

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Факультет комп'ютерних наук, фізики та математики  
Кафедра фізики

**«Методика вивчення об'єктів Сонячної системи на основі останніх  
космічних досліджень»**

Кваліфікаційна робота (проект)  
на здобуття рівня вищої освіти «МАГІСТР»

Виконала:

студентка 2 курсу, 211 групи  
Спеціальності 014.08 Середня освіта  
(фізика)  
Освітньо-професійної програми Середня  
освіта (фізика)  
Полицька Ольга Михайлівна

Керівник:

доктор педагогічних наук, кандидат фізико-  
математичних наук, професор  
Кузьменков Сергій Георгійович

Рецензент:

кандидат педагогічних наук, викладач  
фізики і астрономії Херсонського  
морського коледжу рибної промисловості  
Куриленко Наталія Валентинівна

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>3</b>
<b>РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ КОСМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ’ЄКТІВ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ</b> .....	<b>6</b>
1.2. Сучасні дослідження планет-гігантів. ....	13
1.3. Сучасні дослідження карликових планет. ....	17
1.4. Сучасні дослідження малих тіл Сонячної системи. ....	20
<b>РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ОБ’ЄКТІВ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ</b> .....	<b>25</b>
2.1. Аналіз чинних освітніх програм та підручників з позицій використання результатів сучасних досліджень об’єктів Сонячної системи .....	25
2.2. Освітнє середовище “Сучасний погляд на Сонячну систему” .....	29
2.3. Методичні рекомендації до вивчення об’єктів Сонячної системи на основі останніх космічних досліджень .....	34
<b>РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ З ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ВИВЧЕННЯ ОБ’ЄКТІВ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ОСТАННІХ КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	<b>40</b>
3.1. Організація педагогічного експерименту. ....	40
3.2. Аналіз результатів експерименту. ....	46
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	<b>51</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	<b>54</b>
<b>ДОДАТКИ</b> .....	<b>58</b>

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Одним з основних принципів освіти є принцип науковості, згідно якого зміст навчального матеріалу має базуватись на результатах сучасних наукових досліджень. Науково-технічний прогрес, можливості швидкої передачі та обробки інформації, нарощування темпів освоєння космічного простору на початку XXI століття сприяли накопиченню великої кількості результатів досліджень, зокрема дослідження Марсу ExoMars, Tianwen-1, Ingenuity, Curiosity; планет гігантів Cassini, Juno; карликових планет New Horizons, Dawn; астероїдів та комет Osiris-Rex, Rosetta тощо.

Відповідно, навчальний зміст предмету астрономія має базуватись на результатах останніх космічних досліджень, але часто виконання цього принципу не реалізується (або реалізується частково) у закладах загальної середньої освіти. Причинами є не систематизованість наукової інформації, мовний бар'єр українських вчителів, відсутність методичної літератури та підручників з оновленим змістом тощо.

Тому нами було обрано тему кваліфікаційної роботи “Методика вивчення об’єктів Сонячної системи на основі останніх космічних досліджень”, яке виконувалось в межах наукової теми кафедри фізики “Інноваційні освітні технології навчання фізики та астрономії у закладах освіти різних рівнів” (0119U101144).

**Метою дослідження** є розробка та впровадження в освітній процес закладів загальної середньої освіти методики вивчення об’єктів Сонячної системи, базованої на результатах сучасних космічних місій.

Ми визначили наступні **завдання**, необхідні для досягнення поставленої мети:

- вивчити сучасні космічні дослідження та систематизувати їх результати для планет земної групи, планет-гігантів, карликових планет та малих тіл Сонячної системи;

- зробити аналіз чинних освітніх програм та підручників з позицій використання результатів сучасних досліджень об'єктів Сонячної системи;

- розробити методичні рекомендації до вивчення об'єктів Сонячної системи на основі останніх космічних досліджень;

- створити освітнє середовище “Сучасний погляд на Сонячну систему” та впровадити його в освітній процес з астрономії закладів загальної середньої освіти;

- організувати і провести педагогічний експеримент, зробити аналіз його результатів.

**Об'єктом дослідження** освітній процес з астрономії у закладах загальної середньої освіти.

**Предметом дослідження** є методика вивчення об'єктів Сонячної системи, яка ґрунтується на результатах сучасних космічних місій.

Під час виконання кваліфікаційної роботи використовували теоретичні (аналіз та систематизація результатів сучасних космічних місій до об'єктів Сонячної системи, аналіз освітніх програм та підручників) та практичні (анкетування вчителів та учнів, спостереження за освітнім процесом з астрономії) **методи дослідження**.

**Наукова новизна** одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у розробці нової методики вивчення об'єктів Сонячної системи, базованої на результатах сучасних космічних досліджень.

**Практичне значення** одержаних результатів полягає у використанні середовища “Сучасний погляд на Сонячну систему” в освітньому процесі з астрономії.

**Апробація результатів дослідження** здійснювалась на базі Станіславського ліцею ім. К.Й. Голобородька та Широкобалківського ліцею Станіславської сільської ради Херсонської області.

Результати дослідження представлені у **публікаціях**: стаття у збірнику Магістерські студії [23], тези доповіді до участі у Всеукраїнській конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “Інноваційні технології навчання природничо-математичних дисциплін у закладах освіти”(листопад, 2022р.).

# РОЗДІЛ 1

## СУЧАСНІ КОСМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

### 1.1. Сучасні дослідження планет земної групи.

Загальновідомо, що до планет земної групи належать чотири планети Сонячної системи Меркурій, Венера, Земля та Марс. Їх відносять до сілікатно-металевих планет. Спільними особливостями планет земної групи є розміри та маси, сумірні з розмірами та масою Землі ( $0,38R_{\oplus} \div R_{\oplus}$  та  $0,055M_{\oplus} \div M_{\oplus}$ ), велика середня густина ( $3930\text{кг/м}^3 \div 5520\text{кг/м}^3$ ), тверда поверхня, повільне обертання навколо осей (23 год 56 хв  $\div$  243 доби) та невелика кількість або відсутність супутників (від нуля до двох) [1].

Не зважаючи на те, що ці планети знаходяться на порівняно невеликих відстанях від Землі (великі півосі їх орбіт знаходяться в межах 0,387 а.о.  $\div$  1,524 а.о.), що значно скорочує час експедицій до них, науковці стикаються з низкою труднощів під час досліджень.

Найкраще з усіх планет (крім Землі) досліджений лише Марс, зокрема рельєф поверхні, склад ґрунту. Дослідження Марсу почались з 60-х років ХХ століття. Це були заплановані обльоти навколо планети. Проте перші спроби запусків космічних апаратів зазнавали аварій під час запусків. Подальші дослідження також мали високий відсоток невдалих спусків зондів на поверхню Марсу та нестабільності передачі інформації. Усього було здійснено близько 30 успішних та частково успішних місій по дослідженню Марсу.

Дослідження Венери ускладнене щільним шаром її атмосфери, а тому високим тиском та температурою поверхні. Перші запуски апаратів відбулись у 60-х роках ХХ століття, але знімки поверхні були отримані

лише 20 років потому. Досить непогано вивчений склад атмосфери планети, а через несприятливі умови на планеті для спускових зондів картографічні дослідження планети здійснювались радіолокаційними методами.

Дослідження Меркурію за допомогою космічних апаратів ускладнене близькістю до Сонця, отже його високим гравітаційним впливом та випромінюванням. Перші дослідження були у 1974-1975 роках. Хоча за допомогою наземних засобів спостереження були складені деякі карти поверхні Меркурію. Наразі ця планета залишається найменш вивченою серед планет у Сонячній системі.

Наша планета досліджена найбільше, проте є області, вивчення яких потребує більших технічних можливостей. Наприклад, ми маємо уявлення про літосферу Землі, її внутрішню будову, можемо пояснити причини сейсмічної активності, але важко передбачити землетруси. Надра Землі та глибини океанів також залишаються недостатньо вивченими. Хоча розвиток робототехніки сприяє таким дослідженням у майбутньому.

Ми зробили аналіз результатів останніх місій, представлених на ресурсах світових космічних агентств, і узагальнили їх у вигляді таблиці. У роботі представлений лише фрагмент з дослідженнями 21 століття. Цю таблицю можна використовувати на вчителям на уроках астрономії у старшій школі.

*Таблиця 1.1*

**Результати космічних досліджень планет земної групи у 21 столітті  
[9], [21], [34], [35],**

№	Місія, роки	Результати
Меркурій		
1	MESSENGER, 2004-2015	- понад 100 тисяч фотографій (у тому числі сімейний портрет Сонячної системи);

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- повна карта детальна 3D-карта поверхні (не вивчена поверхня менш кратерована з високою концентрацією магнію та кальцію);</li> <li>- система гребнів на дні кратера Caloris Planitia;</li> <li>- ескарпи - зубасті урвища, лава на дні кратерів свідчать про стискання планети та ранню вулканічну активність;</li> <li>- наявність води у екзосфері, наявність льоду та органічних з'єднань у кратерах північного полюсу;</li> <li>- рідке залізне ядро;</li> <li>- дослідження магнітосфери, магнітне поле зміщене на північ від центру планети.</li> </ul>
Венера		
1	MESSENGER, 2004-2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знімки Венери під час прольоту;</li> <li>- встановлений зв'язок з супутником Венера-Експрес для перевірки працездатності апарата;</li> <li>- ультрафіолетова та рентгенівська спектрометрія верхніх шарів атмосфери.</li> </ul>
2	Venus Express, 2006-1012	<ul style="list-style-type: none"> <li>- перший знімок південного полюсу, відкриття подвійного атмосферного вихору над південним полюсом;</li> <li>- температурна карта південної півкулі;</li> <li>- витік з атмосфери іонів водню, кисню та гелію;</li> <li>- відкриття газових кишень та аномально теплих ділянок на нічному боці планети;</li> <li>- доведення існування океанів на поверхні у минулому (через існування блискавок);</li> <li>- наявність у атмосфері слідів гідроксильного з'єднання OH;</li> <li>- виявлено шар озону у верхній атмосфері.</li> </ul>
3	Akatsuki (PLANET-C), 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знімки в інфрачервоному діапазоні системи хмар дугоподібної структури;</li> <li>- виявлення гігантської хвилі у верхніх шарах атмосфери;</li> <li>- дослідження вітрів та 3D-карта атмосфери.</li> </ul>
Земля-Місяць		



1	Chandrayaan (Moon Mineralogy Mapper), 2008-2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>- виявлення води;</li> <li>- перша просторова та спектральна карта місячної поверхні з великою роздільною здатністю;</li> <li>- вперше знайдені мінерали, що містять залізо (значна складова земної мантії).</li> </ul>
2	LCROSS та LRO, 2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знімки та аналіз складу хмари пилу від падіння верхнього ступеня ракети у кратер Кабеус;</li> <li>- аналіз у інфрачервоному діапазоні виявив, що у кратері Кабеус присутні молекули води, у кратері Шеклтон є велика кількість покладів льоду;</li> <li>- наявність атомів Гелію у атмосфері та Аргону у ґрунті;</li> <li>- фотографування <math>\frac{3}{4}</math> поверхні, виявлені ступінчасті схили, що виникають внаслідок гравітаційного впливу Землі;</li> <li>- складено точну топографічну карту.</li> </ul>
3	GRAIL, 2011-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>- уточнення товщини місячної кори - близько 30 км, визначена густина та пористість кори;</li> <li>- створені карти гравітаційного поля, визначено, що гравітаційне поле дуже пов'язане з рельєфом (гіпотеза про утворення Місяця внаслідок зіткнення з іншою планетою);</li> <li>- ідентифіковані нові ударні басейни.</li> </ul>
4	LADEE, 2013-2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>- визначено, що Гелій і Неон у атмосфері постачаються сонячним вітром, вони та Аргон найбільш розповсюджені;</li> <li>- спостереження за метеоритним потоком Гемініди, як результат виявлено збільшення вмісту Натрію.</li> </ul>
5	Yutu, 2013-2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- спостереження повного затемнення Сонця Землею з поверхні Місяця;</li> <li>- виявлено 9 шарів породи, що говорить про складні геологічні процеси на схід від затоки Райдуги.</li> </ul>
Марс		
1	Mars Odyssey,	<ul style="list-style-type: none"> <li>- виявлено поклади порід на глибині, які</li> </ul>

	2001-2011	ймовірно містять великі запаси води; - використовувався як ретранслятор для обміну інформації між марсоходами.
2	Mars Express, 2003	- знімки деяких ділянок; - вимірювання гравітаційного поля Фобоса; - виявлено, що полярні шапки складаються з вуглекислого газу (85%) та води (15%); - виявлено сліди метану та аміаку у атмосфері, що говорить або про геологічну, або про біологічну активність на планеті; - відкриття підземних озер з солоною водою.
3	Spirit, 2003-2011	- перше буріння породи на Марсі; - створення карт прилеглої місцевої поверхні; - дослідження каміння у кратері Гусева: базальтові породи; - високий вміст нікелю метеоритного походження у ґрунті; - відшліфовані частини поверхонь каміння та хімічний склад ґрунту у кратері Гусева свідчать про наявність води у минулому, ймовірно там було озеро; - підтвердження, що весть пил на Марсі магнітний; - рівнинні базальти є примітивними, що схожі на земні породи давніх часів; - створена класифікація порід, знайдених на Колумбійських холмах; - спостереження проходу Деймоса диском Сонця; - перший знімок Землі з поверхні іншої планети.
4	Opportunity, 2003-2019	- на основі дослідження каменю EsrERENCE-6 було встановлено, що на Марсі раніше існувала саме прісна вода, теоретично придатна для розвитку живих організмів; - створення карт прилеглої місцевої поверхні; - дослідження кратерів свідчать про наявність води у минулому; - виявлено перший метеорит на поверхні Марсу.
5	Rosetta, 2004-	- детальні фото поверхні та атмосфери Марсу

	2016	під час гравітаційного маневру.
6	Mars Reconnaissance Orbiter, 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>- виявлення покладів скла в деяких ударних кратерах;</li> <li>- знімки сходження кам'яної лавини в одному з каньйонів;</li> <li>- за знімками темних смуг у теплу пору року зроблено висновок, що це сліди від солей, які утворюються в результаті потоків води;</li> <li>- вимірювання об'єму водяного льоду у північній полярній шапці складає 30% світового океану;</li> <li>- виявлення хлоридів на різних ділянках поверхні свідчить про наявність озер в минулому на різних ділянках планети;</li> <li>- виявлення різних класів мінералів.</li> </ul>
7	Phoenix Mars lander, 2007-2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>- виявлення льоду під тонким шаром ґрунту;</li> <li>- дослідження хімічного складу ґрунту: виявлено сліди хлорної кислоти, магнію, натрію, калію, хлору;</li> <li>- визначено, що ґрунт є слабколужним;</li> <li>- помічено випадання снігу, температура досліджуваної ділянки від -19,6 °С до -97,7 °С;</li> <li>- швидкість вітру від 11 до 58 км/год.</li> </ul>
8	Dawn, 2007	- передача знімків Марсу під час гравітаційних маневрів
9	Curiosity, 2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>- детальні знімки поверхні, виявлення слідів повеней 4 млрд років тому;</li> <li>- буріння поверхні та взяття зразків ґрунту;</li> <li>- детальні знімки панорам, складання карт поверхні.</li> </ul>
10	Mangalyaan, 2013-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>- технологічна місія індійського космічного агентства;</li> <li>- передача знімків планети;</li> <li>- вимірювання екзосфери.</li> </ul>
11	MAVEN, 2013	- спостереження за воднем у атмосфері протягом двох земних років: швидкість втрати водню атмосферою залежить від наближення до Сонця, і особливо велика під час фаз активного Сонця (це могло спровокувати втрату атмосфери близько 4 млрд років тому);

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- визначено, що на Марсі є дифузні полярні сніжки, які ближчі до поверхні планети, ніж на Землі;</li> <li>- вперше виявлено іони металів у атмосфері (окрім земної);</li> <li>- спостереження за подвоєнням рівня радіації внаслідок Сонячної активності.</li> </ul>
11	Exo Mars TGO, 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>- спостереження та уточнення складу, структури, розподілу температур та густин атмосфери;</li> <li>- дослідження хмар під час пилової бурі;</li> <li>- оцінка зміни кліматичних умов на південному полюсі;</li> <li>- слідів метану не виявлено.</li> </ul>
12	InSight, 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- у травні 2022 року сейсмометр виявив землетрус магнітудою 5 балів, для подальшого вивчення планують порівнювати записи сейсмометра з записами на Землі та Місяці;</li> <li>- проводиться оцінка розмірів ядра за вимірюванням прецесії осі (і порівнянні її швидкості з даними Viking та Mars Pathfinder), товщини кори, в'язкості мантії.</li> </ul>
13	Mars Cube One, 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- технологічна місія, яка продемонструвала можливості передачі інформації Марс-Земля з затримкою лише у 8 хвилин</li> </ul>
14	Mars 2020 (марсохід Perseverance, гелікоптер Ingenuity), 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>- метеорологічна станція створила перший прогноз погоди на Марсі;</li> <li>- експерименти з отримання кисню з вуглекислого газу;</li> <li>- перший гелікоптер на планеті, випробування його польотів.</li> </ul>
15	Tianwen-1 (марсохід Zhurong), 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>- передача знімків та запису звуку на планеті.</li> </ul>

Так як умови на нашій планеті є предметом вивчення окремої науки - географії, то у таблиці 1.1 для об'єктів Земля-Місяць ми переважно зосередились на результатах дослідження Місяця.

Відомості таблиці 1.1 ми використали для створення середовища “Сучасний погляд на Сонячну систему”, у якому створили інтерактивні аркуші “Меркурій”, “Венера”, “Земля-Місяць”, “Марс-Фобос-Деймос”.

Обробка результатів діючих космічних місій ще триває, тому дані у таблиці будуть змінюватись та доповнюватись з часом. Але очевидно, що одним з пріоритетних напрямків у дослідженнях планет земної групи є пошуки слідів прісної води та органічних сполук.

## **1.2. Сучасні дослідження планет-гігантів.**

Загальновідомо, що планети гіганти поділяють на газові гіганти (Юпітер і Сатурн) та льодяні гіганти (Уран і Нептун). Особливістю цих планет є наявність великої супутникової системи.

Характерними особливостями газових гігантів є переважно гідрогено-гелієвий склад, маси порядку  $10^{27}$  кг та радіуси більше 50 тис. км. Склад льодяних гігантів не зовсім визначений (припускають, що вони складаються з 50% води, 20% Гідрогену, 20% метану та 5% аміаку), їх маси порядку  $10^{26}$  кг, радіуси 20 тис. км.

До розвитку космічної ери дослідження цих планет здійснювалось через спостереження у наземні телескопи, і через великі їх розміри було досить результативним. Тривалість космічних місій до цих планет велика, адже їх великі півосі знаходяться у діапазоні 5,2-9,5 а.о. для газових та 19,19-30 а.о. для льодяних гігантів.

Технічні можливості сучасних літальних апаратів дозволили направити повноцінні місії до газових гігантів. Приземлення на Юпітер та Сатурн не можливі через те, що вони не мають твердої поверхні, також через щільні і протяжні шари оболонок планет важко точно встановити їх внутрішню будову. Проте є можливість дослідити склад і будову їх супутників.

Дослідження Урану та Нептуну ускладнені великою віддаленістю цих планет від Сонця та проблемами з забезпеченням живлення космічних апаратів, направлених до них. На сьогоднішній день дані про ці планети зібрані лише з прольотних місій.

У таблиці 1.2 представлений фрагмент складеної нами бази даних результатів місій до планет гігантів Сонячної системи.

*Таблиця 1.2*

**Результати космічних досліджень планет гігантів [9], [21], [31]**

№	Місія, роки	Результати
Юпітер		
1	Galileo, 1995-2003	<ul style="list-style-type: none"> <li>- визначено, що атмосфера Юпітера має мокрі та сухі ділянки (різниця у вмісті водяної пари у 100 разів);</li> <li>- зареєстровано грози у 1000 разів потужніші, ніж на Землі;</li> <li>- передано знімки Великої Червоної Плями, визначено, що вздовж екватора є гарячі плями;</li> <li>- встановлено наявність магнітного поля у Іо, ядра з розплавленого заліза чи сульфїду заліза, спостереження за виверженням вулкану на Іо;</li> <li>- встановлено, що поверхня Європи зазнає приливних дій від Іо та Ганімеду, підтверджено наявність тонкої кисневої атмосфери, знайдено у атмосфері іонізовану воду;</li> <li>- наявність мінералів на поверхні Європи (пояснюють занесенням астероїдами чи кометами);</li> <li>- підтверджено гіпотезу щодо рідкої води під поверхнею Європи та висунуто гіпотези про наявність такої води на Каллісто та Ганімеді;</li> <li>- виявлене досить сильне магнітне полу Ганімеду, що свідчить про наявність залізного ядра;</li> <li>- визначено, що Каллісто має однорідний склад із змішаними легкими та важкими елементами (60% породи, 40% льоду), не має власного магнітного поля;</li> <li>- вимірювання маси Амальтеї, визначення її густини (<math>857 \pm 99</math>) кг/м<sup>3</sup>.</li> </ul>

2	Cassini-Huygens, 1997–2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- більше, ніж 25 тис. зображень Юпітера;</li> <li>- створено детальну карту поверхні;</li> <li>- встановлено що пояси хмар є циркуляцією атмосфери, причому у напрямку руху вниз;</li> <li>- отримано світлини великого закрученого шторму на північному полюсі Юпітера;</li> <li>- частинки кілець мають неправильну форму, ймовірно утворені від викидів речовини від супутників Метис та Арастєя під час їх бомбардування.</li> </ul>
3	New Horizons, 2007–2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>- аналіз структури і складу хмар;</li> <li>- спостереження ударів блискавки в полярних областях;</li> <li>- зблизька детально сфотографована Велика Червона Пляма;</li> <li>- виявлені бульбашки плазми, ймовірно від речовини вивержень на Іо;</li> <li>- зображення супутників, зокрема виявлено 36 вулканізм на Іо, уточнені орбіти деяких малих супутників.</li> </ul>
4	Juno, 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>- передано зображення високої роздільної здатності;</li> <li>- зібрана інформація про утворення блискавок;</li> <li>- перші зображення північного полюсу;</li> <li>- вивчення полярних сьйв, магнітного поля (магнітосфера нерівна та хаотична);</li> <li>- знімки стабільних циклонів на полюсах;</li> <li>- дослідження атмосфери привели до теорії, що ядро Юпітера не тверде, складається із шматків породи та металічного водню.</li> </ul>
Сатурн		
1	Cassini-Huygens, 1997-2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- відкрито 7 нових супутників (Мефона, Паллена, Полідевк, Дафніс, Дафна, Егеон, S/2009 S1);</li> <li>- вимірний період обертання Сатурна узгоджується з вимірами з Землі;</li> <li>- отримання світлин Феба: припущення, що під поверхнею існують великі об'єми води;</li> <li>- отримані світлини об'льоту Титану (поверхня рівнинна з перепадами висот у 50 м), спусковий зонд передав 350 фото;</li> <li>- дослідження гейзерів з водяним льодом на</li> </ul>

		<p>Енцеладі (викиди частинок є основною речовиною кільця E), температура поверхні є значно вищою, ніж температура навколо, складена карта південної частини супутника;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вперше відкритий шторм на Сатурні з оком бурі швидкістю вітрів 560 км/год;</li> <li>- спостереження шторму Великої Білої Плями у інфрачервоному діапазоні випромінювання та дослідження зміни температури;</li> <li>- спостереження зміни кольору шестикутника - утворення хмар навколо північного полюсу;</li> <li>- визначено, що на Енцеладі існує глобальний внутрішній океан навколо кам'яного ядра, припущення, що існує мікробне життя;</li> <li>- експерименти по радіозатемненню кілець для вимірювання розміру і розподілу частинок у кільцях та параметрів атмосфери;</li> <li>- відкриття озер перетином від 1 км до 100 км з рідких вуглеводнів (метан або етан) та поверхні Титану, а також припущення існування морів метану і етану в північній півкулі;</li> <li>- світлини високої роздільної здатності багатьох супутників;</li> <li>- дослідження структури кілець, відкриття збурень кілець через проходи внутрішніх супутників.</li> </ul>
Уран		
1	Voyager 1, Voyager 2, 1979	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знайдено 11 нових супутників: Корделія, Офелія, Бьянка, Крессіда, Дездемона, Джульєтта, Портія, Розалінд, Белінда, Пак, Пердита;</li> <li>- вивчення атмосфери: температура <math>-213,2</math> °C майже однакова на освітленій і темній частині;</li> <li>- магнітне поле зміщене з осі його обертання, магнітний хвіст у формі спіралі;</li> <li>- південний полюс випромінює велику кількість ультрафіолетового випромінювання;</li> <li>- знайдено два невідомих кілець;</li> <li>- визначено, що структура кілець помітно відрізняється від кілець Юпітера та Сатурну: вони більш молоді і сформовані разом з Ураном;</li> <li>- зображення супутника Міранда виявили геологічні розломи, ймовірно утворені внаслідок</li> </ul>



		реагрегації після удару.
2	Hubble, 1990	- виявлення висвітлення північної полярної області, збільшення ультрафіолетового випромінювання навесні: результат зміни концентрації атмосферного метану.
Нептун		
1	Voyager 1, Voyager 2, 1979	- знайдено кільця на навколо Нептуна; - підтверджено шість нових супутників: Деспіна, Галатея, Лариса, Протей, Наяд, Таласса; - помічено Велику Темну пляму на Нептуні.
2	Hubble, 1990	- спостереження за зміною курсу темної плями; - встановлено, що синій колір Урану та Нептуну зумовлений поглинанням червоного кольору атмосферою, збагаченою метаном.

Відомості таблиці 1.2 ми також використали для створення середовища “Сучасний погляд на Сонячну систему”, у якому створили інтерактивні аркуші “Юпітер і супутники”, “Сатурн і супутники”, “Уран і супутники”, “Нептун і супутники”.

Обробка результатів діючих космічних місій ще триває, тому дані у таблиці будуть змінюватись та доповнюватись з часом. Пріоритетними напрямками у дослідженнях планет гігантів встановлення їх складу та внутрішньої будови, а також пошуки слідів прісної води та органічних сполук на їх супутниках.

### 1.3. Сучасні дослідження карликових планет.

Карликові планети – це відносно новий клас космічних об’єктів в астрономії. Уточнення поняття “планета” відбулось на початку 21 століття.

“Класична планета – це космічне тіло, що має достатню масу для того, щоб під час формування самогравітація перевищувала силу пружності порід і тіло згодом могло прийняти гідростатично врівноважену (близьку до сферичної) форму. Додаткова умова полягає в тому, що тіло має очистити околиці своєї орбіти (тобто поряд із планетою немає інших, порівнянних з нею за розмірами і масою тіл)” [1], [19], [37].

Карликова планета – це космічне тіло, що має достатню масу для того, щоб під час формування самогравітація перевищувала силу пружності порід і тіло згодом могло прийняти гідростатично врівноважену (близьку до сферичної) форму, проте не розчищає околиці своєї орбіти [1],[19], [37].

На рис. 1.1 наведена діаграма “маса-розмір орбіти” для об’єктів Сонячної системи, за якою чітко видно класифікацію небесних тіл. Зрозуміло, у правому нижньому кутку знаходяться карликові планети.

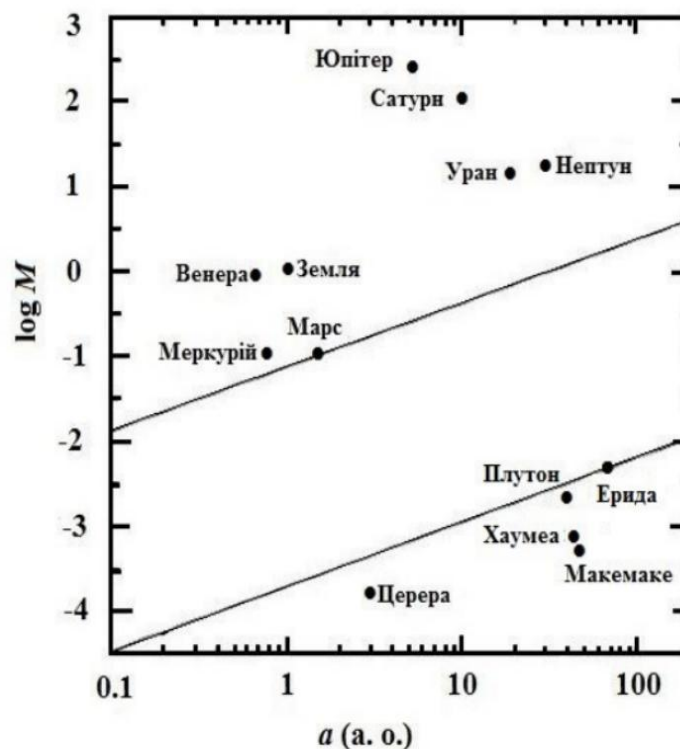


Рис. 1.1. Діаграма “маса-розмір орбіти” для об’єктів Сонячної системи [1].

Таблиця 1.3

## Результати космічних досліджень карликових планет [9], [21], [38]

№	Місія, роки	Результати
Плутон-Харон		
1	New Horizons, 2007-2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>- зображення системи Плутон-Харон та супутників Нікс, Гідра, Стікс і Керберос;</li> <li>- кілець не знайдено;</li> <li>- виявлення полярної шапки Плутона;</li> <li>- дослідження рельєфу поверхні Плутона, уточнення його маси та розмірів.</li> </ul>
Церера		
1	Dawn, 2007-2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- отримання знімків високої роздільної здатності;</li> <li>- створення карт Церери за допомогою знімків видимого та інфрачервоного діапазону: геологічної, топографічної, 3D.</li> </ul>
Інші карликові планети (Седна, Ерида, Гаумеа, Макемаке, Гунгун, Кварвар, Оркус, Салація)		
1	Herschel, 2009-2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>- уточнення розмірів Гаумеа;</li> <li>- визначено, що поверхня Макемаке неоднорідна, її більша частина поверхні покрита метановим снігом, наявність етану, азоту, метану, відсутність атмосфери, визначена величина альbedo;</li> <li>- визначення розмірів Гунгун.</li> </ul>
2	Spitzer, 2003-2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>- визначення діаметру Седни, виявлений метан;</li> <li>- уточнення розмірів Ериди;</li> <li>- вимірювання діаметру та альbedo Гаумеа;</li> <li>- вимірювання розмірів та альbedo планетоїду Оркус.</li> </ul>
3	New Horizons, 2007-2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>- уточнення розмірів Ериди.</li> </ul>

	наземні спостереження	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Седна найчервоніше тіло у Сонячній системі (можливо через те, що на поверхні є метановий лід, спектри поглинання схожі на такі в Титані, тому визначено приблизний склад: 24% толінів типу Тритон, 7% аморфного Карбону, 10% азотного льоду, 26% метанолу, 33% метану), могла раніше мати атмосферу (SMARTS telescope, VLT);</li> <li>- визначення приблизного розміру та параметрів орбіти Ериди, наявність метанового снігу, етанового та етиленового льоду на поверхні, прогноз щодо появи атмосфери у 23 столітті (SMARTS telescope), виявлено супутник Дизномія (обсерваторія Кека);</li> <li>- визначено, що Гаумеа швидко обертається навколо осі, має витягнуту яйцеподібну форму, поверхня вкрита льодом зі слідами ціановодню, виявлено два супутники Хііака і Намака (обсерваторія Кека);</li> <li>- відкриття планетоїду Гунгун, визначено, що він майже втратив метанову атмосферу, відкриття Кваввар та Салації (Паламарська обсерваторія).</li> </ul>
--	-----------------------	---

На основі таблиці 1.3 ми створили інтерактивні аркуші “Плутон-Харон та супутники”, “Церера”, “Інші карликові планети” для освітнього середовища “Сучасний погляд на Сонячну систему”. Інші об’єкти з масами порядку  $10^{21}$  кг є кандидатами у карликові планети і чекають уточнення мас для свого підтвердження або спростування, тому їх у таблицю не було включено.

Пріоритетними напрямками у дослідженнях карликових планет є поки що пошук та визначення мас кандидатів у карликові планети.

#### **1.4. Сучасні дослідження малих тіл Сонячної системи.**

За традиційною класифікацією до малих тіл Сонячної системи належать астероїди, метеороїди, комети, та міжпланетний пил. Розширення досліджуваних меж Сонячної системи дало змогу включити до цього переліку ще об’єкти поясу Койпера.

Вивчення малих тіл за останнє десятиліття було здійснено в результаті ряду таких місій, як Deep Impact, Stardust, EPOXI, Cassini, Хаябуса, Dawn і New Horizons тощо. У вивченні малих тіл також допомагають спостереження у наземні телескопи і радары, які дуже корисні в цій галузі, оскільки кількість об'єктів надто велика. Дійсно, наземні телескопи продовжують виявляти незвичайні та загадкові об'єкти в поясі Койпера і в інших місцях, і ці об'єкти можуть служити цілями для майбутніх місій.

*Таблиця 1.4*

**Результати космічних досліджень малих тіл Сонячної системи [29], [30], [33],[36]**

№	Місія, роки	Результати
Комети		
1	Rosetta, 2004-2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дослідження комети Чурюмова-Герасименко: отримані фото високої роздільної здатності;</li> <li>- коливання магнітного поля на частоті 40-50 мГц, проте результати посадки спускового модулю Філі показали, що ядро поля не має, ймовірно коливання зумовлені сонячним вітром;</li> <li>- співвідношення дейтерію до гідрогену виявилось у три рази більшим, ніж у наземної води: спростування гіпотези, що вода на Землю занесена кометами;</li> <li>- дослідження швидкості випаровування водяної пари з наближенням до Сонця;</li> <li>- руйнування молекул води та вуглекислого газу, що виділяються в кому, відбувається не прямими фотонами Сонця, як вважалось раніше, а електронами, отриманими від фотоіонізації води.</li> </ul>

2	Deep Impact, 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дослідження комети Темпеля-1: високоякісні знімки ядра, спектральний аналіз спалаху в момент зіткнення (комета складається з водяного льоду, летючих фракцій, карбонатів, поліядерних ароматичних вуглеводнів, сульфідів та інших компонентів);</li> <li>- дослідження комети 103P/Гартлі: ядро комети найменше з усіх знятих на той час, виявлені незвичайні струмені газу і пилу, деякі частинки в складі струменів досягали розмірів баскетбольного м'яча (струмінь складається з вуглекислого газу, що сублимує, підхоплює і уносить сніг і крижинки).</li> </ul>
3	Mars Reconnaissance Orbiter, 2005	- зображення комети C/2013 A1 (Siding Spring).
4	MAVEN, 2013	- спостереження прольоту комети C/2013 A1 (Siding Spring) та детектування інтенсивних викидів іонів металів (принаймні 8 різних типів іонів).
Пояс астероїдів		
1	Hayabusa-1, 2003-2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дослідження астероїда 25143 Ітокава;</li> <li>- визначені розміри, особливості обертання, колір, склад і густина;</li> <li>- скинуто капсулу на Землю, в якій, містяться зразки астероїдної речовини.</li> </ul>
2	Spitzer, 2003-2020	- отримання зображень 700 астероїдів, що знаходяться недалеко від Землі.
3	Rosetta, 2006-2016	- проліт астероїда 2867 Штейнс і 21 Лютеція.
4	Cassini-Huygens, 2004-2017	- фото астероїда 2685 Masursky.

5	NEOWISE, 2009	- отримання зображень 100 тисяч астероїдів та надання їх у відкритий доступ для досліджень.
6	Dawn, 2007-2018	- отримання знімків та дослідження геології Вести, визначення її маси, визначено, що вона має залізне ядро, є скоріше протопланетою, а не астероїдом.
7	Change's-2, 2010	- проліт повз астероїд 4179 Toutatis.
8	Hayabusa-2, 2014	- дослідження астероїда 162173 Рюгу, взято його проби і відправлено на Землю.
9	OSIRIS-REx, 2016	- дослідження та взяття зразків астероїда 101955 Бенну, відправлення зразків на Землю. очікується у 2023 році.
10	Наземні спостереження (обсерваторії Аресібо та Голдстоун)	- визначення розмірів та параметрів орбіти астероїдів, що знаходяться недалеко від Землі.
Об'єкти поясу Койпера та розсіяного диску		
1	New Horizons, 2007-2015	- дослідження об'єктів поясу Койпера; - отримане кольорове зображення об'єкту Аррокота: червоний колір ймовірний через органічні сполуки; - дослідження цілей, обраних Hubble: 2014 MU69 (PT1), 2014 OS393 (PT2) и 2014 PN70 (PT3).

На основі таблиці 1.4 ми створили інтерактивні аркуші “Комети”, “Пояс астероїдів”, “Об'єкти поясу Койпера” для освітнього середовища “Сучасний погляд на Сонячну систему”.

Пріоритетними напрямками у дослідженнях комет є визначення їх складу і підтвердження гіпотези занесення ними води та органічних сполук на планети. Також важливою є класифікація великої кількості

астероїдів та інших об'єктів на околах Сонячної системи і їх загрози зіткнення з Землею.

Узагальнимо, що сучасні астрономічні дослідження – це не спостереження за світилами у оптичні телескопи. Сьогодні це потужні наземні телескопи оптичного діапазону, орбітальні телескопи всього діапазону електромагнітних хвиль, космічні місії до інших об'єктів Сонячної системи, спускові модулі та зонди з надсучасним вимірювальним обладнанням. Науковці крок за кроком просуваються у вивченні походження та еволюції нашої планетної системи та, зокрема, виникнення і підтримання життя у ній. Результати цих досліджень обов'язково мають бути розглянуто на уроках астрономії.



## РОЗДІЛ 2

### ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

#### **2.1. Аналіз чинних освітніх програм та підручників з позицій використання результатів сучасних досліджень об'єктів Сонячної системи**

Згідно з навчальними програмами астрономію вивчають у 11 класі на рівні стандарту та у 10 і 11 класі на профільному рівні. Аналіз програм показав [3, 28], що результати сучасних космічних досліджень можуть бути включені до вивчення практично будь-якої теми з астрономії (хіба що окрім теми “Небесна сфера. Рух світил на небесній сфері”). Особливо важливо зробити акцент на останніх космічних дослідженнях та їх результатах саме під час вивчення об'єктів Сонячної системи. По-перше, до об'єктів нашої планетної системи направлено найбільше космічних місій, численні результати яких поповнюють наукову базу астрономічної науки. По-друге, ця тема є однією з найцікавіших для учнів, тому традиційним є виконання проєктних робіт, інформацію для яких надано у відкритому доступі на сайтах світових космічних агентств [9, 13, 14, 21].

Аналіз змісту підручників з астрономії, рекомендованих Міністерством освіти і науки України [22], на наявність результатів останніх космічних досліджень під час вивчення об'єктів Сонячної системи представлений у таблиці 2.2. Не всі сучасні підручники містять відомості про останні космічні місії. У багатьох підручниках наведені фото об'єктів Сонячної системи, але не вказано коли і за допомогою якого космічного апарату це фото зроблене. Інформація про об'єкти Сонячної системи у підручниках представлена досить добре, але не вказані джерела, на основі яких ми ці дані знаємо, тому, на нашу думку,

аналіз результатів досліджень космосу у підручниках зовсім не представлений.

Таблиця 2.1

**Зміст відомостей про об'єкти Сонячної системи у навчальних програмах з астрономії [3, 28]**

Автор програми	Рівень/ клас	Розділ/Зміст
Ляшенко О.І.	стандарт/ 11	<p>Фізика Сонячної системи:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Земля і Місяць.</li> <li>2. Природа тіл Сонячної системи.</li> <li>3. Космічні дослідження об'єктів Сонячної системи.</li> <li>4. Рух штучних супутників і автоматичних міжпланетних станцій.</li> <li>5. Розвиток космонавтики.</li> <li>6. Космогонія Сонячної системи.</li> </ol>
Ляшенко О.І.	профільний/ 10	<p>Сонячна система. Фізика тіл Сонячної системи:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рух штучних супутників і автоматичних міжпланетних станцій.</li> <li>2. Розвиток космонавтики.</li> <li>3. Космічні дослідження об'єктів Сонячної системи.</li> <li>4. Використання законів руху для визначення відстаней до тіл Сонячної системи, а також розмірів і мас небесних тіл.</li> <li>5. Система Земля-Місяць. Фази Місяця.</li> <li>6. Місячні та сонячні затемнення.</li> <li>7. Загальні характеристики планет, карликових планет та малих тіл Сонячної системи.</li> </ol>

Яцків Я.С.	стандарт/11	<p>Наша планетна система:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Земля і Місяць.</li> <li>2. Планети земної групи: Меркурій, Венера, Марс і його супутники.</li> <li>3. Планети-гіганти: Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун та їхні супутники.</li> <li>4. Карликові планети.</li> <li>5. Пояс Койпера, хмара Оорта. Малі тіла Сонячної системи — астероїди, комети, метеороїди.</li> <li>6. Дослідження тіл Сонячної системи з допомогою космічних апаратів.</li> <li>7. Гіпотези і теорії формування Сонячної системи.</li> </ol>
Яцків Я.С.	профільний/ 10	<p>Планети Сонячної системи:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подібність та відмінність між планетами земної групи та планетами-гігантами.</li> <li>2. Планети земної групи. Фізичні та орбітальні характеристики.</li> <li>3. Фізичні характеристики Землі. Внутрішня будова Землі. Будова атмосфери. Рухи в оболонках Землі. Астрономічні фактори клімату.</li> <li>4. Місяць: фізичні характеристики та проблема походження. Рельєф та фізичні умови на поверхні.</li> <li>5. Планети-гіганти. Фізичні та орбітальні характеристики. Супутники планет. Кільця планет.</li> <li>6. Карликові планети.</li> </ol>
		<p>Малі тіла Сонячної системи:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Астероїди.</li> <li>2. Комети.</li> <li>3. Тіла з поясу Койпера.</li> <li>4. Метеори та метеорити. Метеорні потоки.</li> <li>5. Фізичні характеристики малих тіл Сонячної системи та гіпотези походження.</li> <li>6. Астероїдна небезпека.</li> </ol>

Таблиця 2.2

**Аналіз змісту підручників на наявність результатів останніх  
космічних досліджень під час вивчення об'єктів Сонячної системи  
[7, 10, 12, 24, 25, 26, 27]**

№	Підручник	Відомості	Сучасні фото	Аналіз результатів
1	Головко М.В. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	-+	-(одне фото Плутона)	-
2	Засекіна Т.М., Засекін Д.О. Фізика і астрономія (профільний рівень), 10 кл., 2018 рік	-+	-(фото КА Розетта)	-
3	Засекіна Т.М., Засекін Д.О. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	-+	-+	-
4	Пришляк М.П. Кравцова О.М. Астрономія (профільний рівень), 11 кл., 2019 рік	+	+	-+
5	Пришляк М.П. Астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	+	+	-
6	Сиротюк В.Д., Мирошніченко Ю.Б. Астрономія: (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	+	+	-
7	Сиротюк В.Д., Мирошніченко Ю.Б. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	+	+	-

Ми вважаємо доцільною і актуальною розробку методичних рекомендацій до вивчення об'єктів Сонячної системи саме на основі аналізу результатів сучасних астрономічних досліджень.

Автори підручників дотримуються приблизно однакового плану подачі матеріалу про планети:

1. Візуальні особливості планети.
2. Фізичні параметри планети.
3. Структура поверхні планети.
4. Склад атмосфери.
5. Супутники.
6. Можливість існування життя.

Ми також будемо дотримуватись цього плану. Розглянемо методичні особливості вивчення об'єктів Сонячної системи з застосуванням результатів сучасних космічних місій.

## **2.2. Освітнє середовище “Сучасний погляд на Сонячну систему”**

Дане освітнє середовище ми розробили на основі онлайн-платформи Liveworksheets [32], яка дозволяє перетворювати традиційні документи (doc, pdf, jpg) на інтерактивні онлайн-вправи, які будемо називати «робочими аркушами» - worksheets. Робочі аркуші поєднані у робочі книги - workbooks: Планети земної групи, Планети гіганти, Карликові планети, Малі тіла Сонячної системи (рис. 2.1). Кожна робоча книга має 3-4 робочі аркуші з теоретичним матеріалом та перевірочний тест.

Кожен аркуш є інтерактивним опорним конспектом, в якому представлені результати останніх космічних досліджень планет, комет чи астероїдів Сонячної системи. У робочих аркушах наведені фрагменти таблиць 1.1-1.4. Можливості ресурсу дозволяють комірки таблиць з назвами космічних досліджень зробити активними лінками на веб-сайти програм цих місій (рис. 2.2, 2.3). Також до аркушів прикріплені посилання на 3D карти деяких об'єктів (рис. 2.3, 2.4)

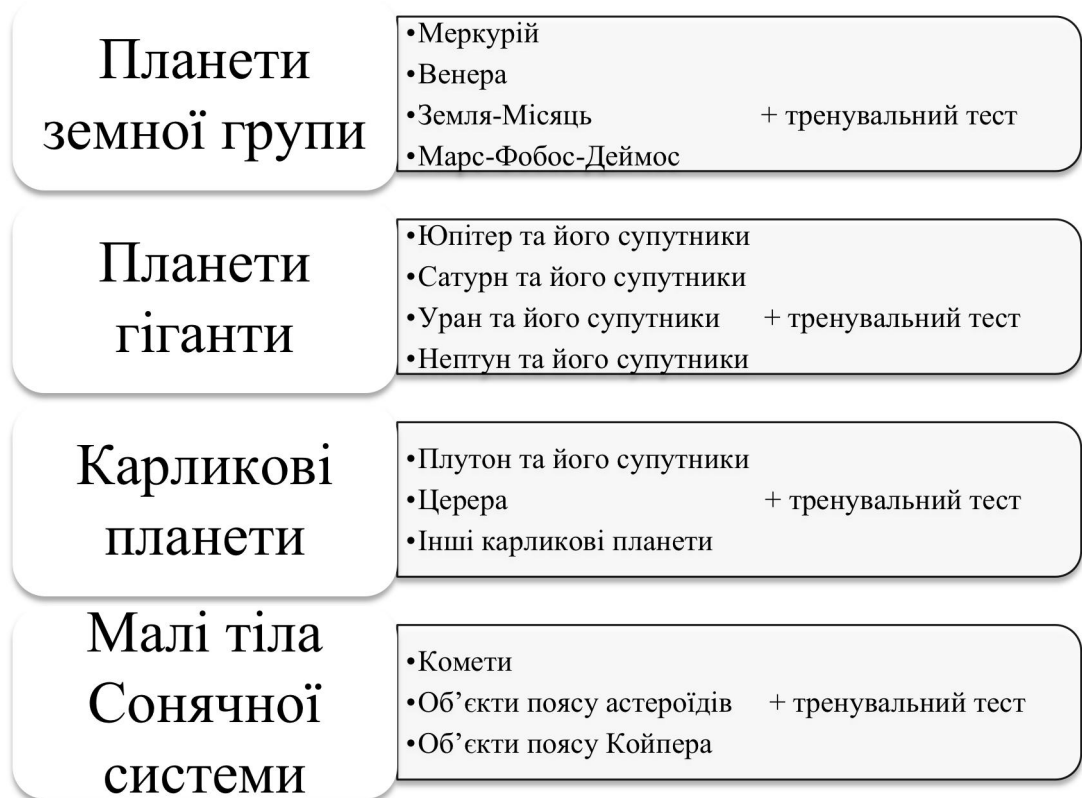










Рис. 2.1. Структура освітнього середовища “Сучасний погляд на Сонячну систему”

№	Місія, роки	Результати
Юпітер		
1	Pioneer 10, Pioneer 11, 1973-1974 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- передано більше, ніж 500 фото під час наближення (у тому числі Великої Червоної плями та термінатору);</li> <li>- визначено, що магнітне поле перевернуто у порівнянні з Землею;</li> <li>- отримані зображення Галілеєвих супутників, проведені дослідження альbedo Ганімеда та Європи, визначена маса Калісто;</li> <li>- створено інфрачервону карту планети, яка підтверджує, що Юпітер випромінює більше тепла, ніж отримує від Сонця.</li> </ul>
2	Voyager 1, Voyager 2, 1979 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- зображення Юпітера, його супутників та кільця;</li> <li>- відкриття вулканічної активності на Іо, що називає магнітосферу Юпітера Сульфуром, Оксигеном та Натрієм;</li> <li>- дослідження радіаційних поясів та планетарних кільць Юпітера;</li> <li>- встановлено, що Велика Червона пляма - це шторм, що рухається проти годинникової стрілки, також є менші шторми та вихорі в смугастих хмарах;</li> <li>- зображення Юпітера та супутників Амальтея, Іо, Калісто, Ганімеда, Європи;</li> <li>- дослідження зміни поверхні Іо після виверження 9 вулканів;</li> <li>- встановлено, що Європа може бути вкритою тонкою корою водяного льоду (до 30 км);</li> <li>- відкрито нові супутники Адрастея, Метіс та Фіва.</li> </ul>
3	Hubble, 1990 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- перші знімки полярних снів в ультрафіолетовому діапазоні на Юпітері та Ганімеді;</li> <li>- знімки ліквення Юпітера з кометою Шумейєрив-Леви;</li> <li>- спостереження вихорів у атмосфері Юпітера;</li> <li>- виявлення тонкої кисневої атмосфери Європи.</li> </ul>
4	Ulysses, 1992 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- уточнено геометрію магнітосфери Юпітера.</li> </ul>
5	Galileo, 1995-2003 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- визначено, що атмосфера Юпітера має мокрі та сухі ділянки (різниця у вмісті водяної пари у 100 разів);</li> <li>- зареєстровано грози у 1000 разів потужніші, ніж на Землі;</li> <li>- передано знімки Великої Червоної Плями, визначено, що вздовж екватора є гарячі плями;</li> <li>- встановлено наявність магнітного поля у Іо, ядра з розплавленого заліза чи сульфід заліза, спостереження за виверженням вулкану на Іо;</li> </ul>
6	Cassini-Huygens, 2000 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- встановлено, що поверхня Європи зазнає приливних дій від Іо та Ганімеда, підтверджено наявність тонкої кисневої атмосфери, знайдено у атмосфері іонізований водю;</li> <li>- наявність мінералів на порехні Європи (пов'язують занесенням астероїдами чи кометами);</li> <li>- підтверджено гіпотезу щодо рідкої води під поверхнею Європи та висунуто гіпотези про наявність такої води на Калісто та Ганімеді;</li> <li>- виявлено досить сильне магнітне поле Ганімеда, що свідчить про наявність залізного ядра;</li> <li>- визначено, що Калісто має ондіорідний склад із змішаними легкими та важкими елементами (60% породи, 40% льоду), не має власного магнітного поля;</li> <li>- вимірювання маси Амальтеї, визначення її густини (857 ± 99) кг/м<sup>3</sup>.</li> </ul>
7	New Horizons, 2007 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- аналіз структури і складу хмар;</li> <li>- спостереження ударів блискавки в полярних областях;</li> <li>- близька детально сфотографована Велика Червона Пляма;</li> <li>- виявлені бульбашки плазми, ймовірно від речовини вивержень на Іо;</li> <li>- зображення супутників, зокрема виявлено 36 вулканів на Іо, уточнені орбіти деяких малих супутників.</li> </ul>
8	Juno, 2016 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- передано зображення високої роздільної здатності;</li> <li>- зібрана інформація про утворення блискавок;</li> <li>- перші зображення північного полюсу;</li> <li>- вивчення полярних снів, магнітного поля (магнітосфера першіва та хаотична);</li> <li>- знімки стабільних циклонів на полюсах;</li> <li>- дослідження атмосфери привели до теорії, що ядро Юпітера не тверде, складається із шматків породи та металічного водню.</li> </ul>

LIVEWORKSHEETS

Finish!

LIVEWORKSHEETS

Рис. 2.2. Фрагмент робочого аркушу “Юпітер та супутники” з активними лінками на веб-сайти програм досліджень.

## Марсіанська наукова лабораторія Curiosity



У квітні та травні 2014 року марсохід NASA Curiosity використовував камеру на кінці свого плеча, щоб зробити десятки складових зображень, об'єднаних у цей автопортрет, на якому марсохід свердлив піщану дьону «Вінджана»

фото *NASA/JPL-Caltech/MSSS*

- Детальні знімки Марса з ровера Curiosity виявили сліди повеней і паводків, які відбувалися 4 млрд років тому.
- Станом на 16 квітня 2020 року ровер знаходився на відстані 21,66 милі від місця посадки.
- Станом на 31 березня 2021 р. Curiosity почав наближатися до гірського утворення, яке вчені назвали Mont Mercou (Мон-Мерку) на честь гори у Франції. Марсохід взяв уже 30 зразків породи шляхом вибурювання свердловин.

Посилання на інтерактивну карту Марсу

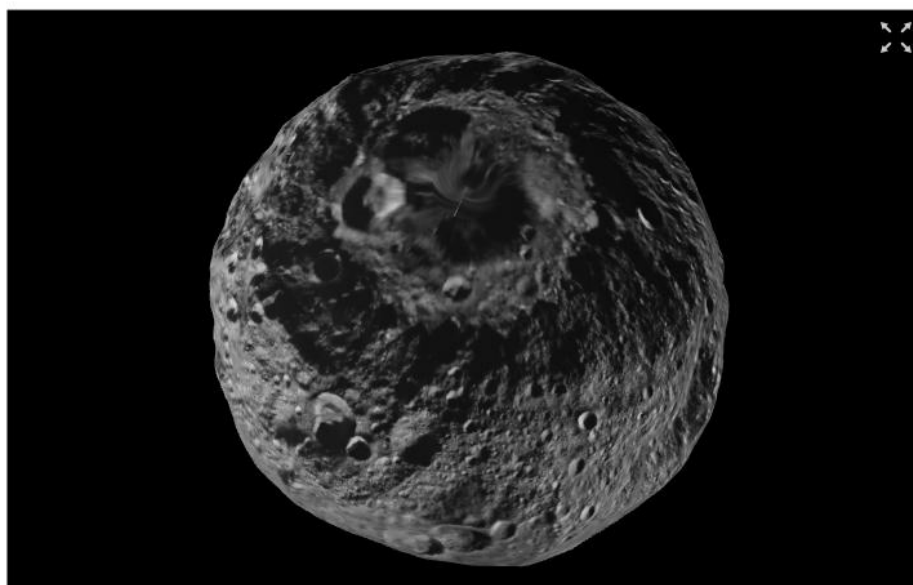


 **LIVEWORKSHEETS**

Рис. 2.3. Фрагмент робочого аркушу з прикріпленням фото та посиланням



## Vesta 3D Model



**Source:** NASA Visualization Technology Applications and Development (VTAD)

**Published:** April 22, 2019

A 3D model of asteroid Vesta.

Рис. 2.4. Результат переходу з робочого аркушу “Об’єкти поясу астероїдів” до 3D карти Вести.

Можливості ресурсу дають змогу прикріпити посилання на відео Youtube для безпосереднього перегляду у розробленому нами середовищі (рис. 2.5). Відео з результатами останніх космічних місій досить багато, але не всі адаптовані для використання на уроках у школі.

По-перше, більшість з відео англійською мовою, тому не всі учні зможуть вільно переглядати і розуміти зміст відео. По-друге, згідно з особливостями застосування відеоконтенту на уроках у закладах загальної середньої освіти тривалість перегляду відео обмежена – не більше 5 хвилин.

Отже, ми намагались підібрати відео невеликої тривалості та не обтяженими тривалими поясненнями, з представленням інформації у графічному вигляді.



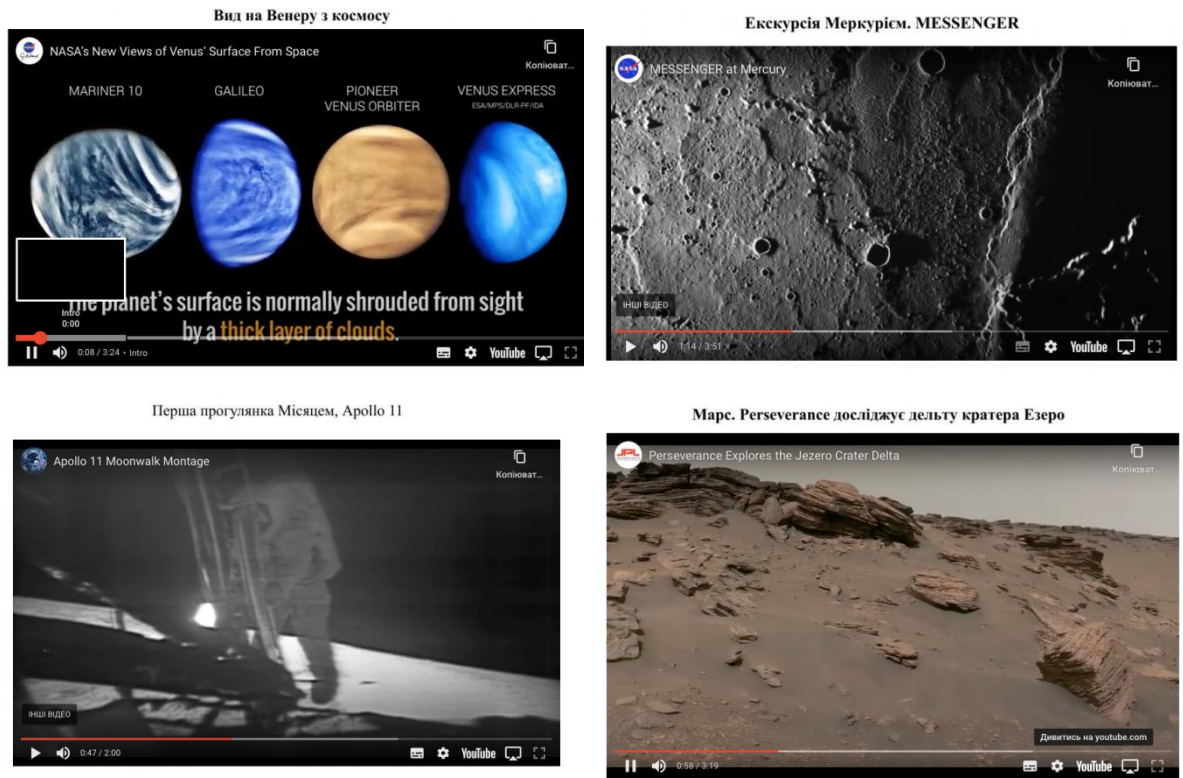


Рис. 2.5. Фрагменти аркушів робочої книги “Планети земної групи” з посиланнями на Youtube-відео.

1. Доповніть визначення карликової планети:

Карликова планета — це **9/10** **сферичне** тіло, що має достатньо **масу** для того, щоб **мас** **формувати** **сфероїдальну** **форму**, але **не** **достатньо** **масу** для того, щоб **перевисувала** **силу** **гравітації** **привади** **своїх** **сусідів** **на** **орбіті**. **Вона** **не** **має** **достатньо** **масу** **для** **того**, **щоб** **перевисувала** **силу** **гравітації** **привади** **своїх** **сусідів** **на** **орбіті**.

2. Розташуйте карликові планети у порядку віддаленості від Сонця:

3. Розташуйте супутник під його карликовою планетою:

Плутон	Ерида	Гаумеа	Макемаке	Церера
Харон		Намака	МК2	Лизномія
Кербер		Хііака		
Гітла				
Стікс				
Нікс				

4. Встановіть співвідношення між назвою та зображенням карликової планети.

5. Основними об'єктами для дослідження місії Dawn та New Horizons є карликові планети:

- a) Церера та Ерида
- б) Церера та Плутон
- в) Седна та Плутон
- г) Плутон та Харон

LIVEWORKSHEETS

LIVEWORKSHEETS

Рис. 2.6. Приклад виконання учнем тесту робочої книги “Карликові планети”.

Кожна книга містить перевірочний тест. Особливості проведення тестування на даній платформі – можливість самоперевірки та самокорекції відповідей. Після проходження тесту учні натискають на кнопку Finish, після чого можуть відразу відправити відповіді вчителю на електронну пошту або в особистий кабінет, або спочатку перевірити себе. Для самоперевірки можна натиснути кнопку Check та подивитись на свій поточний бал за цей тест: правильні відповіді будуть виділені зеленим кольором, неправильні червоним (рис. 2.6). У учня є необмежена кількість спроб пройти тестування, скорегувати свої відповіді, а вже потім відправити свої відповіді вчителю до встановленого строку здачі. Таким чином, проведення таких тестувань спрямоване у першу чергу не на оцінювання результатів освітньої діяльності учня, а на успішне засвоєння теми шляхом рефлексії та самокорекції.

### **2.3. Методичні рекомендації до вивчення об'єктів Сонячної системи на основі останніх космічних досліджень**

У 11 класі на рівні стандарт на вивчення астрономії виділено 35 годин. Ми склали календарно-тематичне планування (за навчальною програмою “Фізика. Астрономія. Авторський колектив О.І.Ляшенко” [28]), згідно якого на вивчення об'єктів Сонячної системи виділено 4 години (додаток В). Зрозуміло, що цього часу дуже мало для вивчення цієї теми. Тому ми пропонуємо застосувати методику “перевернутого” навчання. Основні відомості про планети чи малі тіла учні можуть вивчити самостійно з матеріалу підручника, тому перед уроком учням задаємо домашнє завдання – ознайомитись з матеріалом підручника та скласти короткий опорний конспект з теми. А на уроці працюємо з середовищем “Сучасний погляд на Сонячну систему”, знайомимось з результатами сучасних досліджень, аналізуємо фото та відео з теми.

Після уроку учні виконують онлайн-тестування у зручний для себе час.  
Нижче представлені план-конспекти уроків.

### План-конспект уроку “Планети земної групи”

#### Попереднє домашнє завдання:

#### I. Прочитати параграф згідно з таблицею

Підручник	Параграф
Головко М.В. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§32, с. 220-223
Сиротюк В.Д., Мирошніченко Ю.Б. Астрономія: (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§12, §13, §17.6
Засекіна Т.М., Засекін Д.О. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§46, с. 216-217, §48, с. 223-225
Пришляк М.П. Астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	Тема 3.1
Сиротюк В.Д., Мирошніченко Ю.Б. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§7, §8

II. Скласти короткий опорний конспект для планет земної групи за наступним планом:

1. Візуальні особливості планети.
2. Фізичні параметри планети.
3. Структура поверхні планети.
4. Склад атмосфери.
5. Супутники.
6. Можливість існування життя.

#### План заняття:

1. Вивчення сучасного визначення поняття “планета”.
2. Загальна характеристика планет земної групи.
3. Особливості досліджень планети Меркурій, основні результати місій Mariner-10 і MESSENGER.
4. Особливості досліджень планети Венера, основні результати місій Magellan, Galileo, Venus-Express та ін.
5. Особливості досліджень планетної системи Земля-Місяць, основні результати місій з доставки місячного ґрунту на Землю та висадки астронавтів на Місяць.

6. Особливості досліджень планетної системи Марс-Фобос-Деймос, основні результати досліджень марсоходів, космічних апаратів Mars Express, MRO, MAVEN, Exo Mars та ін.

7. Висновок про основні напрями досліджень планет земної групи, наявність води, органічних сполук та інших умов для існування живих організмів на них.

8. Виконати тест.

### **План-конспект “Планети гіганти”**

Попереднє домашнє завдання:

I. Прочитати параграф згідно таблиці

Підручник	Параграф
Головко М.В. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§32, с. 223-226
Сиротюк В.Д., Мирошніченко Ю.Б. Астрономія: (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§14, §15
Засекіна Т.М., Засекін Д.О. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§48, с. 225-227
Пришляк М.П. Астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	Тема 3.2
Сиротюк В.Д., Мирошніченко Ю.Б. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§9, §10

II. Скласти короткий опорний конспект для планет гігантів за наступним планом:

1. Візуальні особливості планети.
2. Фізичні параметри планети.
3. Структура поверхні планети.
4. Склад атмосфери.
5. Структура кілець.
6. Супутники.
7. Можливість існування життя на супутниках.

План заняття:

1. Загальна характеристика та класифікація планет гігантів.

2. Особливості досліджень планетної системи Юпітера, основні результати місій Pioneer, Voyager, Galileo, Juno та ін.

3. Особливості досліджень планетної системи Сатурну, основні результати місій Pioneer, Voyager, Cassini-Huygens та ін.

4. Особливості досліджень планетної системи Урану, основні результати спостережень Hubble та місії Voyager.

5. Особливості досліджень планетної системи Нептуну, основні результати спостережень Hubble та місії Voyager.

6. Висновок про основні напрями досліджень планет гігантів, наявність води, органічних сполук та інших умов для існування форм життя на їх супутниках.

7. Виконати тест.

### **План-конспект “Карликові планети”**

Попереднє домашнє завдання:

I. Прочитати параграф згідно таблиці

Підручник	Параграф
Головко М.В. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§33, с. 226-227
Сиротюк В.Д., Мирошніченко Ю.Б. Астрономія: (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§16, с. 76-78
Засекіна Т.М., Засекін Д.О. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§46, с. 217
Пришляк М.П. Астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	Тема 3.3, с. 56
Сиротюк В.Д., Мирошніченко Ю.Б. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§11, с. 246

II. Скласти короткий опорний конспект для карликових планет за наступним планом:

1. Візуальні особливості планети.
2. Фізичні параметри планети.
3. Структура поверхні планети.
4. Склад атмосфери.
5. Супутники.

План заняття:

1. Вивчення поняття карликова планета.
2. Загальна характеристика карликових планет.
3. Особливості досліджень планетної системи Плутона, основні результати спостережень Hubble та місії New Horizons.
4. Особливості досліджень карликової планети Церера, основні результати спостережень Hubble та місії Dawn.
5. Особливості досліджень карликових планет Седна, Ерида, Гаумеа, Макемаке, Гунгун, Квавар, Оркус, Салація, основні результати спостережень наземних та космічних телескопів.
6. Висновок про уточнення класифікації планет Сонячної системи та основні напрямки досліджень карликових планет.
7. Виконати тест.

### **План-конспект “Малі тіла Сонячної системи”**

#### Попереднє домашнє завдання:

#### I. Прочитати параграф згідно таблиці

Підручник	Параграф
Головко М.В. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§33, с. 227-230
Сиротюк В.Д., Мирошніченко Ю.Б. Астрономія: (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§16, с. 78-84, §17.5, §18.1
Засекіна Т.М., Засекін Д.О. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§46, с.217-218, §49
Пришляк М.П. Астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	Тема 3.3, с. 57-60
Сиротюк В.Д., Мирошніченко Ю.Б. Фізика і астрономія (рівень стандарту), 11 кл., 2019 рік	§11, с. 247-252

II. Скласти короткий опорний конспект для карликових планет за наступним планом:

1. Будова Сонячної системи.
2. Будова та склад комет. Найвідоміші комети.
3. Найвідоміші об'єкти поясу астероїдів.
4. Найвідоміші об'єкти поясу Койпера.
5. Астероїдна загроза Землі.

План заняття:

1. Вивчення поняття малі тіла Сонячної системи.
2. Класифікація малих тіл Сонячної системи.
3. Вивчення будови Сонячної системи.
4. Особливості досліджень комет, основні результати місій Deep Space, Stardust, Rosetta, Deep Impact, Ulysses та ін.
5. Особливості досліджень об'єктів поясу астероїдів, основні результати місій Galileo, NEAR Shoemaker, Dawn, NEWWASE, Spitzer та ін.
6. Особливості досліджень об'єктів поясу Койпера, основні результати спостережень Hubble та місії New Horizons.
7. Висновок про основні напрями досліджень малих тіл Сонячної системи, існування води та органічних сполук на них, розгляд гіпотез про занесення води та органічних сполук на Землю.
8. Виконати тест.

Розроблені методичні рекомендації були впроваджені у дистанційний освітній процес з астрономії учнів 11 класу Станіславського ліцею ім. К.Й. Голобродька та Широкобалківського ліцею Станіславської сільської ради Херсонської області у другому семестрі 2021-2022 навчального року.

### РОЗДІЛ 3

## ОРГАНІЗАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ З ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ВИВЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ОСТАННІХ КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Організація педагогічного експерименту.

З огляду на актуальність проблеми дослідження ми вирішили провести педагогічний експеримент з впровадження методики вивчення об'єктів Сонячної системи з застосуванням освітнього середовища “Сучасний погляд на Сонячну систему”. Етапи педагогічного експерименту:

1. Теоретичний аналіз методичної, навчальної та наукової літератури: вересень 2021р. - вересень 2022 р.
2. Проведення анкетування вчителів астрономії Херсонської та Миколаївської областей: жовтень 2021 р.
3. Розробка освітнього середовища “Сучасний погляд на Сонячну систему”: листопад-грудень 2021 р.
4. Розробка методичного забезпечення щодо використання освітнього середовища “Сучасний погляд на Сонячну систему” у освітньому процесі: грудень-січень 2021 р.
5. Розробка критеріїв оцінювання та складання анкет: грудень 2021 р.
6. Впровадження у освітній процес з астрономії у 11 класі Станіславського ліцею ім. К.Й. Голобородька та Широкобалківського ліцею Станіславської сільської ради Херсонської області освітнього середовища “Сучасний погляд на Сонячну систему”: січень-квітень 2022р.



5. Проведення анкетування учнів експериментальної групи: травень 2022р.

6. Проведення анкетування учнів контрольної групи: червень-липень 2022р.

7. Обробка та аналіз результатів педагогічного експерименту: серпень-вересень 2022 р.

8. Представлення результатів педагогічного експерименту: написання статті до збірника Магістерські студії, написання тез доповіді та участь у Всеукраїнській конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “Інноваційні технології навчання природничо-математичних дисциплін у закладах освіти”: жовтень-листопад 2022 р.

У ході педагогічного експерименту було проведено опитування вчителів астрономії Херсонської та Миколаївської області (усього 48 учасників) (додаток А). З них 19% мають стаж роботи вчителем 1-5 років, 33% працюють у школі 5-19 років, 31% - 10-15 років та 17% мають педагогічний стаж більше 15 років.



Рис. 3.1. Розподіл відповідей на запитання “Чи використовуєте Ви підручник на уроках астрономії”.

Розподіл відповідей на запитання анкети “Чи використовуєте Ви підручник на уроках астрономії” представлений на рисунку 3.1. Більшість вчителів використовують підручник на уроках астрономії (близько 60%). Зовсім не використовують, навіть для домашнього опрацювання, 19%.

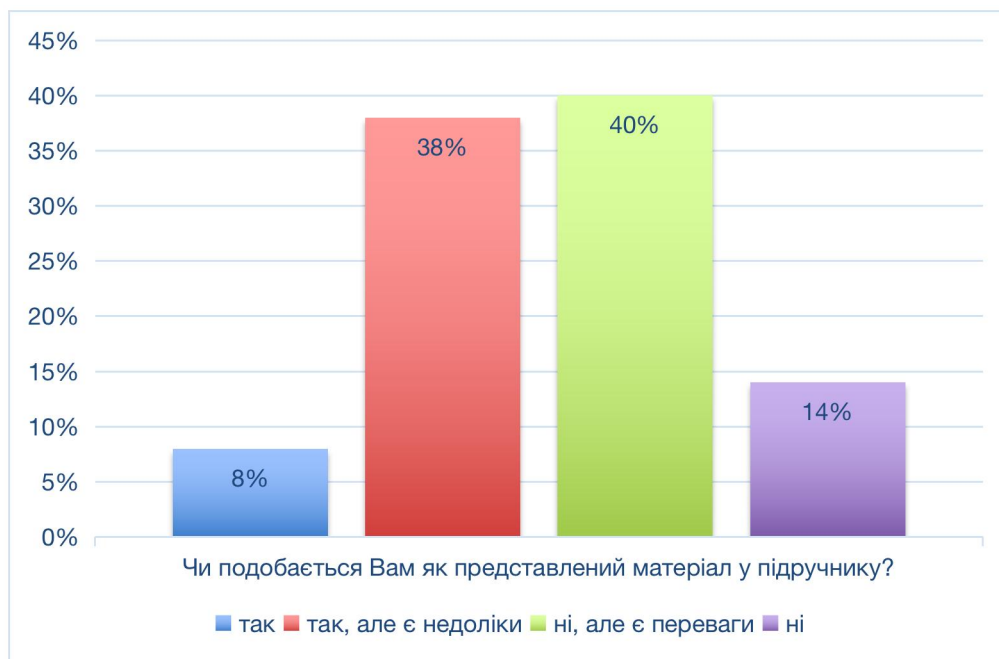


Рис. 3.2. Розподіл відповідей на запитання “Чи подобається Вам як представлений матеріал у підручнику?”.

На рис. 3.2 представлений розподіл відповідей на запитання “Чи подобається Вам як представлений матеріал у підручнику?”. Лише 8% вказали, що їм подобається, представлення матеріалу у підручнику. 38% опитуваним здебільшого подобається, хоча вони й бачать деякі недоліки у підручників. Не подобається представлення матеріалу в підручниках 54% вчителів.

На запитання “Чого, на Вашу думку, не вистачає сучасним підручникам з астрономії?” більшість (54%) відповіли, що всього з вищеперерахованого. Інші відповіді розподілені практично однаково (рис. 3.3).

Близько 65% відповіли, що часто використовують додаткові джерела інформації на уроках астрономії. 29% дуже рідко і 6% взагалі не

використовують. Розподіл відповідей на це запитання представлений на рис 3.4.

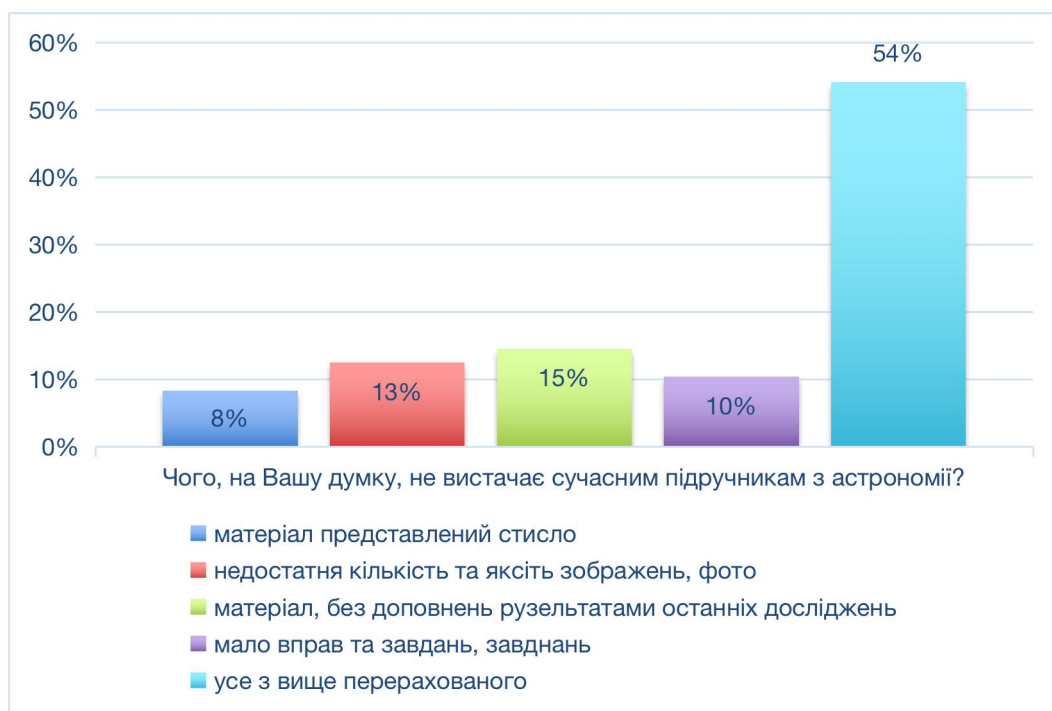


Рис. 3.3. Розподіл відповідей на запитання “Чого, на Вашу думку, не вистачає сучасним підручникам з астрономії?”

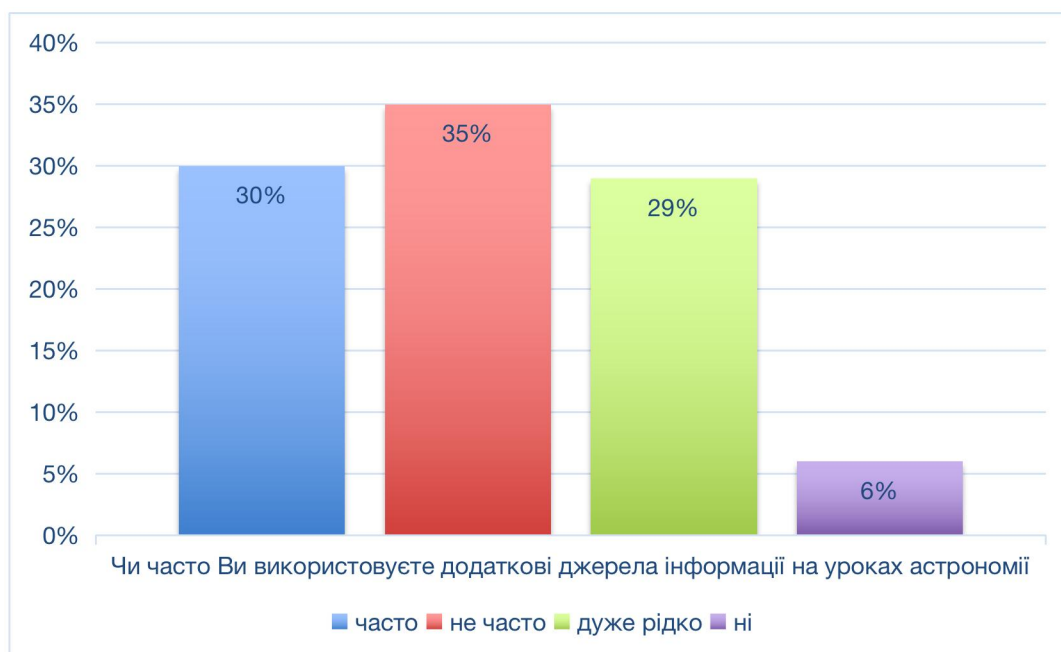


Рис. 3.4. Розподіл відповідей на запитання “Чи часто Ви використовуєте додаткові джерела інформації на уроках астрономії?”

Учителі астрономії зазначили, що найчастіше використовують для пошуку інформації: 36% підручники та методичні посібники, 8% наукову літературу, 33% переглядають відео, 17% переглядають інформацію на сайтах космічних агентств, 6% не використовують ніяких додаткових джерел інформації.

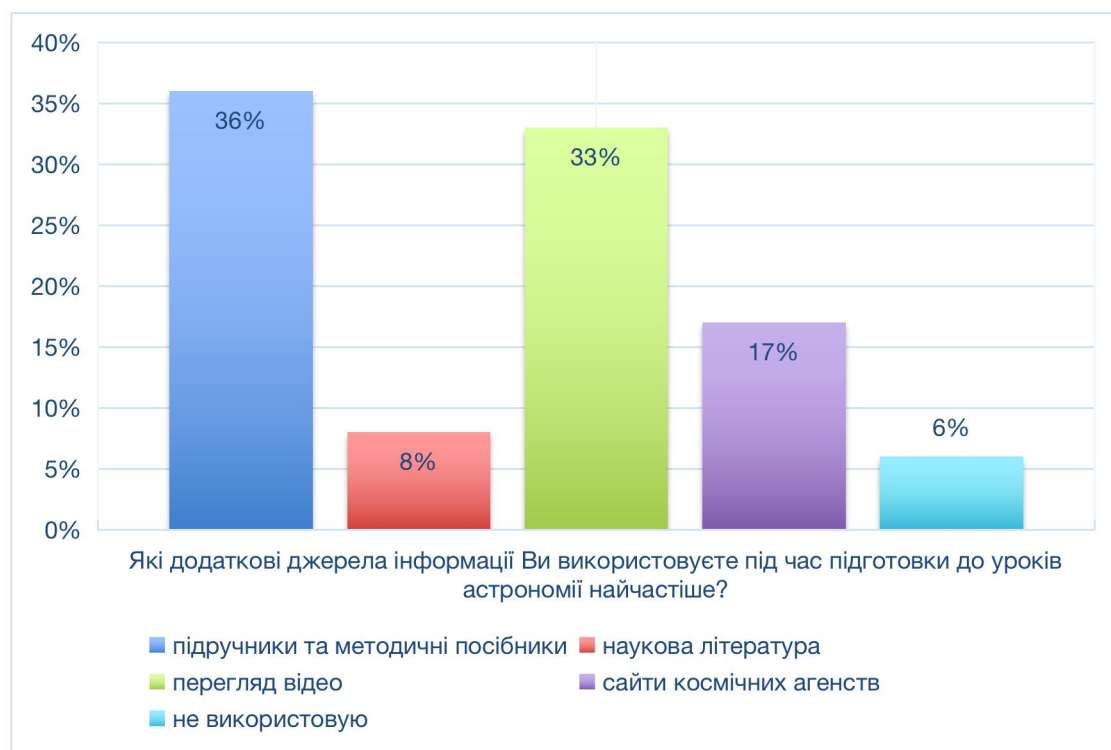


Рис. 3.5. Розподіл відповідей на запитання “Які додаткові джерела інформації Ви використовуєте під час підготовки до уроків астрономії найчастіше”

Згідно відповідей на запитання анкети “Чи розглядаєте Ви на уроках астрономії результати сучасних космічних місій” більшість вчителів розглядає результати сучасних космічних досліджень (рис. 3.6). Усі мають труднощі з підбору інформації за результатами астрономічних досліджень: 42% через несистематизованість матеріалу, 33% через мовний бар’єр, 8% важко оцінити достовірність інформації, знайденої у мережі Інтернет, 14% не вистачає часу.



Рис. 3.6. Розподіл відповідей на запитання “Чи розглядаєте Ви на уроках астрономії результати сучасних космічних місій”



Рис. 3.7. Розподіл відповідей на запитання “Які труднощі у вас виникають під час підбору інформації по результатам космічних місій?”

Аналіз відповідей вчителів показав, що вивчення астрономії з позицій результатів останніх космічних досліджень реалізується не

часто. Причинами є невідповідність підручників, відсутність методичних рекомендацій та доступність результатів останніх космічних досліджень для більшості вчителів. З огляду на вищезазначене, розробка і впровадження методичних рекомендацій до вивчення об'єктів Сонячної системи з застосуванням результатів останніх космічних досліджень є актуальною.

### **3.2. Аналіз результатів експерименту.**

Педагогічний експеримент проводився на базі Станіславського ліцею ім. К.Й. Голобородька та Широкобалківського ліцею Станіславської сільської ради Херсонської області. Освітній процес з астрономії побудований згідно навчальної програми рівня стандарт авторського колективу Ляшенко О.І. [28]

Через воєнне вторгнення освітній процес у Херсонській області у 2021-2022 навчальному році було закінчено на місяць раніше, а у 2022-2023 навчальному році вивчення астрономії ще не почалось (заплановане на 2 семестр), тому було вирішено порівняти результати успішності 11-класників 2020-2021 н.р. та 2021-2022 н.р.

Статистичну обробку результатів експерименту здійснимо за допомогою U-критерію Манна-Уїтні, який можна застосовувати для двох виборок.

У експерименті брали участь 24 учні 11 класів 2021-2022 н.р. (експериментальна група) та 22 учні 11 класів 2020-2021 н.р. (контрольна група). Будемо порівнювати показники успішності учнів з теми “Фізика Сонячної системи”. Показник для кожного учня розрахуємо як суму його тематичної оцінки та результату анкетування. Учасникам контрольної та експериментальної груп було запропоновано заповнити анкету у вигляді Google-форми для перевірки залишкових знань та переконань щодо будови Сонячної системи (додаток Б).

Максимальний показник 24 (12 балів тематична та 12 балів за анкетування), мінімальний показник 1 (1 бал за тематичну, 0 балів за анкетування).

У таблиці 3.1 представлені результати тематичного оцінювання учнів контрольної та експериментальної груп. На рис. 3.8 представлений розподіл результатів учнів з теми “Фізика Сонячної системи”. Кількість учнів, що мали низький рівень успішності зменшилась на 7%, середній рівень - зменшилась на 2%. Кількість учнів, що мали достатній та високий рівні успішності збільшилась на 4% та 5% відповідно.

Таблиця 3.1

**Результати тематичного оцінювання учнів контрольної та експериментальної груп з теми “Фізика Сонячної системи”**

Група	Низький рівень (%)	Середній рівень (%)	Достатній рівень (%)	Високий рівень (%)
Контрольна	25	29	33	13
Експериментальна	18	27	37	18

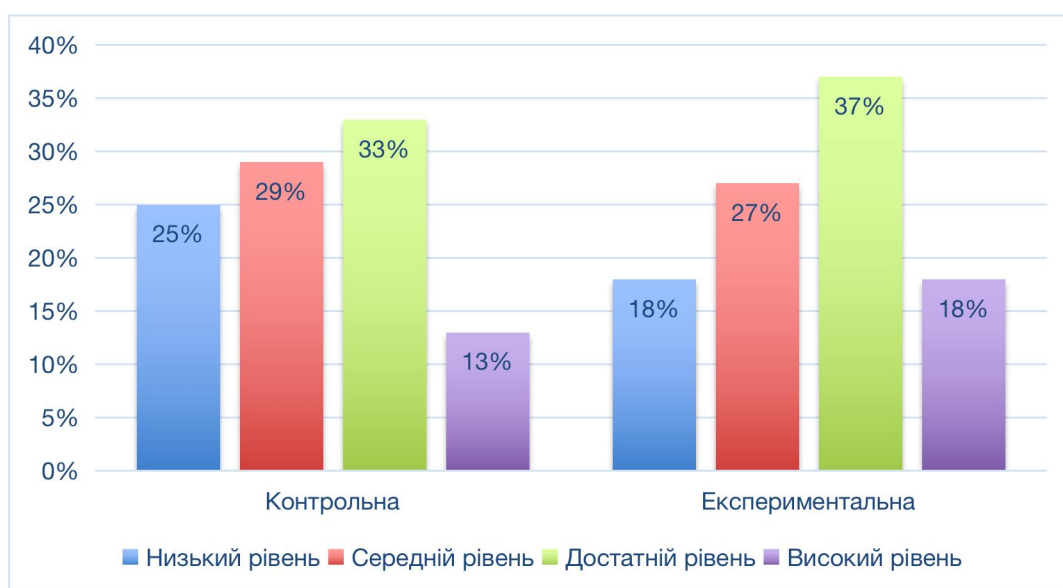


Рис. 3.8. Розподіл результатів тематичного оцінювання учнів контрольної та експериментальної груп з теми “Фізика Сонячної системи”

У таблиці 3.2 представлені результати опитування учнів контрольної та експериментальної груп. На рис. 3.9 представлений розподіл результатів опитування учнів для перевірки залишкових знань та переконань щодо будови Сонячної системи. Кількість учнів, що отримали 0-3 бали зменшилась на 10%, 4-6 балів - зменшилась на 14%. Кількість учнів, що отримали 7-9 балів та 10-12 балів збільшилась на 10% та 14% відповідно.

Таблиця 3.2

**Результати опитування учнів для перевірки залишкових знань та переконань щодо будови Сонячної системи**

Група	0-3 бали (%)	4-6 балів (%)	7-9 балів (%)	10-12 балів (%)
Контрольна	33	46	17	4
Експериментальна	23	32	27	18

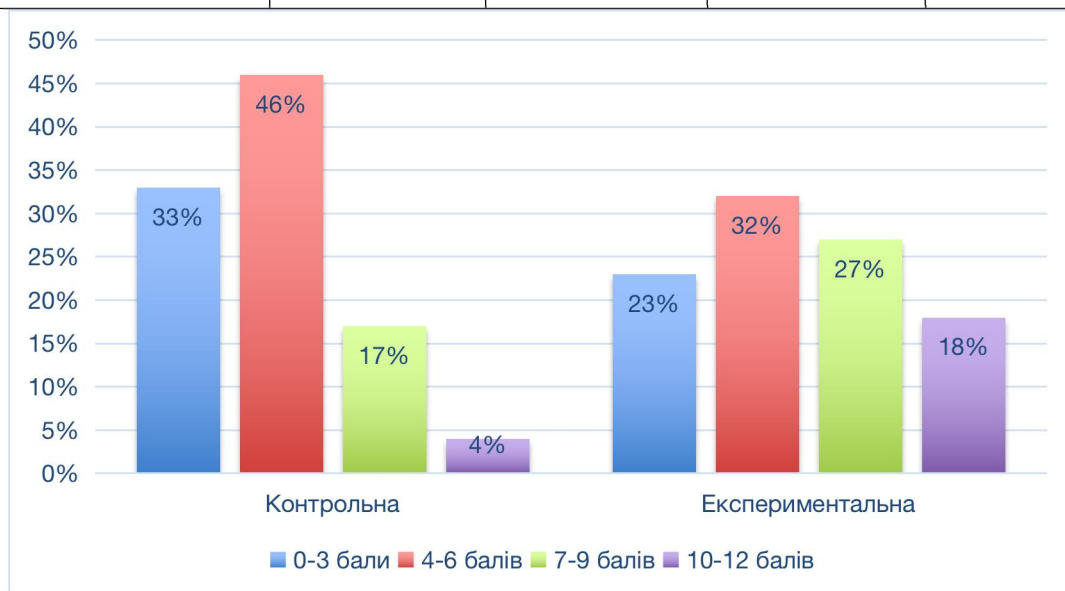


Рис. 3.8. Розподіл результатів опитування учнів для перевірки залишкових знань та переконань щодо будови Сонячної системи

Сформулюємо гіпотези дослідження. Припустимо, що:

- згідно з гіпотезою  $H_0$  індивідуальні значення показнику успішності учнів експериментальної групи не перевищують значення учнів контрольної групи;



- згідно з гіпотезою  $H_1$  індивідуальні значення показнику успішності учнів експериментальної групи перевищують значення учнів контрольної групи.

Індивідуальні значення показнику успішності для експериментальної групи ( $n_1=22$ ) та контрольної групи ( $n_2=24$ ) представлені в таблиці 3.3 в упорядкованому вигляді згідно рангів.

Таблиця 3.3

**Індивідуальні значення показнику успішності для експериментальної групи ( $n_1=22$ ) та контрольної групи ( $n_2=24$ )**

№ учня	Експериментальна група	Ранг	№ учня	Контрольна група	Ранг
1	24	46			
2	23	45			
3	22	44			
4	20	42,5	1	20	42,5
5	18	39	2	18	39
6	18	39			
7	18	39			
8	18	39			
			3	17	36
9	16	34,5	4	16	34,5
10	15	32,5	5	15	32,5
11	14	30,5	6	14	30,5
12	13	28,5	7	13	38,5
13	12	26			
14	12	26			
15	12	26			
16	11	22	8	11	22
			9	11	22
			10	11	22
			11	11	22
17	10	18,5	12	10	18,5
			13	9	16
			14	9	16
			15	9	16
18	8	13,5	16	8	13,5
			17	7	12
19	6	9	18	6	9
20	6	9			
21	6	9			
22	6	9			
			19	5	6
			20	4	3,5
			21	4	3,5
			22	4	3,5

			23	4	3,5
			24	3	1
Суми	308	627,5		239	453,5
Середні	14			10	

Більша рангова сума  $T_{\max}$  та більший середній індивідуальний показник більші для експериментальної групи - 627,5. Обчислимо для цієї групи експериментальне значення U-критерію за формулою [8]:

$$U_{\text{експ}} = (n_1 \cdot n_2) + \frac{n_{\max}(n_{\max} + 1)}{2} - T_{\max}$$

$$U_{\text{експ}} = (22 \cdot 24) + \frac{22(22 + 1)}{2} - 627,5 = 153,5$$

За довідковими даними [8]:

$$U_{\text{кр}0,05} = 188$$

$$U_{\text{кр}0,01} = 154$$

$$U_{\text{експ}} < U_{\text{кр}}$$

Таким чином гіпотеза  $H_1$  підтверджується: індивідуальні значення показнику успішності учнів експериментальної групи перевищують значення учнів контрольної групи.

Значить розроблене нами методичне забезпечення щодо використання освітнього середовища “Сучасний погляд на Сонячну систему” позитивно впливає на успішність учнів і може бути використаним на уроках астрономії у закладах загальної середньої освіти.

## ВИСНОВКИ

Сучасні астрономічні дослідження - це не спостереження за світилами у оптичні телескопи. Сьогодні це потужні наземні телескопи всього діапазону електромагнітних хвиль, орбітальні телескопи, космічні місії до інших об'єктів Сонячної системи, спускові модулі та зонди з надсучасним вимірювальним обладнанням.

Основною метою більшості космічних програм є дослідження об'єктів Сонячної системи. Очевидно, що одним з пріоритетних напрямків у дослідженнях планет земної групи є пошуки слідів прісної води та органічних сполук. Пріоритетними напрямками у дослідженнях планет гігантів встановлення їх складу та внутрішньої будови, а також пошуки слідів прісної води та органічних сполук на їх супутниках. Пріоритетними напрямками у дослідженнях карликових планет є поки що пошук та визначення мас кандидатів у карликові планети. Пріоритетними напрямками у дослідженнях комет є визначення їх складу і підтвердження гіпотези занесення ними води а органічних сполук на планети. Також важливою є класифікація великої кількості астероїдів та інших об'єктів на околицях Сонячної системи і їх загрози зіткнення з Землею.

Результати цих досліджень обов'язково мають бути розглянуті на уроках астрономії. Аналіз змісту підручників з астрономії на наявність результатів останніх космічних досліджень під час вивчення об'єктів Сонячної системи показав, що не всі сучасні підручники містять відомості про останні космічні місії. А аналіз результатів досліджень космосу у підручниках зовсім не представлений.

Згідно складеного нами календарно-тематичного планування (за навчальною програмою “Фізика. Астрономія. Авторський колектив О.І.Ляшенко”) на вивчення об'єктів Сонячної системи ми виділили лише 4 години (з 35 на весь курс). Тому ми вважаємо доцільним застосувати

методику “перевернутого” навчання: основні відомості про планети чи малі тіла учні вивчали самостійно з матеріалу підручника, на уроці працювали з розробленим нами середовищем “Сучасний погляд на Сонячну систему” за планами-конспектами уроків.

Наш педагогічний експеримент проводився на базі Станіславського ліцею ім. К.Й. Голобородька та Широкобалківського ліцею Станіславської сільської ради Херсонської області.

Було проведено опитування вчителів астрономії Херсонської та Миколаївської областей. Аналіз відповідей показав, що вивчення астрономії з позицій результатів останніх космічних досліджень реалізується не часто. Причинами є невідповідність підручників, відсутність методичних рекомендацій та доступність результатів останніх космічних досліджень для більшості вчителів.

У експерименті брали участь 24 учні 11 класів 2021-2022 н.р. (експериментальна група) та 22 учні 11 класів 2020-2021 н.р. (контрольна група). Ми порівнювали показники успішності учнів з теми “Фізика Сонячної системи”. Показник для кожного учня розраховували як суму його тематичної оцінки та результату анкетування. Учасникам контрольної та експериментальної груп було запропоновано заповнити анкету у вигляді Google-форми для перевірки залишкових знань та переконань щодо будови Сонячної системи.

Результати тематичного оцінювання учнів контрольної та експериментальної груп показали, що кількість учнів, які мали низький рівень успішності зменшилась на 7%, середній рівень - зменшилась на 2%. Кількість учнів, що мали достатній та високий рівні успішності збільшилась на 4% та 5% відповідно.

Результати опитування учнів контрольної та експериментальної груп для перевірки залишкових знань та переконань щодо будови Сонячної системи показали, що кількість учнів, що отримали 0-3 бали

зменшилась на 10%, 4-6 балів - зменшилась на 14%. Кількість учнів, що отримали 7-9 балів та 10-12 балів збільшилась на 10% та 14% відповідно.

Статистичну обробку результатів експерименту здійснювали за допомогою U-критерію Манна-Уїтні, який можна застосовувати для двох виборок. Отримали, що  $U_{\text{експ}} > U_{\text{кр}}$  за двома рівнями статистичної значущості. Таким чином гіпотеза, що індивідуальні значення показнику успішності учнів експериментальної групи перевищують значення учнів контрольної групи підтверджується.

Значить розроблене нами методичне забезпечення щодо використання освітнього середовища “Сучасний погляд на Сонячну систему” позитивно впливає на успішність учнів і може бути використаним на уроках астрономії у закладах загальної середньої освіти.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія. Харків: ПромАрт, 2019. — 524 с.
2. Астрономічний календар. URL: <https://www.mao.kiev.ua/calendar/2007/>
3. Астрономія. Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів (рівень стандарту і профільний рівень). Авторський колектив під керівництвом Яцківа Я.С. 23 с.
4. Астрономія. 11 клас: Книга для вчителя / Ю. В. Александров, А. М. Грецький, М. П. Пришляк. - Х.: Веста: Видавництво "Ранок", 2005. - 256с.
5. Бузько В. Дидактичний матеріал з астрономії. URL: [https://lib.iitta.gov.ua/722471/1/Астрономія\\_Бузько\\_дидактичний\\_матеріал\\_A5.pdf](https://lib.iitta.gov.ua/722471/1/Астрономія_Бузько_дидактичний_матеріал_A5.pdf)
6. Вільна енциклопедія Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Головна\\_сторінка](https://uk.wikipedia.org/wiki/Головна_сторінка).
7. Головка М.В. Фізика і астрономія (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Ляшенка О.І.) підручник для 11 класу закладів загальної середньої освіти/ М.В. Головка, І.П. Крячко, Ю.С. Мельник, Л.В. Непорожня, В.В. Сіпій. - К.: Педагогічна думка, 2019. - 288 с.
8. Грабарь М.И., Краснянская К.А. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. М.: Педагогика, 1977. 138 с.
9. Європейське космічне агентство esa. URL: <https://www.esa.int>.
10. Засекіна Т.М. Фізика і астрономія (профільний рівень): підручник для 10 кл. закладів загальної середньої освіти/ Т.М. Засекіна, Д.О. Засекін. - К.: УОВК "Оріон", 2018. - 304 с.

11. Засекіна Т.М. Фізика і астрономія (профільний рівень, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Ляшенка О.І.): підручник для 11 кл. закладів загальної середньої освіти/ Т.М. Засекіна, Д.О. Засекін. - К.: УОВК “Оріон”, 2019. - 304 с.
12. Засекіна Т.М. Фізика і астрономія (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Ляшенка О.І.): підручник для 11 кл. закладів загальної середньої освіти/ Т.М. Засекіна, Д.О. Засекін. - К.: УОВК “Оріон”, 2019. - 272 с.
13. Індійська організація космічних досліджень ISRO. URL: <https://www.isro.org>.
14. Китайське національне космічне управління CNSA. URL: <https://www.cnsa.gov.cn>.
15. Крячко І.П. Астрономія 11 клас. Методичний посібник для вчителя. - К.: Наше небо, 2013. — 202 с.
16. Крячко І.П. Методика навчання астрономії в старшій загально-освітній школі. - К.: Видавничий центр «Наше небо», 2018. - 244 с.
17. Крячко І.П. Астрономія. Плани-конспекти уроків. 11 клас/ за ред. І.Крячко. - К.: Редакції газет природничо-математичного циклу, 2014. - 112 с.
18. Кузьменков С.Г. Актуальні проблеми астрономічної освіти [Текст] / Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в школі. – 2011. – № 7. – С. 27–32.
19. Кузьменков С.Г., Захожай В.А. Що таке планети? Одинадцять років по тому. // Фізика та астрономія в рідній школі. – 2017. – № 6. – С. 31–37
20. Кузьменков С.Г., Сокол І.В. Сонячна система: збірник задач. - К.: Вища школа, 2007. - 167 с.
21. Національне управління з аеронавтики й дослідження космічного простору NASA. URL: <https://www.nasa.gov>.

22. Перелік навчальної літератури та навчальних програм, рекомендованих Міністерством освіти і науки України у 2022-2023 навчальних роках. URL:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/16NyRYEKgeQ4T5BE68La-s2gn0q2MPyIWSWx-Vdw-zmA/edit#gid=1706063968>

23. Полицька О.М. Методичні рекомендації до вивчення об'єктів Сонячної системи на основі останніх космічних досліджень// Магістерські студії.

24. Пришляк М.П. Астрономія (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Яцківа Я.С.): підруч. для 11 кл. закл. загал. серед. освіти. - Харків: Вид-во "Ранок", 2019. - 144 с.

25. Пришляк М.П. Кравцова О.М. Астрономія (профільний рівень, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Яцківа Я.С.): підруч. для 11 кл. закл. загал. серед. освіти/ М.П. Пришляк, О.М. Кравцова. - Харків: Вид-во "Ранок", 2019. - 160 с.

26. Сиротюк В.Д., Мирошніченко Ю.Б. Астрономія: (рівень стандарту, за навч. програмою авт. кол. під керівництвом Яцківа Я.С.): підруч. для 11-го кл. закл. заг. серед. освіти. - К.: Генеза, 2019. - 160 с.

27. Сиротюк В.Д., Мирошніченко Ю.Б. Фізика і астрономія (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Ляшенка О.І.): підручник для 11 кл. закладів загальної середньої освіти / В.Д. Сиротюк, Ю. Б. Мирошніченко. - К.: Генеза, 2019. - 368 с.

28. Фізика і астрономія. Навчальні програми для 10-11 класів закладів загальної середньої освіти (рівень стандарту, профільний рівень). Авторський колектив під керівництвом Ляшенка О.І. 2017. 55 с.

29. Чурюмов К.І. Космічні місії до ядер комет - ключі для розуміння космогонії Сонячної системи// Вісник астрономічної школи. Т.8. №1. 2012. С. 38-48



30. Brown M.E. Satellites of the largest Kuiper belt objects. URL: <https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0510029.pdf>
31. Gautier D. Giant Planets. URL: [https://www.researchgate.net/publication/262380803\\_Giant\\_Planets?enrichId=rgreq-1ff65c3168bdb1c3347958463c0d6dbd-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI2MjM4MDgwMztBUzoxMDI2NjI0NDgwOTExMzZAMTQwMTQ4ODA0Mzk3Nw%3D%3D&el=1\\_x\\_2&esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/262380803_Giant_Planets?enrichId=rgreq-1ff65c3168bdb1c3347958463c0d6dbd-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI2MjM4MDgwMztBUzoxMDI2NjI0NDgwOTExMzZAMTQwMTQ4ODA0Mzk3Nw%3D%3D&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf)
32. Interactive online exercises with self-correction. URL: <https://www.liveworksheets.com/>
33. Keck observatory. URL: <https://keckobservatory.org>.
34. Makiko Nagasawa. The Diverse Origins of Terrestrial-Planet Systems. URL: <https://jila.colorado.edu/~pja/ast5820/nagasawa.pdf>
35. Nasa's eyes. URL: <https://eyes.nasa.gov>.
36. Palomar observatory. URL: <https://sites.astro.caltech.edu/palomar/homepage.html>
37. Resolutions adopted at the General Assemblies. International Astronomical Union. 2006. URL: [https://www.iau.org/static/resolutions/Resolution\\_GA26-5-6.pdf](https://www.iau.org/static/resolutions/Resolution_GA26-5-6.pdf)
38. Solar System. URL: <https://www.solarsystemscope.com>.
39. The Final IAU Resolution on the definition of "planet" ready for voting. URL: <https://www.iau.org/news/pressreleases/detail/iau0602/>
40. Wm. Robert Johnston. Asteroids with Satellites. URL: <http://www.johnstonsarchive.net/astro/asteroidmoons.html>.

## ДОДАТКИ

### ДОДАТОК А

#### Анкета для вчителів астрономії

Шановні вчителі, пропонуємо пройти опитування для нашого дослідження:

1. Ваш стаж роботи вчителем:
  - а) 1-5 років;
  - б) 5-10 років;
  - в) 10-15 років;
  - г) більше 15 років.
2. Чи використовуєте Ви підручник на уроках астрономії:
  - а) так, на кожному уроці;
  - б) іноді для перегляду рисунків, діаграм, графіків тощо;
  - в) ні, лише даю на домашнє завдання читати параграфи;
  - г) зовсім не використовую;
  - д) свій варіант \_\_\_\_\_
3. Чи подобається Вам як представлений матеріал у підручнику?
  - а) у цілому подобається ;
  - б) здебільшого подобається, проте є деякі недоліки;
  - в) здебільшого не подобається, проте є деякі переваги;
  - г) у цілому не подобається;
  - д) свій варіант \_\_\_\_\_
4. Чого, на Вашу думку, не вистачає сучасним підручникам з астрономії?
  - а) матеріал представлений не повною мірою, стисло;
  - б) недостатня кількість та якість зображень, фото;
  - в) традиційно представлений матеріал, без доповнень результатами останніх досліджень;
  - г) мало вправ та завдань, завдань для самоконтролю чи перевірки;
  - д) усе з вищеперерахованого.
5. Чи використовуєте Ви додаткові джерела інформації на уроках астрономії?
  - а) так, часто;
  - б) так, але не часто;
  - в) здебільшого ні, дуже рідко;
  - г) ні;
  - д) свій варіант \_\_\_\_\_
6. Які додаткові джерела інформації Ви використовуєте під час підготовки до уроків астрономії найчастіше?
  - а) підручники та методичні посібники;
  - б) наукова література;
  - в) перегляд відео;

г) сайти космічних агенцій світу;

д) свій варіант \_\_\_\_\_

7. Чи розглядаєте Ви на уроках астрономії результати сучасних космічних місій?

а) так, завжди;

б) так, але не всі;

в) тільки ті, про які згадують у підручниках;

г) ні

д) свій варіант \_\_\_\_\_

8. Які труднощі у вас виникають під час підбору інформації по результатам космічних місій?

а) несистематизований матеріал;

б) інформація переважно англійською мовою;

в) важко знайти достовірну інформацію у мережі Інтернет;

г) не вистачає часу;

д) свій варіант \_\_\_\_\_

## ДОДАТОК Б

Анкета для учнів (перевірка залишкових знань та переконань щодо будови Сонячної системи)

1. На Вашу думку, більшу частину відомостей про об'єкти Сонячної системи науковці отримують завдяки:

- а) спостереженням у наземні телескопи;
- б) спостереженням космічних телескопів;
- в) польотам космічних апаратів до об'єктів;
- г) експедиціям людей на об'єкти.

2. Основними критеріями для гіпотези ймовірного існування живих організмів на космічному тілі є:

- а) існування води та органічних сполук;
- б) існування повітря та води;
- в) існування повітря та органічних сполук;
- г) існування повітря, води та органічних сполук.

3. Окрім Місяця, люди ходили ще по

- а) Землі;
- б) Марсу;
- в) Землі і Марсу;
- г) люди не ходили по Місяцю.

4. Будова Сонячної системи

а) планети земної групи, пояс астероїдів, планети гіганти, пояс комет, розсіяний диск;

б) планети земної групи, пояс астероїдів, планети гіганти, розсіяний диск;

в) планети земної групи, планети гіганти, пояс Койпера, розсіяний диск;

г) планети земної групи, пояс астероїдів, планети гіганти, пояс Койпера, розсіяний диск.

5. Потенційно придатними до життя є:

- а) всі планети земної групи;
- б) всі планети гіганти;
- в) деякі супутники планет земної групи;
- г) деякі супутники планет гігантів.

6. Чи існує вода в Сонячній системі поза межами Землі:

- а) так, на кометах, деяких астероїдах
- б) так, на інших планетах та супутниках інших планет
- в) так, на карликових планетах
- г) так, усе з вищеперерахованого.

7. Атмосфери тіл Сонячної системи більш-менш стали

- а) ні, є об'єкти, які поступово втрачають свою атмосферу;
- б) ні, є об'єкти, у яких поступово з'являється атмосфера;

в) ні, є об'єкти, які поступово втрачають свою атмосферу, а є такі, у яких атмосфера поступово з'являється;

г) так, тому що Сонячна система має вже немолодий вік, усі процеси в ній сталі.

8. Чи доставлені на Землю зразки ґрунту з інших космічних тіл, окрім Місяця

а) жодного зразку ґрунту, навіть місячного не доставляли на Землю;

б) доставляли лише місячний ґрунт;

в) доставляли місячний та марсіанський ґрунт;

г) доставляли місячний ґрунт та ґрунт з астероїдів.

9. Чи правильне твердження, що на усі планети Сонячної системи були спущені зонди

а) так, на всі класичні планети

б) так, на всі класичні і карликові планети

в) ні, так як планети гіганти не мають твердої поверхні

г) ні, так як карликові планети мають малі розміри

10. Чи спущені зонди на малі тіла Сонячної системи

а) так, на деякі комети та астероїди

б) так на деякі комети та об'єкти поясу Койпера

в) так, на деякі астероїди та об'єкти поясу Койпера

г) так, на деякі комети, астероїди та об'єкти поясу Койпера

11. Усі карликові планети є об'єктами поясу Койпера

а) усі, крім Плутона;

б) усі, крім Кварвар;

в) усі, крім Церери;

г) усі, крім Макемаке.

12. Чи мають карликові планети супутники:

а) лише Плутон;

б) не мають;

в) карликові планети це і є супутники;

г) так, від 1 до 5 супутників.

## ДОДАТОК В

Календарно-тематичне планування. Астрономія, 11 клас, рівень стандарт  
(за навчальною програмою Фізика. Астрономія, авторський колектив  
О.І.Ляшенко)

<i>№ уроку</i>	<i>Тема</i>
<b>Розділ 1. Основи практичної астрономії</b>	
1	Небесні світила й небесна сфера. Сузір'я.
2	Визначення відстаней до небесних світил. Небесні координати.
3	Видимі рухи Сонця та планет.
4	Закони Кеплера та їх зв'язок із законами Ньютона.
5	Астрономія та визначення часу. Календар.
6	Тематична контрольна робота
<b>Розділ 2. Фізика Сонячної системи</b>	
7	Земля і Місяць.
8	Природа тіл Сонячної системи. Планети земної групи
9	Природа тіл Сонячної системи. Планети гіганти
10	Природа тіл Сонячної системи. Карликові планети
11	Природа тіл Сонячної системи. Малі тіла
12	Космічні дослідження об'єктів Сонячної системи.
13	Рух штучних супутників і автоматичних міжпланетних станцій. Розвиток космонавтики.
14	Космогонія Сонячної системи.
15	Тематична контрольна робота
<b>Розділ 3. Методи та засоби фізичних і астрономічних досліджень</b>	
16	Основні фотометричні величини та їх вимірювання. Спектроскоп. Спектральний аналіз та його застосування.
17	Випромінювання небесних світил. Методи астрономічних спостережень.
18	Принцип дії і будова оптичного та радіотелескопа, детекторів нейтрино та гравітаційних хвиль. Приймачі випромінювання.
19	Застосування в телескопобудуванні досягнень техніки і технологій. Сучасні наземні й космічні телескопи. Астрономічні обсерваторії.
20	Тематична контрольна робота
<b>Розділ 4. Зорі і галактики</b>	
21	Зорі та їх класифікація.

22	Сонце, його фізичні характеристики, будова та джерела енергії. Прояви сонячної активності та їх вплив на Землю.
23	Види зір. Планетні системи інших зір.
24	Еволюція зір. Чорні діри.
25	Молочний Шлях. Будова Галактики. Місце Сонячної системи в Галактиці.
26	Зоряні скупчення та асоціації. Туманності. Підсистеми Галактики та її спіральна структура.
27	Світ галактик. Квасари.
28	Тематична контрольна робота
	<b>Розділ 5. Всесвіт</b>
29	Фундаментальні взаємодії в природі. Роль фізичної та астрономічної наук у формуванні наукового світогляду сучасної людини. Єдина природничо-наукова картина світу.
30	Історія розвитку уявлень про Всесвіт. Походження й розвиток Всесвіту.
31	Основні положення спеціальної теорії відносності. Проблеми космології.
32	Людина у Всесвіті. Антропний принцип. Імовірність життя на інших планетах. Унікальність нашого Всесвіту. Питання існування інших всесвітів.
33	Тематична контрольна робота
34	<b>Лабораторний практикум</b>
35	<b>Лабораторний практикум</b>