприклад, моделювання затемнень допомагає зрозуміти механізм цих явищ.

Використання класичних методів вивчення космічних явищ створює міцну основу для формування в учнів базових знань про будову Всесвіту та процеси, що в ньому відбуваються.

### **Інноваційні методи викладання космічної фізики**

Сучасний освітній процес активно використовує інноваційні методи викладання, які розширюють можливості для вивчення космічних явищ та підвищують мотивацію учнів.

*Цифрові планетарії та віртуальні обсерваторії* (Stellarium, WorldWide Telescope, Celestia) модулюють зоряне небо в будь-який момент часу та з різних точок спостереження. Вони дозволяють демонструвати віддалені галактики, туманності, рух планет та інші явища, які неможливо спостерігати безпосередньо.

*Використання даних з космічних телескопів та міжпланетних станцій* надає можливість працювати з найсучаснішими науковими результатами. Багато космічних агентств NASA та ESA, надають відкритий доступ до архівів зображень та інших даних, які можуть бути використані у навчальному процесі. Наприклад, аналіз знімків поверхні Марса, отриманих марсоходами.

*Технології доповненої та віртуальної реальності (AR/VR)* дозволяють «накладати» зображення сузір'їв на реальне небо або здійснювати віртуальні подорожі Сонячною системою, що сприяє кращому запам'ятовуванню матеріалу.

**Інтерактивні симуляції** (наприклад, Universe Sandbox) дають можливість експериментувати з параметрами космічних системи, моделювати гравітаційну взаємодію, зіткнення планет та еволюцію зірок.

**Метод кейсів** дозволяє аналізувати реальні або гіпотетичні космічні ситуації, наприклад оцінювати придатність екзопланет для життя на основі наявних даних.

**Онлайн-екскурсії** до обсерваторій та планетаріїв уможливають віртуальні відвідування науково-дослідних установ незалежно від їх розташування.

**Космічні STEM-проекти**, сприяють інтеграції знань з різних предметів. Наприклад, проект з розробки моделі супутника потребує знань з фізики, математики, інформатики та технологій.

Ці інноваційні методи роблять вивчення космосу більш динамічним, наочним та захопливим для сучасних школярів.

### **Проблемно-пошуковий підхід до вивчення космічних явищ**

Проблемно-пошуковий підхід особливо цінний у вивченні космічних явищ, оскільки він дозволяє учням самостійно відкривати нові факти та закономірності, розвиваючи критичне мислення та дослідницькі навички.

**Створення проблемних ситуацій** стимулює пізнавальну активність учнів. Наприклад, питання «Чому на Венері, яка знаходиться далі від Сонця, ніж Меркурій, температура поверхні вища?» спонукає до пошуку інформації, висунення гіпотез та їх перевірки.

**Метод евристичної бесіди** передбачає послідовне наближення до розуміння складних космічних явищ через систему логічно пов'язаних запитань. При обговоренні пошуку позаземного життя вчитель поступово веде учнів від умов, необхідних для життя на Землі, до аналізу можливості існування таких умов на інших планетах.

**Дослідницькі проекти** з космічної тематики дозволяють самостійно дослідити певне явище. Наприклад, дослідження сонячної активності може

включати спостереження за сонячними плямами та аналіз їхнього впливу на Землю.

**Наукові дискусії та дебати** розвивають комунікативні навички та вміння аргументувати власну позицію. Це можуть бути дискусії про етичні аспекти колонізації Марса або пошук відповіді на питання про існування інших цивілізацій.

**Творчі завдання**, пов'язані з модулюванням космічних ситуацій, сприяють розвитку креативного мислення. Прикладом є розробка проекту космічної станції для дослідження атмосфери Венери.

**Аналіз наукових текстів та новин** розвиває критичне мислення та вміння відрізняти наукові факти від гіпотез та псевдонаукових тверджень.

Цей підхід формує в учнів власне бачення космічних процесів, розвиває навички самостійного здобуття знань та критичного аналізу інформації.

Ефективне вивчення космічних явищ у школі потребує комплексного підходу, який поєднує в собі класичні методичні прийоми, інноваційні технології та проблемно-пошукові методи. Класичні методи створюють міцну основу для формування базових знань про космос, інноваційні технології дозволяють розширити можливості для вивчення недоступних для безпосередньо спостереження явищ, проблемно-пошуковий підхід розвиває критичне мислення та дослідницькі навички учнів.

Важливо, щоб вимір методів та прийомів вивчення космічних явищ відповідав віковим особливостям учнів, був спрямований на формування цілісної картини світу та сприяв розвитку інтересу до наукового пізнання Всесвіту. Сучасний вчитель має володіти широким арсеналом методичних прийомів та вміти гнучко їх застосовувати залежно від конкретних освітніх завдань та потреб учнів.

## **2.2 Використання демонстраційного експерименту.**

Демонстраційний експеримент є один із найефективніших засобів навчання фізики, що дозволяє унаочнити складні явища та процеси, в тому числі й ті, що відбуваються у космічному просторі. Особливість вивчення космічних

явищ полягає в тому, що безпосереднє спостереження за більшістю з них є недоступним у шкільних умовах, а масштаби космічних процесів часто виходять за межі повсякденного досвіду учнів. Саме тому демонстраційний експеримент, який моделює космічні явища, набуває особливого значення в навчальному процесі. Він дозволяє зробити абстрактні поняття космічної фізики більш конкретними та зрозумілими, стимулює пізнавальний інтерес учнів та сприяє формуванню в них наукового світогляду. Розглянемо різноманітні аспекти використання демонстраційного експерименту для вивчення космічних явищ у шкільному курсі фізики.

### **Фізичні експерименти для демонстрації космічних явищ**

Фізичні експерименти, що моделюють космічні явища, мають особливе значення для розуміння учнями фундаментальних фізичних законів, які діють у Всесвіті. Вони наочно демонструють космічні процеси та формують уявлення про єдність законів фізики та Землі за її межами.

*Демонстрація гравітаційної взаємодії* здійснюється за допомогою приладу «гравітаційна лійка». Він складається з гумової мембрани, натягнутої на кільце, та металевих кульок різної маси. Кулька в центрі мембрани спричиняє її прогинання (аналог викривлення простору-часу масивним тілом), а інша кулька, запущена по колу, демонструє орбітальний рух. Цей експеримент наочно пояснює такі поняття як гравітаційне поле, орбітальний рух планети та закони Кеплера.

*Для демонстрації невагомості* використовується «капсула невагомості» прозора посудина з водою та повітряною бульбашкою, яка при вільному падінні показує стан невагомості. Це допомагає зрозуміти, що невагомість – не відсутність гравітації, а стан компенсації гравітаційних сил іншими силами.

*Експеримент з електромагнітними явищами* демонструють природу магнітного поля планет та зірок. Наприклад, генерація магнітного поля провідником зі струмом або використання магнітної стрілки для моделювання взаємодії заряджених частинок сонячного вітру з магнітосферою Землі.

**Демонстрація фаз Місяця та затемнення** проводиться з простими моделями: джерело світла (Сонце), глобус (Земля) та м'яч (Місяць). Це показує зміну освітленої частини Місяця та умов виникнення затемнень.

**Експерименти з тиском та станом речовини** допомагають зрозуміти умови на інших планетах. Демонстрація залежності температури кипіння води від тиску пояснює, чому на Марсі вода не може існувати в рідкому стані на поверхні.

Такі експерименти роблять навчальний процес наочним та ефективним, допомагаючи учням краще зрозуміти закони, що керують Всесвітом.

### **Моделювання космічних процесів в умовах шкільного кабінету фізики**

Моделювання космічних процесів у шкільному кабінеті фізики дозволяє демонструвати явища, які неможливо спостерігати безпосередньо через їхні масштаби, тривалість бо віддаленість. Створення фізичних моделей космічних об'єктів та процесів сприяє формуванню в учні глибшого розуміння будови та еволюції Всесвіту.

**Модель Сонячної системи** може бути виготовлення у вигляді рухомої конструкції з дотриманням відносних розмірів та відстаней. Така модель наочно демонструє зміну пір року, фази Місяця та затемнення.

**Для моделювання процесів на Сонці** використовують пристрої, що демонструють конвекцію та магнітні поля. Посуди з підфарбованою водою, яка нагрівається знизу, показує конвективні потоки, подібні до сонячних. Залізні ошурки та магніти моделюють магнітні поля сонячних плям.

**Моделювання чорних дір** здійснюється за допомогою гумового полотна та важких кульок. Кулька, що створює западину в полотні, демонструє викривлення простору-часу. Відхилення світла поблизу масивних об'єктів імітують малі кульки, які котяться по полотну.

**Для демонстрації розширення Всесвіту** використовують повітряну кульку з намальованими «галактиками». При надуванні кульки відстань між усім точками збільшуються, демонструючи однорідне розширення Всесвіту згідно із законом Габбла.

**Моделювання кратероутворення** на поверхні планет здійснюється шляхом кидання дрібних предметів у ємність з піском або мукою, що демонструє формування рельєфу небесних тіл під впливом метеоритів.

**Атмосферні явища на інших планетах** демонструють у закритих посудинах. Додавання барвників до рідини та її нагрівання дозволяє спостерігати за утворенням вихорів, подібних до атмосферних вихорів на газових гігантах.

**Масштабні моделі** допомагають усвідомити розміри космічних об'єктів. Якщо Сонце представити як м'яч діаметром 1 метр, то Земля буде розміром з горошинку на відстані 107 метрів.

Таке моделювання не лише збагачуючи теоретичні знання учнів, але й розвиває їхні дослідницькі навички та творче мислення.

### **Віртуальні лабораторії у вивченні космічних явищ**

Сучасні інформаційні технології відкривають нові можливості для вивчення космічних явищ через використання віртуальних лабораторій. Вони дозволяють моделювати процеси, які неможливо відтворити в реальному шкільному експерименті через їхню складність, небезпечність або потребу в дорогому обладнанні.

**Віртуальні планетарії** (Stellarium, Celestia, WorldWide Telescope) – можна демонструвати явища, які важко спостерігати в реальності: затемнення, проходження планет по диску Сонця, метеорні потоки.

**Симулятори космічних польотів** (Universe Sandbox, Space Engine) дають можливість здійснювати віртуальні подорожі Сонячною системою. Учні можуть спостерігати за планетами зблизька, вивчати їхню поверхню та моделювати різні сценарії: зіткнення планет, формування планетних систем, еволюцію зірок.

**Віртуальні фізичні лабораторії** (PhET Interactive Simulations) містять модулі для вивчення гравітації, електромагнетизму, оптики та інших розділів фізики, пов'язаних з космічними явищами. Вони дозволяють проводити

експерименти, змінюючи параметри та спостерігаючи за результатами в реальному часі.

*Мобільні додатки з доповненою реальністю* (Star Walk, SkyView) накладають зображення небесних об'єктів на реальне небо через камеру пристрою, роблячи астрономічні спостереження доступнішими.

Для ефективного використання віртуальних лабораторій важливо розробляти методичні рекомендації та завдання, які спрямовують діяльність учнів. Такі лабораторії не замінюють реальні експерименти, але значно розширюють можливості для вивчення космічних явищ у шкільному курсі фізики.

Використання демонстраційного експерименту для вивчення космічних явищ є ключовим елементом сучасної методики викладання фізики та астрономії. Фізичні експерименти, моделювання та віртуальні лабораторії роблять складні космічні процеси більш зрозумілими та наочними для учнів.

Комплексний підхід, що поєднує реальні фізичні демонстрації з комп'ютерним моделюванням, найефективніше формує в учні цілісне уявлення про Всесвіт. При цьому важливо забезпечити взаємозв'язки між теоретичним матеріалом та експериментальною діяльністю, щоб учні могли встановлювати причинно-наслідкові зв'язки та робити обґрунтовані висновки.

Сучасний вчитель фізики має володіти широким арсеналом демонстраційних експериментів та вміти ефективно їх використовувати залежно від конкретних навчальних цілей та технічних можливостей школи. Важливо заохочувати творчий підхід учнів до експериментальної діяльності, залучати їх до самостійного планування та проведення дослідів, що моделюють космічні явища.

Такий підхід не тільки сприяє кращому засвоєнню навчального матеріалу, але й розвиває в учнів критичне мислення, дослідницькі навички та інтерес до наукового пізнання Всесвіту.

### **2.3 Інформаційно-комунікаційні технології у вивченні космічних явищ.**

Інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ)) стали невід'ємною частиною сучасної світи, особливо у галузі природничих наук. Вивчення космічних явищ, яке традиційно стикалося з проблемою унаочнення та демонстрації процесів, що відбуваються на недосяжних відстанях та в недоступних для безпосереднього спостереження умовах, отримало з розвитком ІКТ потужний інструментарій для подолання цих обмежень. Сучасні технології дозволяють не лише візуалізувати космічні об'єкти та процеси, але й моделювати їх, створювати інтерактивні навчальні середовища, забезпечувати доступ до актуальних наукових даних та здійснювати віртуальні подорожі космосом. Використання ІКТ у вивченні космічних явищ відкриває нові можливості для розвитку пізнавального процесу. Розглянемо основні напрямки застосування інформаційно-комунікаційних технологій у вивченні космічних явищ та їх роль у модернізації шкільної фізичною освіти.

#### **Мультимедійні технології в навчанні космічній фізиці**

Мультимедійні технології, які поєднують текст, графіку, аудіо, відео, та анімацію, є потужним засобом візуалізації та представлення навчального матеріалу з космічної фізики. Вони дозволяють створювати образне уявлення про явища та процеси, які неможливо спостерігати безпосередньо, та сприяють кращому засвоєнню складного теоретичного матеріалу.

*Презентації PowerPoint* структурують матеріал, супроводжуючи його якісними зображеннями космічних об'єктів, діаграми та відеофрагментами. Для підвищеної ефективності важливо дотримуватись принципів когнітивного навантаження та використовувати анімацію для демонстрації динамічних процесів.

*Навчальні відеоматеріали про космос* є цінним ресурсом для вивчення космічних явищ. Вони включають науково-популярні фільми, відеолекції, документальні стрічки про космічні місії та наукові відриття. Особливо корисними є відеоматеріали, створенні такими організаціями, як NASA, ESA,

Європейська південна обсерваторія (ESO), оскільки вони базуються на найновіших наукових даних та часто містять високоякісні візуалізації космічних процесів. Наприклад, серія відео NASA про екзопланети або ESA про місію Rosetta до комети Чурюмова-Герасименка.

**Інтерактивні мультимедійні комплекси**, такі як «Цифрові лабораторії з фізики», дозволяють поєднувати теоретичний матеріал з проведенням віртуальних експериментів. Наприклад, вивчення спектрів випромінювання різних джерел світла може бути здійснено за допомогою цифрового спектрометра, а результати порівняні зі спектрами небесних тіл.

**Тривимірні моделі та анімації космічних об'єктів** надають учням змогу розглядати їх з різних ракурсів та спостерігати за процесами, що відбуваються в космосі. Наприклад, 3D-модель Сонячної системи дозволяє візуалізувати рух планет, їхні орбіти та взаємне розташування. Анімація процесів формування зірок, еволюції галактик, вибухів наднових зірок допомагають учням зрозуміти складні астрофізичні явища.

**Технології віртуальної та доповненої реальності (VR та AR)**. За допомогою VR-окулярів учні можуть віртуально мандрувати Сонячною системою, досліджувати планети та космічні об'єкти зблизька. AR-додатки, такі як Sky Map та StarWalk, поєднують реальний світ з інформацією про зірки та планети, відображаючи їх на екрані смартфона, допомагають в навігації по нічному небі.

**Інтерактивні електронні підручники та посібники** з елементами мультимедіа дозволяють учням самостійно вивчати матеріал у власному темпі, виконувати інтерактивні завдання та проходити тестування для самоперевірки.

Важливим аспектом використання мультимедійних технологій є їх інтеграція з традиційними методами навчання. Вчитель має забезпечити баланс між використанням мультимедіа та іншими формами роботи, такими як обговорення, практичні завдання, спостереження та експериментами.

### **Використання астрономічних програм та симуляторів**

Астрономічні програми та симулятори є спеціалізованим програмним забезпеченням, яке дозволяє моделювати космічні об'єкти та процеси, здійснювати віртуальні спостереження та експерименти. Їх використання в навчальному процесі значно розширює можливості для вивчення космічних явищ.

**Віртуальні планетарії ( *Stellarium, Celestia, WorldWide Telescope* )** є потужними інструментами для вивчення зоряного неба:

- Спостереження неба з будь-якої точки Землі в будь-який час
- Відображення сузір'їв, зірок, планет, супутників, астероїдів і комет
- Збільшення зображень для детального вивчення
- Відстежування руху небесних тіл у різних режимах
- Моделювання затемнень, проходжень планет по диску Сонця та метеоритних потоків

Наприклад, за допомогою програми Stellarium можна проводити віртуальні екскурсії зоряним небом, вивчати видимий рух Сонця протягом року, спостерігати за фазами Місяця та положенням планет.

**Симулятори космічних системи ( *Universe Sandbox, Space Engine* )** дозволяють не лише спостерігати за космічними об'єктами, але і моделювати різні сценарії їхньої взаємодії. Наприклад, Universe Sandbox дозволяє:

- Створювати та модифікувати планетні системи
- Моделювати гравітаційну взаємодію між небесними тілами
- Симулювати зіткнення планет та астероїдів
- Вивчати вплив фізичних параметрів на еволюцію космічних об'єктів
- Візуалізувати кліматичні зміни на планетах

**Програми для аналізу астрономічних даних ( *CLEA, Aladdin Sky Atlas* )** дозволяють працювати з реальними науковими даними, отриманими космічними телескопами та наземними обсерваторіями. Учні можуть аналізувати спектри зірок, вимірювати відстані до галактик, досліджувати криві блиску змінних зірок а багато чого іншого.

*Симулятори космічних місій (Orbiter, Kerbal Space Program)* модулюють процеси запуску та керування космічними апаратами. Вони дозволяють учням зрозуміти принципи ракетної техніки, орбітальної механіки та навігації у космосі.

*Програми для обробки астрономічних зображень (FITS Liberator, DeepSkyStacker)* дозволяють працювати зі знімками космічних об'єктів, прокращувати їхню якість, виділяти окремі деталі а проводити фотометричні вимірювання. Це особливо корисно при роботі з власними астрономічними спостереженнями.

Для ефективного використання цих програм важливо розробляти спеціальні навчальні активності та завдання, які спрямовують діяльність учнів та допомагають їм досягти конкретних освітніх цілей. Наприклад:

- Віртуальні лабораторні роботи з використанням планетаріїв та симуляторів.
- Проектні завдання з дослідженням космічних об'єктів та явищ.
- Інтерактивні вправи на визначення положення небесних тіл, розрахунки їхніх параметрів тощо.
- Творчі завдання з моделювання власних планетних систем або космічних місій.

### **Інтеграція мобільних додатків у процес вивчення космосу**

Стрімкий розвиток мобільних технологій створює сприятливі умови для їх інтеграції у процес вивчення космосу, перетворюючи смартфони та планшети на потужні навчальні інструменти, які завжди доступні учням.

*Мобільні планетарії та карти зоряного неба (Star Wolk, Sky Map, SkyView, Star Chart)* використовують GPS, гіроскоп та компас пристрою для точного відображення зоряного неба у напрямку, куди спрямований смартфон. Це дозволяє легко ідентифікувати небесні об'єкти під час реальних спостережень, а інформація про їхні характеристики сприяє розширенню знань.

*Додатки з доповненою реальністю AR (Solar Walk, Universe AR, NASA Spacecraft 3D)* накладають віртуальні зображення космічних об'єктів на реальне середовище. Учні можуть розглядати тривимірні моделі планет та космічних апаратів з різних ракурсів, вивчаючи їхню будову та особливості.

*Мобільні додатки для спостереження за космічними подіями (ISS Detector, Meteor Shower Calendar, Eclipse Guide)* надсилають сповіщення про проходження Міжнародної космічної станції, метеорні потоки, затемнення та інші цікаві події, які можна спостерігати з певної місцевості. *Освітні космічні додатки*, розроблені науковими організаціями, такими як *NASA, ESA* та *Space Center Houston*, пропонують структуровану інформацію, інтерактивні завдання та доступ до новин і медіаматеріалів з космосу. Це стимулює учнів до проведення самостійних астрономічних спостережень.

Впровадження QR-кодів, розміщених у навчальних просторах, надають учням доступ до додаткової інформації, відеороликів та інтерактивних завдань в класі, астрономічному осередку чи на шкільній астрономічній експозиції. Сучасні смартфони з якісними камерами у поєднанні зі спеціальними адаптерами можуть бути використані для фотографування небесних тіл через телескоп (метод афокальної проекції). Додатки для астрофотографії:

- NightCap Camera, ProCam – дозволяють оптимізувати налаштування камери для зйомки нічного неба;
- Sapseed, Adobe Lightroom Mobile – допомагають покращити якість отриманих знімків.

Для ефективною інтеграції мобільних додатків необхідні методичні рекомендації та сценарії уроків, які включають роботу з мобільними пристроями, а також альтернативні варіанти завдань для учнів без відповідних пристроїв. Перевагами використання є доступність, інтерактивність, персоналізація навчання та можливість використання поза межами класу. Це сприяє формуванню стійкого інтересу до вивчення космосу та розвитку навичок самостійного здобуття знань.

Впровадження ІКТ у вивченні космічних явищ не лише підвищує ефективність навчального процесу, але й сприяє формуванню в учнів ключових компетентностей, необхідних у сучасному світі: інформаційно-цифрової, науково-природничої, математичної, вміння вчитися та інших. Це готує учнів до життя в технологічно розвиненому суспільстві та можливої майбутньої професійної діяльності у галузях, пов'язаних з космічними дослідженнями.

## **Розділ 3. Розробка навчально-методичних матеріалів для вивчення фізики космічних явищ**

### **3.1 Розробка уроків з космічної тематики.**

У даному розділі представлено авторські методичні розробки уроків з космічної тематики для вивчення фізики на старшому етапі навчання. Вибір тематики уроків обумовлений потребою формування в учнів цілісного уявлення про фізичні процеси, що відбуваються у космічному просторі, розуміння фундаментальних законів фізики на прикладі космічних об'єктів та явищ.

Розроблені уроки спрямовані на реалізацію компетентнісного підходу та формування наукового світогляду учнів. Тематика космічної фізики має значний мотиваційний потенціал, оскільки дозволяє продемонструвати застосування фізичних законів у поясненні захоплюючих космічних явищ та процесів, що суттєво підвищує інтерес учнів до вивчення фізики.

При розробці уроків було приділено особливу увагу використанню сучасних педагогічних технологій, інтерактивних методів навчання та мультимедійних засобів, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу та розвитку критичного мислення учнів. Кожен урок побудовано за єдиною структурою, яка включає.

- Мету та завдання уроку
- Необхідне обладнання та засоби навчання
- Хід уроку з детальним описом кожного етапу
- Дидактичні матеріали та завдання для учнів
- Методичні рекомендації для вчителя
- Систему оцінювання навчальних досягнень

Всі наступні методичні розробки уроків детально показані в додатку А і загальні методичні рекомендації о всіх уроків у додатку Б

**Методична розробка уроку «Гравітаційна взаємодія та космічні польоти»**

Урок присвячено вивченню гравітаційної взаємодії як фундаментальної фізичної сили. Мета – формування розуміння природи гравітації, законів Кеплера, закону всесвітнього тяжіння та їх застосування в космонавтиці.

Основні питання:

- Історія розвитку уявлень про гравітацію
- Закон всесвітнього тяжіння Ньютона
- Закони Кеплера руху планет
- Космічні швидкості та траєкторії космічних апаратів
- Гравітаційні маневри в космічних місіях

Практична частина включає комп'ютерне моделювання руху космічних тіл, розрахунок траєкторій при різних умовах, перегляд відеоматеріалів про реальні космічні місії. Особлива увага – українським досягненням у космонавтиці. Закріплення через розв'язання задач різної складності.

### **Методична розробка уроку «Еволюція зір: від народження до загибелі»**

Урок формує уявлення про фізичні процеси еволюцій зір. Мета – розкрити взаємозв'язок між масою зір та її еволюційним шляхом, пояснити механізми енергетичного балансу зір. Основні питання:

- Формування зір з міжзоряної речовини
- Умови запуску термоядерних реакцій
- Діаграма Герцшпрунга-Рассела
- Стадії існування зір
- Кінцеві стадії: білі карлики, нейтронні зорі, чорні діри
- Роль зоряної еволюції в утворенні хімічних елементів

Використовуються комп'ютерні моделі еволюцій зір, інфографіка внутрішньої будови. Учні створюють порівняльну таблицю еволюційних зір різної маси. Проводиться демонстрація гравітаційного колапсу, групова робота з аналізу зоряних спектрів. Домашнє завдання – творчий проєкт

«Життєвий шлях Сонця» з прогнозуванням еволюції та наслідків для Сонячної системи.

### **Методична розробка уроку «Фізика чорних дір та їх властивості»**

Урок присвячено чорним дірам - одним з найзагадковіших об'єктів Всесвіту. Мета - формування наукових уявлень про їх природу, властивості та методи дослідження. Основні питання:

- Історія відкриття концепції чорних дір
- Умови утворення різних типів чорних дір
- Горизонт подій та сингулярність
- Властивості простору-часу поблизу чорних дір
- Випромінювання Гокінга
- Методи спостереження чорних дір
- Роль чорних дір у галактичній еволюції

У ході уроку використовуються інтерактивні комп'ютерні моделі, що демонструють викривлення простору-часу поблизу чорних дір, симуляції акреційних дисків та джетів, а також візуалізації результатів спостережень реальних чорних дір, зокрема знімки чорної діри в центрі галактики M87, отримані телескопом Event Horizon. Проводяться аналогії з земними процесами, розв'язування завдань на розрахунок радіуса Шварцшільда та приливних сил.

Завершується дискусією про актуальні дослідження, можливості використання для міжзоряних подорожей та інформаційний парадокс.

### **Методична розробка уроку « Сонячна система як фізична система»**

Урок формує цілісне уявлення про Сонячну систему як фізичну систему, де діють фундаментальні закони. Мета - пояснити процеси, що визначають структуру системи та властивості її складових. Основні питання:

- Структура та межі Сонячної системи
- Фізичні властивості Сонця
- Параметри планет та закономірності їх зміни
- Малі тіла: астероїди, комети, транснептунові об'єкти
- Процеси формування планетних систем
- Методи дослідження та їх фізичні основи

Використовується масштабна модель системи, проводиться порівняльний аналіз характеристик планет за даними космічних місій. Практична робота включає визначення маси планет через параметри руху супутників з використанням законів Кеплера.

Розглядаються сучасні методи дослідження (спектральний аналіз, радіолокація, космічні апарати), українські проєкти та внесок вітчизняних вчених.

Домашнє завдання - створення інфографіки взаємозв'язку фізичних параметрів планет та їх положення в системі.

### **3.2 Розробка позакласних заходів з космічної тематики.**

У сучасній освіті позакласні заходи відіграють важливу роль у розширенні знань учнів, формуванні інтересу до предмету та розвитку творчих і дослідницьких навичок. Особливо актуальною є космічна тематика, яка має високий мотиваційний потенціал для формування наукового світогляду. Цей підрозділ містить авторські розробки позакласних заходів для популяризації фізики космічних явищ та астрономії серед учнів загальноосвітніх закладів.

При створенні методичних розробок враховано принципи STEM-освіти, міждисциплінарності та наскрізних ліній навчання. Заходи поєднують фізику, астрономію, інформатику, математику, біологію та історію, демонструючи інтегрований характер сучасної науки. Активно використовуються цифрові технології та онлайн-ресурси для формування компетентностей XXI століття.

## **Розробка сценарію тижня фізики та астрономії**

Тиждень фізики та астрономії є комплексним заходом, що передбачає проведення протягом навчального тижня серії взаємопов'язаних освітніх та розважальних заходів, об'єднаних космічною тематикою. Метою тижня є підвищення інтересу учнів до вивчення фізики та астрономії, демонстрація міждисциплінарних зв'язків, залучення до активної науково-пізнавальної діяльності.

### ***Сценарій тижня фізики та астрономії "Космос відкриває таємниці"***

#### **День 1: "Відкриття Всесвіту"**

- Урочисте відкриття тижня фізики та астрономії
- Виставка учнівських творчих робіт "Моя космічна місія"
- Науково-популярна лекція "Сучасні дослідження космосу" з запрошенням науковця з місцевого університету або онлайн-зустріч з астрономом
- Демонстрація науково-популярного фільму про космос з подальшим обговоренням

#### **День 2: "День космічних технологій"**

- Конкурс технічної творчості "Модель космічного апарату"
- Майстер-клас з виготовлення моделей ракет з подальшими запусками на шкільному стадіоні
- Презентація учнівських проєктів "Технології космічних досліджень"
- Інтерактивна гра "Конструкторське бюро" з розробки космічних місій

#### **День 3: "Екзопланети: у пошуках нових світів"**

- Віртуальна екскурсія найбільшими телескопами світу
- Дебати "Чи можливе життя на екзопланетах?"
- Творчий конкурс "Моя екзопланета" з описом фізичних умов та можливих форм життя

- Демонстрація методів пошуку екзопланет (інтерактивні моделі)

#### **День 4: "Космічні дослідження в Україні"**

- Інформаційний стенд "Історія та сучасність української астрономії"
- Відеоконференція з представником українського наукового центру або обсерваторії
- Учнівська конференція "Українці в космосі"
- Інтелектуальний турнір "Космічний ерудит"

#### **День 5: /"Космічна одіссея"**

- Квест "Космічна одіссея" для учнів різних вікових категорій
- Виставка астрофотографій, виконаних учнями
- Вечір астрономічних спостережень з використанням телескопів
- Церемонія нагородження учасників та переможців конкурсів

Важливим компонентом тижня фізики та астрономії є створення в школі особливого "космічного" простору: тематичне оформлення холів та кабінетів, інформаційні стенди з актуальними новинами космонавтики, виставки учнівських робіт. Для залучення максимальної кількості учнів пропонується проведення заходів для різних вікових груп з урахуванням їхніх інтересів та рівня підготовки.

#### **Програма роботи шкільного астрономічного гуртка**

Шкільний астрономічний гурток є ефективною формою організації позакласної роботи, що дозволяє учням поглибити знання з астрономії та фізики космічних явищ, оволодіти методами астрономічних спостережень, розвинути дослідницькі навички. Запропонована програма гуртка розрахована на учнів 9-11 класів, передбачає заняття один раз на тиждень протягом навчального року.

#### **Програма астрономічного гуртка "Дослідники Всесвіту"**

## **Розділ 1. Вступ до астрономічних спостережень (8 годин)**

- Небесна сфера та системи координат
- Основні сузір'я та орієнтування на нічному небі
- Астрономічні прилади та їх використання
- Методика проведення візуальних спостережень
- Астрофотографія та її можливості
- Практичні заняття з використання телескопів та біноклів
- Спостереження Місяця та планет

## **Розділ 2. Сонячна система як фізична система (10 годин)**

- Фізичні властивості Сонця та його активність
- Планети земної групи: порівняльна характеристика
- Планети-гіганти та їх супутникові системи
- Малі тіла Сонячної системи
- Дослідження Сонячної системи космічними апаратами
- Практична робота: моделювання Сонячної системи
- Проектна діяльність: "Майбутнє дослідження планет"

## **Розділ 3. Світ зір (10 годин)**

- Фізичні характеристики зір
- Еволюція зір та їх класифікація
- Змінні зорі та методи їх спостереження
- Подвійні та кратні зоряні системи
- Зоряні скупчення та асоціації
- Практична робота: визначення відстаней до зір
- Спостереження змінних зір та їх аналіз

## **Розділ 4. Галактики та Всесвіт (8 годин)**

- Наша Галактика: структура та динаміка

- Різноманіття галактик та їх класифікація
- Активні галактичні ядра та квазари
- Великомасштабна структура Всесвіту
- Теорія Великого Вибуху та еволюція Всесвіту
- Практична робота: аналіз галактичних спектрів
- Дискусія: "Темна матерія та темна енергія"

## **Розділ 5. Дослідницька діяльність (8 годин)**

- Методи астрономічних досліджень
- Робота з астрономічними базами даних
- Планування та проведення власного дослідження
- Обробка результатів та підготовка наукового повідомлення
- Представлення результатів на шкільній науковій конференції

Особливістю програми є поєднання теоретичних занять з практичними роботами та астрономічними спостереженнями. Члени гуртка мають можливість працювати з реальними астрономічними даними, використовувати онлайн-ресурси, проводити власні дослідження.

Важливе місце в програмі займає підготовка учнів до участі в астрономічних конкурсах та олімпіадах, а також до захисту дослідницьких робіт Малої академії наук.

### **Методична розробка квесту « Космічна одіссея»**

Освітній квест є інтерактивною формою навчання, що дозволяє учням розв'язувати пізнавальні, пошукові, проблемні завдання в ігровій формі. Квест "Космічна одіссея" розроблено для учнів 8-10 класів з метою поглиблення знань з фізики космічних явищ, розвитку логічного мислення, навичок командної роботи та креативності.

#### **Квест "Космічна одіссея"**

Легенда квесту: Учасники є членами екіпажу космічного корабля, що здійснює дослідницьку місію до різних об'єктів Сонячної системи. Внаслідок космічної аномалії на кораблі виникла аварійна ситуація, і команді необхідно розв'язати серію фізичних та астрономічних завдань, щоб відновити роботу систем корабля та успішно повернутися на Землю.

### ***Структура квесту:***

1. Формування команд (4-6 учнів), розподіл ролей (капітан, штурман, інженер, біолог, зв'язківець, фізик)
2. Отримання маршрутних листів з послідовністю проходження станцій
3. Проходження станцій з виконанням завдань
4. Підведення підсумків та нагородження переможців

### ***Станції квесту:***

1. "Планетарій" - станція з завданнями на знання планет Сонячної системи, їх фізичних характеристик та особливостей. Учасникам пропонується за наведеними параметрами (маса, радіус, період обертання, склад атмосфери) визначити планету та розташувати планети в порядку віддалення від Сонця.
2. "Космічна навігація" - станція з завданнями на розрахунок траєкторій руху космічних апаратів. Учасники мають розрахувати необхідну швидкість для виходу на орбіту, визначити оптимальну траєкторію польоту з використанням гравітаційних маневрів.
3. "Астрофізична лабораторія" - станція з експериментальними завданнями з фізики космічних явищ. Учасники проводять експерименти з моделювання сонячних затемнень, визначення сили тяжіння на різних планетах, дослідження спектрів.
4. "Центр зв'язку" - станція з завданнями на розшифрування космічних повідомлень, роботу з астрономічними символами та позначеннями. Учасники мають розшифрувати координати космічних об'єктів, розгадати астрономічні ребуси.

5. "Інженерний відсік" - станція з технічними завданнями. Учасники конструюють прості астрономічні прилади (сонячний годинник, квадрант), створюють модель сонячної батареї.
6. "Космобіологія" - станція з завданнями на знання умов існування життя у космосі. Учасники аналізують характеристики екзопланет, визначають можливість існування життя за земним типом.

Для кожної станції розроблено детальні інструкції для організаторів, необхідне обладнання та матеріали, критерії оцінювання виконання завдань. Квест передбачає як індивідуальну, так і командну роботу учасників, сприяє розвитку критичного мислення, креативності, комунікативних навичок.

### **Організація віртуальних екскурсій космічними обсерваторіями**

Віртуальні екскурсії є інноваційною формою організації освітнього процесу, що дозволяє учням ознайомитися з об'єктами та явищами, недоступними для безпосереднього спостереження. Особливо ефективними є віртуальні екскурсії космічними обсерваторіями, які дають можливість учням "побувати" на сучасних астрономічних комплексах, побачити процес їх роботи, ознайомитися з унікальним обладнанням.

Для реалізації віртуальної екскурсії використовуються:

- Офіційні віртуальні тури по обсерваторіях
- 3D-моделі телескопів та обсерваторій
- Архіви зображень з різних телескопів
- ФВідеоматеріали про роботу обсерваторій
- Інтерактивні симулятори роботи телескопів

Особливу увагу в методичній розробці віртуальної екскурсії «Сучасні космічні обсерваторії» (*Додаток В*) приділено формуванню в учнів розуміння значення інструментальних спостережень для розвитку астрономії, взаємозв'язку між розвитком технологій та новими астрономічними

відкриттями. Віртуальна екскурсія передбачає активну взаємодію учнів з матеріалом, виконання пошукових та аналітичних завдань, що сприяє кращому засвоєнню інформації та формуванню дослідницької компетентності.

### **3.3 Розробка дидактичних матеріалів.**

У цьому розділі представлено авторські дидактичні матеріали з космічної фізики, розроблені для підвищення ефективності освітнього процесу та зацікавленості учнів різних вікових категорій. Комплекс матеріалів охоплює різнорівневі завдання, лабораторні роботи, проєктні завдання та інтерактивні вправи, що дозволяють всебічно вивчати космічні явища.

#### **Комплекс різнорівневих завдань з космічної фізики**

Розроблений комплекс різнорівневих завдань структурований за трьома рівнями та охоплює ключові теми космічної фізики. Приклад різнорівневих завдань з космічної фізики.

#### **Базовий рівень:**

1. Розрахункові завдання на застосування закону всесвітнього тяжіння для визначення сили гравітаційної взаємодії між космічними об'єктами.
2. Задачі на визначення орбітальних швидкостей супутників.
3. Тестові завдання на знання основних космічних об'єктів Сонячної системи та їхніх характеристик.
4. Завдання на розрахунок першої та другої космічних швидкостей.

#### **Середній рівень:**

1. Комплексні задачі на розрахунок параметрів орбіт штучних супутників Землі.
2. Завдання на аналіз спектрів зір та визначення їхнього хімічного складу.
3. Задачі на застосування законів Кеплера для різних планетних систем.

4. Завдання на розрахунок енергетичних параметрів термоядерних реакцій у зорях.

### **Високий рівень:**

1. Дослідницькі завдання з моделювання еволюції зір різних спектральних класів.
2. Комплексні задачі на аналіз релятивістських ефектів у космічних масштабах.
3. Розрахункові задачі на визначення параметрів чорних дір та їхнього впливу на навколишній простір.
4. Задачі на аналіз та інтерпретацію даних космічних спостережень.

Приклади різнорівневих завдань з космічної фізики показаний у *додатку В*.

### **Лабораторні роботи з моделювання космічних явищ**

Розроблені лабораторні роботи дозволяють учням практично досліджувати космічні явища за допомогою доступних засобів та матеріалів.

#### ***Лабораторна робота №1. " Моделювання чорних дір та їх властивостей***

"

*Мета:* дослідити фізичні властивості чорних дір та їх вплив на навколишній простір-час.

*Обладнання:* еластична тканина на рамі; важкі металеві кульки різної маси; дрібні кульки; секундомір; комп'ютер з програмним забезпеченням для моделювання гравітаційних полів.

*Завдання:*

1. Побудувати модель Чорної діри
2. Змоделювати гравітаційне лінзування, спостерігаючи за зміною траєкторії світлового променя (лазерна указка) при проходженні поблизу масивного тіла.

3. Через комп'ютерне моделювання змоделювати злиття двох чорних дір та утворення гравітаційних хвиль.

### ***Лабораторна робота №2. "Дослідження космічних спектрів"***

*Мета:* Ознайомлення з основами спектрального аналізу та визначення хімічного складу небесних тіл.

*Обладнання:* Спектроскоп (або саморобна призма), джерела світла, спектральні таблиці, планшет з встановленою програмою для аналізу спектрів.

*Завдання:*

1. Отримати спектри різних джерел світла.
2. Порівняти отримані спектри з еталонними спектрами хімічних елементів.
3. Проаналізувати спектри різних зір за наданими зображеннями та визначити їхній приблизний хімічний склад.

### ***Лабораторна робота №3. "Моделювання гравітаційної взаємодії"***

*Мета:* Дослідження гравітаційної взаємодії небесних тіл та її впливу на формування орбіт.

*Обладнання:* Еластична тканина, кульки різної маси, секундомір, лінійка.

*Завдання:*

1. Створити модель викривлення простору-часу за допомогою еластичної тканини.
2. Дослідити рух тіл різної маси у створеному гравітаційному полі.
3. Визначити умови формування стабільних орбіт.

### ***Лабораторна робота №4. "Дослідження сонячної активності"***

*Мета:* Вивчення сонячної активності та її циклічності.

*Обладнання:* Телескоп із сонячним фільтром (або онлайн-трансляція зображення Сонця), планшет з програмою для аналізу зображень, вимірювальні інструменти.

*Завдання:*

1. Спостерігати та зафіксувати сонячні плями.
2. Визначити площу плям та їхнє розташування на сонячному диску.
3. Проаналізувати дані про сонячну активність за останні роки та визначити закономірності.

Детальне пояснення до кожної лабораторної роботи з моделювання космічних явищ показані в *додатку Д*.

### **Проектні завдання для учнів різних вікових груп**

Розроблені проектні завдання враховують вікові особливості учнів та спрямовані на розвиток їхніх дослідницьких навичок і творчого мислення.

#### ***Для молодшої школи (8-10 років):***

##### *1. Проект "Моя власна планета"*

- Створення моделі уявної планети з описом її фізичних властивостей (маса, розмір, атмосфера, поверхня).
- Виготовлення об'ємної моделі планети з підручних матеріалів.
- Презентація проекту з обґрунтуванням можливості існування обраних умов.

##### *2. Проект "Сонячна система в мініатюрі"*

- Колективне створення моделі Сонячної системи.
- Підготовка інформаційних карток про кожну планету.
- Демонстрація руху планет навколо Сонця.

#### ***Для середньої школи (11-14 років):***

##### *1. Проект "Космічна місія"*

- Розробка плану космічної місії до обраної планети.
- Обґрунтування вибору маршруту, розрахунок тривалості польоту.
- Створення моделі космічного апарату з урахуванням необхідних технічних характеристик.

##### *2. Проект "Космічна метеостанція"*

- Дослідження взаємозв'язку сонячної активності та погодних явищ на Землі.
- Створення приладу для спостереження за основними параметрами сонячної активності.
- Ведення щоденника спостережень протягом місяця та аналіз отриманих даних.

***Для старшої школи (15-17 років):***

*1. Проєкт "Екзопланети: пошук та дослідження"*

- Аналіз методів виявлення екзопланет.
- Обробка реальних даних спостережень (з відкритих джерел) для пошуку екзопланет.
- Класифікація виявлених екзопланет та оцінка їхньої потенційної населеності.

*2. Проєкт "Космічна обсерваторія майбутнього"*

- Розробка концепції космічної обсерваторії для дослідження конкретного астрофізичного об'єкта.
- Обґрунтування вибору інструментів та орбіти.
- Створення 3D-моделі обсерваторії та презентація її можливостей.

***Міждисциплінарні проєкти:***

*1. Проєкт "Космічна енергетика"*

- Дослідження можливостей використання космічних ресурсів для енергозабезпечення Землі.
- Розробка моделі космічної сонячної електростанції.
- Розрахунок потенційної ефективності та екологічних наслідків.

*2. Проєкт "Космос і мистецтво"*

- Аналіз відображення космічних явищ у творах мистецтва різних епох.
- Створення власних художніх робіт, натхненних космічними об'єктами.
- Організація шкільної виставки "Космос очима науки та мистецтва".

## **Розробка інтерактивних вправ з космічної тематики**

Розроблені інтерактивні вправи використовують сучасні технології та методики для підвищення залученості учнів до вивчення космічної фізики.

### ***Віртуальні експерименти:***

1. "Космічний політ" – інтерактивна симуляція польоту до різних планет Сонячної системи з можливістю вибору параметрів польоту та спостереження за їхнім впливом на траєкторію руху.
2. "Народження зорі" – симуляція процесу формування зорі з молекулярної хмари з можливістю зміни початкових умов (маса, хімічний склад).
3. "Життєвий цикл зорі" – інтерактивна модель еволюції зорі залежно від її початкової маси.

### ***Цифрові дидактичні ігри:***

1. "Космічний конструктор" – гра на створення стабільної планетної системи з заданими параметрами.
2. "Зоряний навігатор" – гра на орієнтування за зоряним небом та визначення положення космічних об'єктів.
3. "Космічні перегони" – освітня гра на знання фізичних законів космічної механіки.

### ***Інтерактивні карти та схеми:***

1. "Інтерактивна карта Сонячної системи" – динамічна модель з можливістю перегляду параметрів кожного об'єкта та спостереження за їхнім рухом.
2. "Карта зоряного неба" – інтерактивна карта з можливістю вибору часу та місця спостереження, визначення об'єктів та їхніх характеристик.
3. "Еволюційні шляхи зір" – інтерактивна діаграма Герцшпрунга-Рассела з можливістю моделювання еволюційних треків зір різної маси.

### ***Доповнена реальність (AR):***

1. "Космос навколо нас" – мобільний додаток, що дозволяє "розміщувати" космічні об'єкти в реальному просторі та досліджувати їхні властивості.
2. "Зоряне небо в кишені" – додаток, що накладає зображення сузір'їв та небесних об'єктів на реальне небо при наведенні камери смартфона.
3. "Віртуальний планетарій" – система для проєкції космічних об'єктів на стіни класної кімнати з можливістю інтерактивної взаємодії.

## Висновки

Дослідження методики викладання фізики космічних явищ у шкільному курсі демонструє комплексний підхід до вирішення актуальних проблем сучасної фізичної освіти. Робота охоплює три ключові аспекти педагогічного процесу: теоретичне обґрунтування, методичне забезпечення та практичну реалізацію.

Теоретичний аналіз засвідчує необхідність врахування як структурних особливостей шкільної програми з фізики та астрономії, так і психолого-педагогічних закономірностей засвоєння складних абстрактних понять космічного масштабу. Особливу увагу приділено віковим особливостям сприйняття учнями космічних явищ та формуванню наукового світогляду через інтеграцію сучасних досягнень астрофізики у навчальний процес.

Методичний компонент дослідження розкриває ефективність використання проблемно-пошукового підходу, демонстраційного експерименту та інформаційно-комунікаційних технологій у вивченні космічних явищ. Впровадження віртуальних лабораторій, мультимедійних технологій та астрономічних симуляторів створює можливості для наочного моделювання складних космічних процесів в умовах шкільного кабінету фізики.

Практична частина роботи представляє комплексну систему навчально-методичних матеріалів, що включає розробки уроків, позакласних заходів та дидактичних матеріалів різного рівня складності. Особливої цінності набувають інтерактивні форми роботи: астрономічні гуртки, тематичні квести, віртуальні екскурсії та проєктні завдання, які сприяють розвитку критичного мислення та пізнавальної активності учнів.

Результати дослідження підтверджують, що ефективно викладання фізики космічних явищ потребує синтезу традиційних педагогічних підходів із сучасними інформаційними технологіями, врахування індивідуальних особливостей учнів та постійного оновлення змісту освіти відповідно до актуальних досягнень космічної науки. Запропонована методична система

створює сприятливі умови для формування цілісного наукового світогляду учнів та підготовки їх до життя в епоху космічних технологій.

## Список використаних джерел

1. Крячко І.П. (2020). Методика навчання астрономії у старшій загальноосвітній школі. Київ: Видавничий центр НАУ.
2. Крячко І.П. (2023). Інформаційні технології у викладанні астрономії. Київ: Педагогічна думка.
3. Мартинюк М.Т., Ткаченко І.А. (2019). Методика навчання астрономії. Умань: ВПЦ «Візаві».
4. Мартинюк М.Т., Ткаченко І.А. (2022). Методика навчання астрономії з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. Умань: ВПЦ «Візаві».
5. Савченко В.Ф., Бондаренко Ю.В. (2018). Методика навчання астрономії в старшій школі. Чернігів: НУЧК імені Т.Г. Шевченка.
6. Гнатик Б.І. (2022). Сучасна астрофізика високих енергій. Київ: Наукова думка.
7. Івченко В.М. (2023). Астрофізика. Навчальний посібник. Київ: Київський національний університет імені Тараса Шевченка.
8. Пішак О.В., Слободянюк О.В. (2022). Інноваційні технології навчання фізики та астрономії. Чернівці: Чернівецький національний університет.
9. Задніпрянець І.І. (2022). Демонстраційний експеримент з фізики: методика і техніка. Київ: Шкільний світ.
10. Садовий М.І., Трифонова О.М. (2023). Інформаційно-цифрові технології у навчанні фізики та астрономії. Кропивницький: РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка.
11. Міністерство освіти і науки України. Освітні програми: <https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/osvitni-programi>
12. Урядовий портал. НПА.: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-deyaki-pitannya-derzhavnih-standartiv-povnoyi-zagalnoyi-serednoyi-osviti-i300920-898>

13. Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2021-1031 роки. Київ, 2020:  
<https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/rizne/2020/09/25/rozvitku-vishchoi-osviti-v-ukraini-02-10-2020.pdf>
14. NASA Science: <https://science.nasa.gov>
15. European Space Agency: [https://www.esa.int/Science\\_Exploration](https://www.esa.int/Science_Exploration)
16. PhET Interactive Simulations: <https://phet.colorado.edu/>
17. Stellarium (програма-планетарій): <https://stellarium.org/>
18. Український астрономічний портал: <http://www.astrosvit.in.ua>
19. Національна астрономічна обсерваторія України: <https://www.mao.kiev.ua/>

## ДОДАТКИ

### ДОДАТОК А

#### Методичні розробки уроків з астрофізики

#### УРОК 1: «ГРАВІТАЦІЙНА ВЗАЄМОДІЯ ТА КОСМІЧНІ ПОЛЬОТИ»

##### Мета уроку:

**Навчальна:** вивчити закон всесвітнього тяжіння та його застосування, дослідити поняття космічних швидкостей, проаналізувати траєкторії космічних апаратів, розглянути гравітаційні маневри та їх використання

**Розвивальна:** розвивати здатність до аналізу фізичних явищ, формувати навички розв'язування задач з астрофізики, розвивати просторове мислення.

**Виховна:** виховувати інтерес до космічних досліджень, формувати наукове світобачення, розвивати патріотизм через ознайомлення з досягненнями вітчизняної космонавтики

##### Необхідне обладнання та засоби навчання

**Технічні засоби:** комп'ютер/ноутбук з проектором, інтерактивна дошка або екран, калькулятори для учнів

**Демонстраційні матеріали:** модель Сонячної системи, глобус та м'яч для демонстрації гравітації, відеоролики запусків космічних кораблів, презентація з анімаціями орбітальних рухів

**Дидактичні матеріали:** довідкові таблиці констант, схеми космічних траєкторій, картки з задачами різного рівня складності

Хід уроку

#### I. Організаційний етап (3 хв)

Привітання та перевірка готовності класу. Оголошення теми та мети уроку.

Мотивація: демонстрація відео запуску ракети

#### II. Актуалізація опорних знань (7 хв)

Фронтальне опитування:

- o Що таке сила тяжіння?
- o Як формулюється закон всесвітнього тяжіння?
- o Що таке прискорення вільного падіння?

Розв'язування простої задачі на обчислення сили тяжіння

#### III. Вивчення нового матеріалу (25 хв)

##### 1. Закон всесвітнього тяжіння в космосі (8 хв)

Формулювання закону:  $F = G(m_1m_2)/r^2$ . Гравітаційна стала  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  Н×м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>. Особливості дії гравітації на великих відстанях. Демонстрація з глобусом та м'ячем.

##### 2. Космічні швидкості (10 хв)

Перша космічна швидкість (7,9 км/с):  $v_1 = \sqrt{GM/R}$ . Друга космічна швидкість (11,2 км/с):  $v_2 = \sqrt{2GM/R}$ . Третя космічна швидкість (16,7 км/с). Практичне значення для космічних польотів.

### 3. Орбітальний рух (7 хв)

Кругові та еліптичні орбіти. Закони Кеплера в застосуванні до штучних супутників. Геостаціонарні орбіти. Гравітаційні маневри ("рогатки")

### IV. Закріплення нового матеріалу (8 хв)

Розв'язування задач:

1. Обчислення першої космічної швидкості для Місяця
2. Визначення періоду обертання супутника на заданій висоті

Обговорення результатів

### V. Підсумки уроку (2 хв)

Узагальнення основних понять. Відповіді на запитання учнів

Дидактичні матеріали та завдання для учнів

*Картка завдань №1 (базовий рівень):*

1. Обчисліть силу тяжіння між Землею та Місяцем, якщо маса Землі  $5,97 \times 10^{24}$  кг, маса Місяця  $7,35 \times 10^{22}$  кг, відстань 384000 км.
2. Визначте першу космічну швидкість для Марса (маса  $6,39 \times 10^{23}$  кг, радіус 3390 км).

*Картка завдань №2 (підвищений рівень):*

1. Супутник обертається навколо Землі на висоті 200 км. Обчисліть його швидкість та період обертання.
2. Поясніть, чому космічні зонди використовують гравітаційні маневри для досягнення віддалених планет.

Творче завдання: Розробіть план місії до Марса з урахуванням гравітаційних маневрів та оптимальних траєкторій.

### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВЧИТЕЛЯ

Підготовка до уроку:

Перевірте роботу технічного обладнання. Підготуйте демонстраційні матеріали заздалегідь. Розгляньте можливі труднощі у розв'язуванні задач

Під час проведення уроку: Використовуйте наочні демонстрації для кращого розуміння. Заохочуйте учнів до постановки запитань. Пов'яуйте теоретичний матеріал з реальними космічними місіями. Враховуйте різний рівень підготовки учнів

Диференціація навчання:

Для сильних учнів: додаткові задачі на оптимізацію траєкторій

Для слабших учнів: більше уваги базовим поняттям та простим обчисленням

### СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ

Критерії оцінювання:

Знання теоретичного матеріалу (40%) - Уміння розв'язувати задачі (35%) - Активність на уроці (15%) - Творчий підхід (10%)

Рівні оцінювання:

- **Високий (10-12 балів):** Повне розуміння матеріалу, вміння застосовувати знання в нестандартних ситуаціях
- **Достатній (7-9 балів):** Розуміння основних понять, вміння розв'язувати типові задачі
- **Середній (4-6 балів):** Часткове розуміння матеріалу, потреба в допомозі при розв'язуванні задач
- **Початковий (1-3 бали):** Фрагментарні знання, значні труднощі в застосуванні

---

## **УРОК 2: "ЕВОЛЮЦІЯ ЗІР: ВІД НАРОДЖЕННЯ ДО ЗАГИБЕЛІ"**

**Мета:**

**Навчальна:** Вивчити етапи народження зір з міжзоряного середовища. Дослідити процеси термоядерного синтезу в зорях. Проаналізувати фінальні стадії еволюції зір різних мас. Розглянути утворення білих карликів, нейтронних зір та чорних дір

**Розвивальна:** Розвивати здатність до системного аналізу. Формувати навички роботи з діаграмою Герцшпрунга-Рассела. Розвивати уміння встановлювати причинно-наслідкові зв'язки

**Виховна:** Формувати уявлення про масштаби Всесвіту в часі. Виховувати екологічну свідомість через розуміння унікальності Землі

*НЕОБХІДНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБИ НАВЧАННЯ*

**Технічні засоби:** мультимедійний проектор, комп'ютер з доступом до інтернету, телескоп (за можливості)

**Демонстраційні матеріали:** діаграма Герцшпрунга-Рассела (великого формату), зображення туманностей та зоряних скупчень, анімації зоряної еволюції, моделі внутрішньої будови зір

**Навчальні посібники:** атлас зоряного неба, таблиці фізичних характеристик зір, схеми ядерних реакцій.

*ХІД УРОКУ З ДЕТАЛЬНИМ ОПИСОМ КОЖНОГО ЕТАПУ*

### **I. Організаційний етап (2 хв)**

Перевірка присутності. Підготовка до сприйняття нового матеріалу.

Демонстрація зображень зоряного неба

### **II. Мотивація та цілепокладання (5 хв)**

Проблемне питання: "Чи вічні зорі?". Обговорення спостережень різних типів зір. Формулювання мети уроку разом з учнями

### **III. Актуалізація опорних знань (8 хв)**

Повторення будови атома та ядерних реакцій. Нагадування про основні характеристики зір. Робота з діаграмою Герцшпрунга-Рассела

#### **IV. Засвоєння нового матеріалу (25 хв)**

##### *1. Народження зір (7 хв)*

Міжзоряні хмари та туманності. Гравітаційне стиснення та фрагментація. Протозорі та диск акреції. Запалювання термоядерних реакцій

##### *2. Головна послідовність (8 хв)*

Гідростатична рівновага. Реакції протон-протонного циклу. CNO-цикл у масивних зорях. Залежність світності від маси.

##### *3. Пізні стадії еволюції (10 хв)*

Червоні гіганти та горіння гелію. Маса як визначальний фактор. Планетарні туманності та білі карлики. Вибухи наднових та їх типи. Утворення нейтронних зір та чорних дір.

#### **V. Систематизація знань (8 хв)**

Складання схеми еволюції зір різних мас. Обговорення часових масштабів. Зв'язок з утворенням хімічних елементів

#### **VI. Підсумки та рефлексія (2 хв)**

Формулювання основних висновків. Оцінка досягнення мети уроку

#### **ДИДАКТИЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ УЧНІВ**

Робочий аркуш "Зоряна еволюція":

1. Завдання на відповідність: З'єднайте етап еволюції з відповідною характеристикою:

- o Протозоря → Гравітаційне стиснення
- o Головна послідовність → Горіння водню
- o Червоний гігант → Розширення зовнішніх шарів
- o Біла карлик → Кінцевий продукт для зір малої маси

2. Задача: Зоря має масу в 20 разів більшу за Сонце. Опишіть її еволюційний шлях та кінцеву долю.

3. Дослідницьке завдання: Використовуючи діаграму Г-Р, визначте еволюційний статус зір: Сіріус, Бетельгейзе, Альтаір.

#### **Домашнє завдання:**

Підготувати презентацію про одну з відомих зір (на вибір)

Знайти приклади зір на різних стадіях еволюції, видимих неозброєним оком

#### **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВЧИТЕЛЯ**

Особливості викладання теми:

Акцентуйте увагу на масштабах часу - використовуйте аналогії. Поясніть фізичні механізми простими словами. Використовуйте наочні порівняння розмірів та мас

Типові помилки учнів:

Плутання між масою та розміром зір. Нерозуміння ролі маси в еволюції.  
Неправильне уявлення про швидкість еволюційних процесів  
Міжпредметні зв'язки:

- Хімія: утворення хімічних елементів
- Математика: експоненційні залежності
- Історія: розвиток астрономічних знань

### *СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ*

Поточне оцінювання:

Усні відповіді на уроці (30%) - Виконання робочого аркуша (40%) -

Активність в обговореннях (30%)

Критерії оцінювання презентацій:

Науковість та достовірність інформації = Логічність викладу = Використання научних матеріалів = Вміння відповідати на запитання

---

## **УРОК 3: "ФІЗИКА ЧОРНИХ ДІР ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ"**

**Мета:**

**Навчальна:** Вивчити механізм утворення чорних дір. Дослідити поняття горизонту подій та сингулярності. Проаналізувати ефекти загальної теорії відносності поблизу чорних дір. Розглянути методи спостереження та вивчення чорних дір.

**Розвивальна:** Розвивати абстрактне мислення. Формувати навички критичного аналізу наукової інформації. Розвивати вміння працювати з парадоксальними фізичними поняттями.

**Виховна:** Формувати наукове світобачення. Розвивати інтерес до фундаментальних досліджень. Виховувати повагу до наукових відкриттів  
*НЕОБХІДНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБИ НАВЧАННЯ*

**Технічні засоби:** інтерактивна дошка, потужний комп'ютер для демонстрації симуляцій, колонки для відтворення звукових ефектів.

**Демонстраційні матеріали:** 3D-моделі чорних дір, симуляції гравітаційного лінзування, зображення з телескопа "Хабл" та Event Horizon Telescope, ідео про гравітаційні хвилі від LIGO.

**Наочні посібники:** схеми просторово-часових діаграм, моделі акреційних дисків, таблиці порівняння різних типів чорних дір.

*ХІД УРОКУ З ДЕТАЛЬНИМ ОПИСОМ КОЖНОГО ЕТАПУ*

### **I. Організаційний момент (2 хв)**

Налаштування технічного обладнання. Створення атмосфери наукового дослідження

### **II. Актуалізація знань (6 хв)**

Повтор основ загальної теорії відносності. Нагадування про кривизну простору-часу. Поняття гравітаційного радіуса (радіуса Шварцшильда).

### **III. Мотивація (4 хв)**

Демонстрація першого зображення чорної діри M87\*. Обговорення значення цього відкриття для науки. Формулювання проблемних питань.

### **IV. Вивчення нового матеріалу (28 хв)**

#### *1. Утворення чорних дір (8 хв)*

Колапс масивних зір ( $M > 25M_{\odot}$ ). Неспроможність тиску виродженого газу зупинити стиснення. Перехід за радіус Шварцшильда:  $r_s = 2GM/c^2$ . Первинні чорні діри (гіпотетичні).

#### *2. Структура та властивості (10 хв)*

Горизонт подій як "точка неповернення". Сингулярність - межа застосовності фізики. Відсутність "волосся" - теорема про відсутність властивостей. Три фундаментальні характеристики: маса, заряд, момент обертання.

#### *3. Релятивістські ефекти (10 хв)*

Гравітаційне червоне зміщення. Ефект спагетифікації (приливні сили). Уповільнення часу поблизу горизонту подій. Ергосфера у чорних дір, що обертаються

#### *4. Спостережні прояви чорних дір (8 хв)*

Акреційні диски та викиди матерії. Гравітаційне лінзування. Орбітальний рух зір-супутників. Детектування гравітаційних хвиль

### **VI. Підсумки та домашнє завдання (2 хв)**

#### *ДИДАКТИЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ УЧНІВ*

#### **Розрахункові завдання:**

##### *1. Базовий рівень:*

- Обчисліть радіус Шварцшильда для чорної діри масою 10 мас Сонця
- Порівняйте з розміром Землі

##### *2. Підвищений рівень:*

- Зоря масою  $50M_{\odot}$  колапсує до чорної діри. Обчисліть густину матерії в момент перетину горизонту подій
- Оцініть приливну силу на відстані 100 км від центру

**Дослідницькі завдання:** проаналізувати дані про рух зорі S2 навколо чорної діри Sgr A\*, дослідити історію відкриття гравітаційних хвиль від злиття чорних дір

**Творчі завдання:** написати науково-фантастичне оповідання про подорож до чорної діри, створити інфографіку "Чорні діри: факти і міфи"

#### *МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВЧИТЕЛЯ*

Підготовка до уроку: Вивчіть останні новини про чорні діри. Підготуйте відповіді на типові запитання про парадокси. Перевірте роботу програм для симуляцій

Методичні поради: Використовуйте аналогії для пояснення складних понять. Підкреслюйте межі сучасних знань. Розрізняйте наукові факти та наукову фантастику. Заохочуйте критичне мислення

Труднощі, які можуть виникнути: Нерозуміння концепції нескінченної кривизни. Плутання між чорними дірами та чорними дірами у фантастиці.

Труднощі з уявленням релятивістських ефектів

### *СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ*

*Формативне оцінювання:*

Експрес-опитування після кожного блоку. Оцінка участі в дискусіях.

Перевірка розуміння через проблемні питання

*Сумативне оцінювання:*

Контрольна робота з розрахунковими та теоретичними завданнями - Захист дослідницьких проєктів - Тестування з використанням візуальних матеріалів

*Критерії оцінювання проєктів:*

Науковість та актуальність (25%) = Глибина дослідження (25%) = Якість презентації (25%) = Оригінальність підходу (25%)

---

## **УРОК 4: "СОНЯЧНА СИСТЕМА ЯК ФІЗИЧНА СИСТЕМА"**

**Мета:**

**Навчальна:** Дослідити структуру та склад Сонячної системи. Вивчити фізичні процеси, що визначають динаміку системи. Проаналізувати умови формування та еволюції планет. Розглянути сучасні методи дослідження Сонячної системи

**Розвивальна:** Розвивати системне мислення. Формувати навички аналізу складних природних систем. Розвивати здатність до порівняльного аналізу

**Виховна:** Формувати планетарне мислення. Виховувати відповідальність за збереження Землі. Розвивати інтерес до космічних досліджень

### *НЕОБХІДНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБИ НАВЧАННЯ*

Демонстраційне обладнання: масштабна модель Сонячної систем, інтерактивна карта поверхонь планет, зразки метеоритів (за наявності), Телурій (модель системи Сонце-Земля-Місяць).

Цифрові ресурси: програма-планетарій, 3D-моделі планет та супутників, дані космічних місій, онлайн-симулятори орбітальної механіки

Роздатковий матеріал: порівняльні таблиці характеристик планет, схеми внутрішньої будови планет, карти розташування астероїдів та комет  
*ХІД УРОКУ З ДЕТАЛЬНИМ ОПИСОМ КОЖНОГО ЕТАПУ*

### **I. Організаційний етап (3 хв)**

Демонстрація моделі Сонячної системи. Створення проблемної ситуації:  
"Чому Сонячна система влаштована саме так?"

### **II. Актуалізація опорних знань (7 хв)**

Повторення законів Кеплера. Основні характеристики планет. Класифікація небесних тіл.

### **III. Вивчення нового матеріалу (30 хв)**

#### **1. Архітектура Сонячної системи (8 хв)**

Зонарна будова: внутрішні планети, пояс астероїдів, зовнішні планети, пояс Койпера. Площина екліптики та її значення. Резонанси в русі планет та астероїдів. Межі Сонячної системи: геліопауза та хмара Оорта

#### **2. Фізичні процеси формування (10 хв)**

Небулярна гіпотеза утворення. Акреційний диск та його еволюція. Конденсація речовини за температурним градієнтом. Великий пізній метеоритний дощ

#### **3. Порівняльна планетологія (12 хв)**

Земноподібні планети: спільні риси та відмінності. Планети-гіганти: газові та льодяні. Атмосфери планет та їх еволюція. Магнітні поля та їх роль у захисті атмосфер. Супутники як індикатори еволюції

### **IV. Практична робота (8 хв)**

Аналіз даних про щільність планет. Визначення складу планет за їх щільністю. Побудова графіків залежностей

### **V. Підсумки уроку (2 хв)**

Формулювання основних закономірностей. Обговорення перспектив дослідження

### *ДИДАКТИЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ УЧНІВ*

#### **Лабораторна робота "Аналіз структури Сонячної системи":**

- Завдання 1: Використовуючи дані таблиці, побудуйте графік залежності щільності планет від відстані до Сонця. Зробіть висновки.
- Завдання 2: Обчисліть другу космічну швидкість для кожної планети та порівняйте з масою їх атмосфер.
- Завдання 3: Проаналізуйте розподіл хімічних елементів у Сонячній системі та поясніть його причини.

#### **Дослідницькі питання:**

1. Чому у внутрішній частині Сонячної системи немає планет-гігантів?

2. Як пояснити високу ексцентричність орбіти Плутона?
3. Яка роль Юпітера в захисті внутрішніх планет від комет?

**Творче завдання:** Розробіть план колонізації однієї з планет або супутників, враховуючи її фізичні характеристики.

### *МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВЧИТЕЛЯ*

Структура уроку: Використовуйте принцип "від загального до часткового". Підкреслюйте системні зв'язки між компонентами. Застосовуйте порівняльний метод вивчення

Акценти у викладанні: Роль фізичних законів у формуванні структури системи. Взаємозв'язок між розміром, масою та складом планет. Значення космічних місій для розуміння планет

Поширені помилки учнів: Неправильне уявлення про масштаби відстаней. Змішування понять "астероїд" та "метеорит". Нерозуміння різниці між кометами та астероїдами

### **Інтеграція з іншими предметами:**

- Географія: порівняння з Землею, кліматичні процеси
- Хімія: хімічний склад планет та атмосфер
- Біологія: умови для виникнення життя
- Екологія: парниковий ефект на різних планетах

### *СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ*

#### **Критерії оцінювання лабораторної роботи:**

Правильність побудови графіків (25%) = Якість аналізу даних (30%) = Обґрунтованість висновків (25%) = Акуратність оформлення (20%)

#### **Рубрика оцінювання знань:**

##### **Високий рівень (10-12 балів):**

Розуміння системних зв'язків у Сонячній системі. Вміння пояснювати фізичні процеси формування та еволюції. Здатність аналізувати та порівнювати характеристики планет. Використання наукової термінології

##### **Достатній рівень (7-9 балів):**

Знання основних характеристик планет. Розуміння принципів класифікації небесних тіл. Вміння виконувати прості розрахунки. Розуміння ролі фізичних законів.

##### **Середній рівень (4-6 балів):**

Знання назв планет та їх розташування. Загальне розуміння будови Сонячної системи. Потреба в допомозі при аналізі даних. Використання основних понять

##### **Початковий рівень (1-3 бали):**

Фрагментарні знання про планети. Труднощі в розумінні системних зв'язків.  
Потреба в постійній підтримці вчителя

## Додаток Б

### ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВСІХ УРОКІВ

#### *Принцип викладання астрофізики*

##### 1. Науковість та достовірність:

Використовуйте лише перевірені наукові дані. Розрізняйте гіпотези та встановлені факти. Регулярно оновлюйте інформацію відповідно до нових відкриттів

##### 2. Наочність та демонстративність:

Широко використовуйте візуальні матеріали. Застосовуйте інтерактивні моделі та симуляції. Організуйте спостереження реальних об'єктів

##### 3. Системність подачі матеріалу:

Показуйте взаємозв'язки між різними астрофізичними явищами.

Підкреслюйте роль фундаментальних фізичних законів. Формуйте цілісну картину Всесвіту

#### *Технології навчання*

##### Цифрові інструменти:

Віртуальні планетарії та обсерваторії . Симулятори космічних польотів. Бази даних астрономічних об'єктів. Інтерактивні тестування та вікторини.

##### Дослідницькі методи:

Аналіз реальних астрономічних даних. Моделювання фізичних процесів.

Порівняльні дослідження. Проектна діяльність.

#### *Організація самостійної роботи*

##### Індивідуальні завдання:

Спостереження зоряного неба з веденням щоденника. Дослідження актуальних астрофізичних проблем. Створення мультимедійних презентацій.

Участь у астрономічних олімпіадах.

##### Групові проекти:

Моделювання космічних місій. Створення астрономічного календаря.

Організація астрономічного клубу. Підготовка науково-популярних лекцій

### ***Контроль та оцінювання***

Форми контролю:

Поточний: експрес-опитування, практичні роботи. Тематичний: контрольні роботи, захист проектів. Підсумковий: комплексні тести, творчі роботи

Критерії оцінювання:

Глибина розуміння фізичних процесів. Вміння застосовувати знання на практиці. Здатність до самостійного мислення. Якість комунікації наукових ідей.

### ***Розвиток наукового мислення***

Формування компетентностей:

Критичний аналіз інформації. Постановка та перевірка гіпотез. Математичне моделювання процесів. Наукова комунікація

Зв'язок з сучасністю:

Обговорення актуальних космічних місій. Аналіз нових астрофізичних відкриттів. Розгляд перспектив космічної діяльності людства. Екологічні аспекти космічних досліджень

### ***Диференціація навчання***

Для обдарованих учнів:

Додаткові дослідницькі завдання. Участь у наукових конференціях.

Самостійне вивчення спеціальної літератури. Менторство молодших учнів

Для учнів з особливими потребами:

Адаптація завдань за складністю. Додатковий час на виконання робіт.

Використання допоміжних технологій. Індивідуальний підхід до оцінювання

### ***Ресурсне забезпечення***

Рекомендована література:

Підручники з астрофізики для старших класів. Науково-популярні видання з астрономії. Періодичні видання (журнали, альманахи). Інтернет-ресурси провідних обсерваторій

Обладнання:

Телескопи різних типів. Цифрові камери для астрофотографії. Комп'ютерне обладнання для обробки даних. Програмне забезпечення для моделювання.

## Додаток В

### Методична розробка віртуальної екскурсії «Сучасні космічні обсерваторії»

Мета: ознайомити учнів з найбільшими наземними та космічними обсерваторіями, принципами їх роботи, науковими завданнями та досягненнями.

*Структура віртуальної екскурсії:*

#### **Підготовчий етап**

- Вступний урок з теми "Методи астрономічних досліджень"
- Розподіл учнів на групи для дослідження різних обсерваторій
- Підготовка учнями короткого інформаційного матеріалу про обрані обсерваторії

#### **Віртуальна подорож наземними обсерваторіями**

- Європейська південна обсерваторія (ESO): Дуже великий телескоп (VLT), Надзвичайно великий телескоп (ELT)
- Обсерваторія Мауна-Кеа: телескопи Кека, Субару, Джеміні
- Радіоастрономічні обсерваторії: телескоп ALMA, радіотелескоп в Аресібо
- Українські обсерваторії: Кримська астрофізична обсерваторія, обсерваторія Львівського університету

#### **Віртуальна подорож космічними обсерваторіями**

- Космічний телескоп імені Джеймса Вебба
- Космічний телескоп "Хаббл"
- Рентгенівська обсерваторія "Чандра"
- Гамма-телескоп "Фермі"
- Інфрачервона обсерваторія "Спітцер"

#### **Інтерактивні завдання під час екскурсії**

- Порівняння можливостей різних типів телескопів
  - Аналіз знімків космічних об'єктів, отриманих різними обсерваторіями
  - Моделювання роботи різних детекторів космічного випромінювання
  - Планування спостережень на різних типах телескопів
9. Підсумковий етап
- ❖ Створення учнями інтерактивної карти найбільших обсерваторій світу
  - ❖ Підготовка презентацій про найвизначніші відкриття, зроблені за допомогою різних обсерваторій
  - ❖ Дискусія про перспективи розвитку астрономічних спостережень

## Додаток Г

### Приклад різнорівневих завдань з космічної фізики

#### *Базовий рівень*

1. Обчисліть силу гравітаційного притягання між Землею та Місяцем, якщо маса Землі складає  $5,97 \cdot 10^{24}$  кг, маса Місяця —  $7,35 \cdot 10^{22}$  кг, а відстань між їхніми центрами —  $3,84 \cdot 10^8$  м.
2. Визначте першу космічну швидкість для планети Марс, якщо її маса становить  $6,42 \cdot 10^{23}$  кг, а радіус — 3390 км.

#### *Середній рівень*

1. Супутник обертається навколо Землі по круговій орбіті на висоті 400 км. Визначте період його обертання та швидкість руху по орбіті.
2. Використовуючи закони Кеплера, розрахуйте відстань від Сонця до планети, якщо відомо, що її період обертання навколо Сонця становить 4,5 земних роки.

#### *Високий рівень*

1. Розрахуйте, на якій відстані від чорної діри з масою 10 сонячних мас знаходиться горизонт подій? Як зміниться хід часу для спостерігача, що знаходиться на відстані 100 км від цієї чорної діри, порівняно з віддаленим спостерігачем?
2. Зоря з масою 15 сонячних мас перебуває на головній послідовності. Оцініть її світність, температуру поверхні та тривалість життя на головній послідовності. Порівняйте отримані значення з параметрами Сонця.

## Додаток Д

### Лабораторні роботи з моделювання космічних явищ

#### Лабораторна робота №1

**Тема:** Моделювання чорних дір та їх властивостей.

**Мета:** дослідити фізичні властивості чорних дір та їх вплив на навколишній простір-час.

**Обладнання:** еластична тканина на рамі; важкі металеві кульки різної маси; дрібні кульки; секундомір; комп'ютер з програмним забезпеченням для моделювання гравітаційних полів.

**Теоретичні відомості:** *Короткий виклад основних понять про чорні діри, горизонт подій, сингулярність, гравітаційне лінзування, акреційні диски.*

#### **Хід роботи:**

##### **1. Механічне моделювання викривлення простору-часу:**

- ❖ Натягніть еластичну тканину на раму горизонтально.
- ❖ Помістіть на тканину важку металеву кульку, що імітує масивне тіло.
- ❖ Спостерігайте деформацію тканини під дією кульки.
- ❖ Запустіть по тканині маленьку кульку так, щоб вона рухалася по орбіті навколо центральної кульки.
- ❖ Дослідіть залежність параметрів орбіти від маси центральної кульки та початкової швидкості малої кульки.
- ❖ Змоделюйте гравітаційне лінзування, спостерігаючи за зміною траєкторії світлового променя (лазерна указка) при проходженні поблизу масивного тіла.

##### **2. Комп'ютерне моделювання:**

- ❖ Використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення, змоделюйте поведінку світла поблизу чорної діри.
- ❖ Дослідіть формування акреційного диску навколо чорної діри.
- ❖ Вивчіть вплив обертання чорної діри на навколишній простір-час (ефект Лензе-Тіррінга).
- ❖ Змоделюйте злиття двох чорних дір та утворення гравітаційних хвиль.

#### **Контрольні запитання:**

1. Чому світло не може покинути межі горизонту подій чорної діри?
2. Як змінюється час поблизу чорної діри з точки зору віддаленого спостерігача?
3. Яким чином можна виявити невидиму чорну діру?
4. Чи є аналогії явища гравітаційного лінзування в оптиці?

## Лабораторна робота №2

**Тема:** Дослідження спектрів космічних об'єктів.

**Мета:** ознайомитися з основами спектрального аналізу, навчитися визначати хімічний склад та фізичні параметри космічних об'єктів за їх спектрами.

**Обладнання:** спектроскоп (саморобний або промисловий); джерела світла (лампи різних типів); набір спектральних трубок з різними газами; комп'ютер з доступом до бази даних спектрів зір; фотографії спектрів різних космічних об'єктів.

**Теоретичні відомості:** *Короткий виклад основ спектрального аналізу, типів спектрів, закономірностей у спектрах зір різних спектральних класів.*

**Хід роботи:**

### 1. Дослідження спектрів земних джерел світла:

- ❖ Отримайте та зарисуйте спектри різних джерел світла (лампи розжарювання, люмінесцентної лампи, світлодіодної лампи).
- ❖ Порівняйте отримані спектри та визначте їх тип (неперервний, лінійчатий, смугастий).
- ❖ Дослідіть спектри випромінювання різних газів у спектральних трубках.
- ❖ Ідентифікуйте спектральні лінії водню, гелію, натрію.

### 2. Аналіз спектрів космічних об'єктів:

- ❖ Дослідіть зображення спектрів зір різних спектральних класів.
- ❖ Визначте положення характерних спектральних ліній та ідентифікуйте хімічні елементи.
- ❖ За інтенсивністю спектральних ліній оцініть відносний вміст різних елементів.
- ❖ За допомогою ефекту Доплера визначте променеву швидкість руху зорі відносно Землі.
- ❖ Порівняйте спектри зір різних спектральних класів та встановіть їх температуру.

**Контрольні запитання:**

1. Як за спектром визначити хімічний склад космічного об'єкта?
2. Чому спектральні лінії в спектрах деяких зір зміщені відносно їх положення в лабораторних спектрах?
3. Як за спектром визначити температуру поверхні зорі?
4. Яку додаткову інформацію про космічний об'єкт можна отримати зі спектрального аналізу?

## Лабораторна робота №3

**Тема:** Моделювання гравітаційної взаємодії небесних тіл.

**Мета:** дослідити закономірності руху тіл під дією гравітаційних сил, визначити параметри орбіт.

**Обладнання:** комп'ютер з програмним забезпеченням для моделювання (PhET "Гравітація і орбіти" або аналог); конічна воронка або спеціальна "гравітаційна лійка"; металеві кульки різної маси; секундомір.

**Теоретичні відомості:** *Короткий виклад основних понять про гравітаційну взаємодію, закони Кеплера, параметри орбіт.*

**Хід роботи:**

**1. Експеримент з "гравітаційною лійкою":**

- Встановіть конічну воронку на штативі.
- Запустіть кульку по краю воронки так, щоб вона рухалась по колових орбітах.
- Виміряйте радіус орбіти та період обертання кульки.
- Повторіть експеримент для різних початкових швидкостей кульки.
- Побудуйте графік залежності періоду обертання від радіуса орбіти.
- Перевірте відповідність отриманої залежності третьому закону Кеплера.

**2. Комп'ютерне моделювання:**

- Запустіть програму PhET "Гравітація і орбіти".
- Дослідіть рух планети навколо зорі за різних значень маси зорі.
- Визначте залежність параметрів орбіти від маси центрального тіла.
- Дослідіть умови стійкості орбіт та причини виникнення еліптичних орбіт.
- Змоделюйте систему з кількох планет та дослідіть їх гравітаційну взаємодію.

**Контрольні запитання:**

1. Чому форма більшості планетних орбіт є еліптичною, а не круговою?
2. Як зміниться період обертання планети, якщо маса центральної зорі збільшиться вдвічі?
3. Чому гравітаційна взаємодія є визначальною для руху космічних тіл, незважаючи на її відносну слабкість порівняно з іншими фундаментальними взаємодіями?
4. Які обмеження має лабораторне моделювання гравітаційної взаємодії?

#### **Лабораторна робота №4**

**Тема:** Моделювання сонячної активності та її впливу на магнітосферу Землі.

**Мета:** дослідити явища сонячної активності, їх циклічність та вплив на магнітне поле Землі.

**Обладнання:** магніт; залізні ошурки; компас; мультимедійний проєктор; комп'ютер з доступом до баз даних сонячної активності; програмне забезпечення для візуалізації магнітних полів.

**Теоретичні відомості:** *Короткий виклад інформації про сонячну активність, сонячні плями, спалахи, корональні викиди маси, магнітне поле Землі, магнітні бурі.*

**Хід роботи:**

**1. Дослідження магнітного поля:**

- Продемонструйте магнітне поле за допомогою магніту та залізних ошурок.
- Дослідіть вплив різних матеріалів на конфігурацію магнітного поля.
- Змодельуйте магнітосферу Землі за допомогою магніту, розміщеного всередині сфери з нанесеними залізними ошурками.

**2. Аналіз даних про сонячну активність:**

- Дослідіть графіки зміни кількості сонячних плям за останні 100 років.
- Визначте тривалість сонячного циклу та його характеристики.
- Проаналізуйте залежність між сонячною активністю та частотою магнітних бур на Землі.
- За допомогою архівних даних дослідіть вплив потужних сонячних спалахів на магнітне поле Землі.
- Побудуйте графік залежності індексу геомагнітної активності від кількості сонячних плям.

**Контрольні запитання:**

1. Яка природа сонячних плям? Чому вони темніші за навколишню фотосферу?
2. Як змінюється кількість та положення сонячних плям протягом сонячного циклу?
3. Які механізми зв'язку між сонячною активністю та геомагнітними явищами?
4. Які наслідки потужних сонячних спалахів для технологічної інфраструктури на Землі?