

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР
«МАЛА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ»

М.А.Н.

НАВЧАЛЬНІ ПРОГРАМИ З ПОЗАШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ

Дослідницько-експериментальний напрям

● **ФІЗИКА
І АСТРОНОМІЯ**



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР «МАЛА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ»

НАВЧАЛЬНІ ПРОГРАМИ З ПОЗАШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ

Дослідницько-експериментальний напрям

Фізика і астрономія

Київ
Національний центр
«Мала академія наук України»
2024

УДК 37.01
Н15

Авторський колектив:

О. А. Андрєєв, М. А. Віднічук, канд. пед. наук,
В. М. Кравченко, канд. фіз.-мат. наук, Є. В. Малиновський,
І. Г. Слюсарев, канд. фіз.-мат. наук

Редакційна колегія:

А. І. Грітчина, канд. пед. наук, О. М. Косьмій, канд. політ. наук, доц.,
Т. І. Бережна, канд. пед. наук, старш. дослід., засл. прац. осв. України

Рецензенти:

М. І. Пашко — методист лабораторії фізико-технічних наук Національного центру «Мала академія наук України», учитель Українського фізико-математичного ліцею Київського національного університету імені Тараса Шевченка, заслужений вчитель України;

Г. Е. Самойленко — методистка відділу інноваційної діяльності та дослідно-експериментальної роботи ДНУ «ІМЗО» МОН України

*Рекомендовано для використання в освітньому процесі
науково-методичною радою
Національного центру «Мала академія наук України»
(протокол № 3 від 26.06.2023)*

Н15 **Навчальні** програми з позашкільної освіти. Дослідницько-експериментальний напрям. Фізика і астрономія / О. А. Андрєєв, М. А. Віднічук, В. М. Кравченко та ін. — Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2024. — 80 с.
ISBN 978-617-7945-64-1

У збірнику надано навчальні програми з позашкільної освіти, спрямовані на організацію науково-дослідницької роботи з вихованцями у науковому відділенні фізики і астрономії Малої академії наук України.

Видання призначене для педагогічних працівників закладів позашкільної освіти, зокрема системи Малої академії наук України, а також усіх, хто займається питаннями позашкільної освіти.

УДК 37.01

© Андрєєв О. А., Віднічук М. А.,
Кравченко В. М. та ін., 2024

© Національний центр
«Мала академія наук України», 2024

ISBN 978-617-7945-64-1

З М І С Т

Вступ	4
Навчальна програма «Прикладна фізика» Основний рівень <i>В. М. Кравченко</i>	6
Навчальна програма «Аерофізика і космічні дослідження» Вищий рівень <i>Є. В. Малиновський</i>	27
Навчальна програма «Астрономія» Вищий рівень <i>І. Г. Слюсарев</i>	40
Навчальна програма «Основи теорії розв’язування винахідницьких задач» Вищий рівень <i>О. А. Андрєєв, М. А. Віднічук</i>	62
Відомості про авторів	78

ВСТУП

Серед пріоритетних напрямів державної політики у галузі освіти є впровадження освітніх інновацій і технологій в освітній процес, формування у вихованців творчого мислення, практико-орієнтованих й дослідницьких компетентностей. Реалізація цих завдань ускладнюється через російсько-українську війну — наявну загрозу життю і здоров'ю учасників освітнього процесу. Саме тому перед закладами освіти стоять завдання, пов'язані з пошуком сучасних підходів до навчання, що забезпечить подолання освітніх втрат і розривів, спричинених війною і вимушеними перервами у процесі засвоєння знань.

Нині відбувається активне впровадження інноваційних форм, методів і засобів навчання, що сприятимуть ефективній організації освітнього процесу в умовах небезпеки, часткової відсутності електростачання, карантинних обмежень тощо. Ці програми спрямовані на набуття вихованцями нових знань, активізацію творчого мислення, розвиток дослідницьких умінь і навичок, здатності використовувати власний досвід у процесі розв'язання задач і проблем, які виникають у повсякденному житті.

До збірника увійшли програми, які сприятимуть розвитку пізнавального інтересу до занять фізикою, аерофізикою, астрономією, космічними дослідженнями й технологіями та формуванню у вихованців бажання вивчати проблеми взаємозв'язку людини й навколишнього середовища, що є надзвичайно важливим у контексті зниження інтересу до навчання загалом і природничих дисциплін зокрема.

Представлені програми підготовлені педагогічними працівниками й науковцями, чий досвід може бути використаний під час організації

освітнього процесу у гуртках, секціях, творчих об'єднаннях закладів позашкільної освіти дослідницько-експериментального напрямку.

Навчальні програми розроблені відповідно до положень чинного законодавства в галузі освіти, з урахуванням компетентісного підходу, необхідності організації освітнього процесу в очному, дистанційному та змішаному форматах.

Сподіваємося, що видання буде корисним для педагогічних працівників закладів позашкільної освіти дослідницько-експериментального напрямку.

А. Грітчина,
заступниця директора
з методичної роботи НЦ «МАНУ»,
кандидатка педагогічних наук

В. М. Кравченко

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА «ПРИКЛАДНА ФІЗИКА»

ОСНОВНИЙ РІВЕНЬ

«Схвалено для використання в освітньому процесі»

*Рішення експертної комісії з позашкільної освіти від 29.03.2023
(протокол № 1)*

*Зареєстровано у Каталозі надання грифів навчальній літературі
та навчальним програмам за № 8.0016-2023*

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Фізика є фундаментальною природничою наукою, що вивчає найбільш загальні закони природи, рух і структуру матерії. Її досягнення лежать в основі наукової картини світу і визначають рівень сучасного науково-технічного прогресу, техніки та технологій. У зв'язку зі стрімким розвитком теоретичної, експериментальної та прикладної фізичної науки дедалі актуальнішою стає підготовка молоді, здатної не лише до застосування науково-технічних досягнень людства, а й до винахідництва.

Навчальна програма «Прикладна фізика» покликана сприяти розумінню законів фізики, усвідомленню їх об'єктивності й універсальності, розвивати вміння застосовувати ці закони й отримані знання для розв'язання практичних і дослідницьких завдань, працювати з вимірювальними приладами й комп'ютерними програмами для моделювання, розрахунків, аналізу даних у галузі прикладної фізики.

Програма спрямована на організацію освітнього процесу в гуртках і секціях із прикладної фізики дослідницько-експериментального напрямку позашкільної освіти.

Метою освітньої програми є формування у вихованців компетентностей у процесі вивчення фізики засобами дослідницької діяльності.

Основні **завдання** програми полягають у формуванні таких компетентностей:

- *пізнавальної*: поглибити розуміння фундаментальних фізичних понять, законів і принципів, знання про сутність фізичних явищ і процесів, головні принципи й методи науково-дослідницької діяльності в галузі прикладної фізики; засвоїти методи розв'язування задач підвищеної складності з різних розділів фізики;

- *практичної*: формувати навички роботи з вимірювальними приладами й комп'ютерними програмами для моделювання фізичних явищ і процесів, чисельних розрахунків, аналізу числових даних експерименту та побудови графіків; розвивати навички створення моделей, планування й проведення фізичних експериментів, здійснення дослідницької діяльності;

- *творчої*: набути здатності науково мислити, досвіду застосування теоретичних та емпіричних методів пізнання навколишнього світу; формувати стійкий інтерес до наукової діяльності; розвивати образне мислення, уяву, творчу ініціативу, пізнавальну потребу та бажання творчої самореалізації;

- *соціальної*: формувати здатність до саморозвитку та самонавчання в умовах глобальних змін і викликів, наукову культуру особистості, ціннісне ставлення до себе й інших; виховувати повагу до праці загалом і дослідницької діяльності зокрема, а також позитивні якості: відповідальність, активність, ініціативність, винахідливість, самостійність, впевненість у власних силах, уміння працювати в колективі.

Програму орієнтовано на роботу з вихованцями віком 14–17 років. На опрацювання навчального матеріалу надається 216 год (6 год на тиждень) протягом одного року. Рівень навчання — основний.

Програма передбачає підготовку вихованців до участі в конкурсах, програмах дослідницького спрямування; проведення консультацій з науково-дослідницької (проектної) роботи для слухачів, кандидатів у члени та дійсних членів Малої академії наук України.

Програмою заплановано теоретичну і практичну частини. На теоретичних заняттях використовуються різні форми роботи: лекції, евристичні бесіди, перегляд тематичних відеороликів і демонстраційних експериментів з подальшим обговоренням, розв'язанням проблемних питань, ситуацій, висуванням і перевіркою гіпотез.

Практичні заняття проводяться у формі круглих столів, мініпроектів, практикумів, лабораторних робіт, під час яких вихованці набувають досвіду використання вимірювальних приладів та обладнання, комп'ютерних програм, навчаються застосовувати їх у процесі спостережень, експериментів і проведення власних досліджень.

Під час освітнього процесу використовуються як традиційні методи та засоби навчання, так і елементи інноваційних педагогічних технологій. Застосовуються методи самостійної, індивідуальної та групової роботи, проведення експериментів, їх аналізу, виконання лабораторних робіт і комп'ютерного моделювання фізичних процесів.

Теоретичні й практичні заняття можуть проводитись аудиторно чи дистанційно з використанням персонального комп'ютера, необхідних програмних засобів і доступу до мережі Інтернет, а також методів

і навчальних платформ, що забезпечують ефективність проведення таких занять.

Контроль і оцінювання знань вихованців відбувається під час проведення співбесід, тестування, доповідей, за результатами участі в тематичних конференціях, конкурсах та олімпіадах, Всеукраїнському конкурсі-захисті науково-дослідницьких робіт учнів — членів МАН України.

Програма розрахована на застосування в освітньому процесі групової та індивідуальної форм роботи відповідно до Положення про порядок організації індивідуальної та групової роботи в позашкільних закладах освіти, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України від 11.04.2004 р. № 651 (зі змінами, внесеними згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 10.12.2008 р. № 1123), з можливістю проведення дистанційного навчання.

Перелік обладнання в програмі подано як орієнтовний — відповідно до можливостей закладу освіти.

Основний рівень НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

Розділ, тема	Кількість годин		
	теоретичних	практичних	усього
Вступ	1	2	3
Розділ 1. Фізичне знання	5	10	15
1.1. Фізичне знання та його роль	1	2	3
1.2. Фізика і математика. Зв'язок фізики з іншими природничими науками. Фізика і техніка	1	2	3
1.3. Фізичні закони, принципи й моделі	1	2	3
1.4. Комп'ютерне моделювання фізичних об'єктів, явищ і процесів	1	2	3
1.5. Обробка результатів експерименту	1	2	3
Розділ 2. Механіка	9	18	27
2.1. Кінематика	1	2	3
2.2. Динаміка	1	2	3
2.3. Статика	1	2	3
2.4. Обертальний рух абсолютно твердого тіла	1	2	3

Розділ, тема	Кількість годин		
	теоретичних	практичних	усього
2.5. Рух у неінерціальних системах відліку	1	2	3
2.6. Закони збереження в механіці	1	2	3
2.7. Основи гідроаеромеханіки	1	2	3
2.8. Механічні коливання і хвилі	2	4	6
Розділ 3. Молекулярна фізика і термодинаміка	5	10	15
3.1. Властивості газів	1	2	3
3.2. Властивості рідин	1	2	3
3.3. Властивості твердих тіл. Наноматеріали	1	2	3
3.4. Фазові перетворення	1	2	3
3.5. Основи термодинаміки	1	2	3
Розділ 4. Електричне поле	3	6	9
4.1. Електростатичне поле та його характеристики	1	2	3
4.2. Провідники та діелектрики в електростатичному полі	1	2	3
4.3. Електроємність. Енергія електричного поля	1	2	3
Розділ 5. Електродинаміка	8	16	24
5.1. Постійний електричний струм	1	2	3
5.2. Електричний струм у різних середовищах	1	2	3
5.3. Електричний струм у вакуумі	1	2	3
5.4. Електричний струм у напівпровідниках	1	2	3
5.5. Магнітне поле струмів у вакуумі	1	2	3
5.6. Рух заряджених частинок в електричному і магнітному полях	1	2	3
5.7. Магнітне поле в речовині	1	2	3
5.8. Електромагнітна індукція	1	2	3
Розділ 6. Електромагнітні коливання і хвилі	3	6	9

Розділ, тема	Кількість годин		
	теоретичних	практичних	усього
6.1. Електромагнітні коливання	1	2	3
6.2. Змінний електричний струм	1	2	3
6.3. Електромагнітні хвилі	1	2	3
Розділ 7. Оптика	6	9	15
7.1. Геометрична оптика	2	3	5
7.2. Хвильова оптика	2	3	5
7.3. Квантова оптика	2	3	5
Розділ 8. Атомна та ядерна фізика	4	8	12
8.1. Будова атомів, випромінювання і спектри	1	2	3
8.2. Елементи квантової механіки	1	2	3
8.3. Будова і властивості атомних ядер	1	2	3
8.4. Радіоактивність. Ядерні реакції	1	2	3
Розділ 9. Основи дослідницької діяльності	24	48	72
9.1. Поняття про наукове дослідження та методи його проведення	4	11	15
9.2. Основні засади роботи з науковою інформацією	6	9	15
9.3. Написання й оформлення дослідницької роботи	10	20	30
9.4. Представлення і захист дослідницької роботи	4	8	12
Розділ 10. Організаційно-масові заходи з фізики	4	8	12
10.1. Підготовка до участі в тематичних заходах	2	4	6
10.2. Участь у тематичних заходах	2	4	6
Підсумок	1	2	3
Разом	73	143	216

ЗМІСТ ПРОГРАМИ

Вступ (3 год)

Теоретична частина. Мета і завдання роботи гуртка «Прикладна фізика». План роботи на навчальний рік. Правила безпечної роботи під час проведення занять, виконання досліджень, роботи за комп'ютером.

Практична частина. Знайомство з вихованцями. Вхідне тестування. Планування індивідуальної роботи.

Розділ 1. Фізичне знання (15 год)

1.1. Фізичне знання та його роль (3 год)

Теоретична частина. Роль фізичного знання в житті людини й суспільства, розвитку цивілізації та формуванні наукового світогляду особистості.

Практична частина. Круглий стіл «Роль фізики у моєму повсякденному житті».

1.2. Фізика і математика. Зв'язок фізики з іншими природничими науками. Фізика і техніка (3 год)

Теоретична частина. Зв'язок фізики з математикою. Скалярні та векторні величини, проєкції векторів, операції з векторами. Взаємозв'язок фізики з іншими природничими науками (астрономією, біологією, хімією та ін.) і технікою.

Практична частина. Розв'язування задач на тему «Векторні величини. Операції з векторами». Робота з літературою, пошук відповідей на запитання: як фізичні відкриття вплинули на розвиток інших природничих наук; які практичні застосування отримали фізичні відкриття?

1.3. Фізичні закони, принципи й моделі (3 год)

Теоретична частина. Експеримент і теорія. Фізичні закони. Фізичні принципи. Фізичні моделі. Виправдані наближення. Правила побудови моделі фізичного об'єкта, явища чи процесу. Метод аналізу розмірностей.

Практична частина. Практикум з побудови фізичних моделей різних об'єктів та явищ.

1.4. Комп'ютерне моделювання фізичних об'єктів, явищ і процесів (3 год)

Теоретична частина. Комп'ютерне моделювання фізичних об'єктів, явищ і процесів. Програмні пакети для імітації та моделювання фізичних явищ і процесів, чисельних розрахунків та побудови графіків функцій, аналізу числових даних експерименту та побудови графіків.

Практична частина. Практикум з використання зазначених програмних пакетів.

1.5. Обробка результатів експерименту (3 год)

Теоретична частина. Одиниці вимірювання фізичних величин. Прямі й непрямі вимірювання. Систематичні та випадкові похибки. Визначення похибок непрямих вимірювань. Подання результату вимірювання фізичної величини. Графічне подання результатів експерименту. Метод найменших квадратів.

Практична частина. Практикум з опрацювання результатів прямих та непрямих вимірювань (набір значень виміряних фізичних величин надається викладачем). Визначення середнього значення виміряної фізичної величини. Визначення систематичної та випадкової похибок. Визначення абсолютної та відносної похибок. Подання результату вимірювання фізичної величини. Графічне подання результату експерименту. Аналіз отриманої залежності.

Розділ 2. Механіка (27 год)

2.1. Кінематика (3 год)

Теоретична частина. Основні поняття і формули кінематики. Закон додавання швидкостей. Рівномірний рух і рух зі сталим прискоренням. Рух матеріальної точки по колу. Тангенціальне та нормальне прискорення.

Практична частина. Комп'ютерне моделювання руху матеріальної точки, кинутої під кутом до горизонту.

2.2. Динаміка (3 год)

Теоретична частина. Види сил у механіці. Інерціальні системи відліку. Закони динаміки Ньютона.

Гравітаційна взаємодія та гравітаційне поле, сила тяжіння. Вага і невагомість.

Сили тертя. Сила опору під час руху тіла в рідині або газі.

Рух тіла під дією кількох сил.

Практична частина. Розв'язування задач на тему «Закони динаміки поступального руху».

2.3. Статика (3 год)

Теоретична частина. Рівновага тіл. Момент сили, центр тяжіння тіла. Умова механічної рівноваги. Стійкість рівноваги.

Практична частина. Експериментальна перевірка умови механічної рівноваги. Вимірювання маси тіл за допомогою терезів і важків. Визначення положення центра мас пласкої фігури.

2.4. Обертальний рух абсолютно твердого тіла (3 год)

Теоретична частина. Рух твердого тіла. Центр мас. Момент інерції. Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла. Кінетична енергія тіла, що обертається. Момент інерції, теорема Штейнера. Момент імпульсу. Закон збереження моменту імпульсу.

Практична частина. Експериментальна перевірка законів динаміки обертального руху твердого тіла. Вимірювання моментів інерції тіл різної форми. Опрацювання результатів експерименту.

2.5. Рух у неінерціальних системах відліку (3 год)

Теоретична частина. Неінерціальні системи відліку. Рух тіл у неінерціальних системах відліку. Сили інерції. Відцентрова сила інерції. Відцентрові механізми. Штучне тяжіння.

Практична частина. Комп'ютерне моделювання руху тіл у неінерціальних системах відліку.

2.6. Закони збереження в механіці (3 год)

Теоретична частина. Застосування законів збереження енергії та імпульсу в механічних явищах. Реактивний рух у сучасній техніці. Пружні та непружні зіткнення.

Практична частина. Експериментальна перевірка законів збереження енергії та імпульсу в механічних явищах.

2.7. Основи гідроаеромеханіки (3 год)

Теоретична частина. Рівновага і рух рідини та газу. Рівняння нерозривності. Рівняння Бернуллі. Підймальна сила крила.

Практична частина. Комп'ютерне моделювання руху нестисливої рідини в негоризонтальній трубі змінного перерізу.

2.8. Механічні коливання і хвилі (6 год)

Теоретична частина. Гармонічні коливання. Рівняння гармонічних коливань. Додавання гармонічних коливань.

Умови виникнення вільних коливань. Найпростіші коливальні системи (маятники). Енергія коливань. Загасання вільних коливань.

Вимушені коливання та їх застосування. Резонанс. Автоколивання.

Поширення механічних коливань у пружному середовищі. Інтерференція та дифракція хвиль. Стояча хвиля. Ефект Доплера.

Звукові явища. Акустичний резонанс.

Практична частина. Експериментальне дослідження згасальних механічних коливань і визначення їх характеристик. Комп'ютерне моделювання інтерференції двох когерентних хвиль.

Розділ 3. Молекулярна фізика і термодинаміка (15 год)

3.1. Властивості газів (3 год)

Теоретична частина. Модель ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу. Ізопроцеси. Швидкості руху молекул. Броунівський рух, дифузія.

Практична частина. Комп'ютерне моделювання ідеального газу і залежності його тиску від температури (перевірка закону Шарля).

3.2. Властивості рідин (3 год)

Теоретична частина. Будова рідини. Поверхневий натяг рідини. Змоцуння. Капілярні явища. Тиск Лапласа.

Практична частина. Експериментальне дослідження поверхневого натягу в рідинах.

3.3. Властивості твердих тіл. Наноматеріали (3 год)

Теоретична частина. Тверді тіла (кристалічні й аморфні). Монокристали, полікристали. Анізотропія кристалів. Наноматеріали.

Види деформації твердих тіл. Механічне напруження у твердих тілах. Закон Гука, модуль Юнга. Механічні властивості твердих тіл, їх теплове розширення. Дефекти в кристалах. Рідкі кристали та їх властивості.

Практична частина. Підготовка реферату (тема на вибір): «Пружні властивості твердих тіл», «Рідкі кристали та їх застосування», «Унікальні властивості наноматеріалів» тощо.

3.4. Фазові перетворення (3 год)

Теоретична частина. Рівновага фаз і фазові переходи. Критичний стан, діаграма стану речовини (фазова діаграма). Скраплення газів.

Практична частина. Експериментальне визначення температури фазового переходу (температури плавлення, затвердіння, кипіння, конденсації).

3.5. Основи термодинаміки (3 год)

Теоретична частина. Основні поняття термодинаміки. Внутрішня енергія. Кількість теплоти та робота в термодинаміці. Закони термодинаміки. Оборотні та необоротні процеси. Поняття про ентропію.

Цикли теплових машин. Коефіцієнт корисної дії (ККД) теплових машин. Тепловий двигун. Холодильна машина. Тепловий насос, динамічне опалювання.

Види теплопередачі. Закон Фур'є для теплопровідності. Закон Ньютона для тепловіддачі.

Практична частина. Мініпроект (тема на вибір): «Розрахунок теплових втрат приміщення заданої конструкції та форми», «Розрахунок параметрів

зовнішнього утеплення будинку», «Розрахунок параметрів системи обігріву будинку» тощо.

Розділ 4. Електричне поле (9 год)

4.1. Електростатичне поле та його характеристики (3 год)

Теоретична частина. Електричне поле. Напруженість електричного поля. Силові лінії електричного поля. Принцип суперпозиції, електричне поле системи зарядів.

Робота під час переміщення заряду в однорідному електростатичному полі. Потенціал електричного поля. Різниця потенціалів. Еквіпотенціальні поверхні. Зв'язок напруженості однорідного електричного поля з різницею потенціалів. Потенціальна енергія взаємодії точкових зарядів.

Практична частина. Комп'ютерне моделювання конфігурації електростатичного поля, створеного сукупністю точкових зарядів або зарядженим тілом заданої форми. Розрахунок потенціальної енергії взаємодії сукупності точкових зарядів або потенціальної енергії взаємодії зарядів всередині зарядженого тіла заданої форми.

4.2. Провідники та діелектрики в електростатичному полі (3 год)

Теоретична частина. Провідники та діелектрики в електростатичному полі. Диполь. Поляризація діелектриків. Діелектрична проникність речовини. Електрети й сегнетоелектрики. П'єзоелектричний ефект. Електростатичний захист.

Практична частина. Експериментальна перевірка електростатичного захисту. Спостереження прямого і зворотного п'єзоелектричного ефекту.

4.3. Електроємність. Енергія електричного поля (3 год)

Теоретична частина. Електроємність. Електроємність провідників. Конденсатори та їх використання в техніці. Види конденсаторів. Електроємність плаского конденсатора. З'єднання конденсаторів. Енергія зарядженого конденсатора. Енергія електричного поля. Густина енергії електричного поля.

Практична частина. Вимірювання електричної ємності окремих конденсаторів та батареї конденсаторів. Опрацювання результатів експерименту.

Розділ 5. Електродинаміка (24 год)

5.1. Постійний електричний струм (3 год)

Теоретична частина. Електричний струм, електричне коло. Джерела струму. Електрорушійна сила (ЕРС). Закон Ома для неоднорідної ділянки кола та повного кола. Визначення електричного опору кола

з послідовним паралельним з'єднанням провідників, розгалуженого електричного кола. Вимірювання в електричних колах, шунти та додаткові опори. Правила Кірхгофа. Робота і потужність електричного струму на різних ділянках повного кола, теплова дія струму. Безпека під час застосування електричних пристроїв.

Практична частина. Лабораторна робота «Розширення шкали вольтметра та амперметра».

5.2. Електричний струм у різних середовищах (3 год)

Теоретична частина. Порівняльна характеристика різних середовищ, крізь які може протікати електричний струм (металів, розчинів і розплавів електролітів, газів, плазми, напівпровідників): вільні носії заряду, залежність питомого опору від температури. Електроліз, закони електролізу. Самостійний і несамостійний розряд у газах. Плазма.

Практична частина. Вимірювання залежності питомого опору металів і напівпровідників від температури. Визначення температурного коефіцієнта опору металу та ширини забороненої зони напівпровідника. Опрацювання результатів експерименту.

5.3. Електричний струм у вакуумі (3 год)

Теоретична частина. Термоелектронна емісія та струм у вакуумі, його застосування. Електронні пучки та їх застосування. Принцип дії електронно-вакуумних приладів.

Практична частина. Підготовка реферату (тема на вибір): «Термоелектронна емісія та її застосування», «Автоелектронна емісія та її застосування», «Електронно-вакуумні прилади та їх застосування», «Електронні пучки та їх застосування» тощо.

5.4. Електричний струм у напівпровідниках (3 год)

Теоретична частина. Власна й домішкова провідність напівпровідників. Електронно-дірковий перехід і його властивості. Напівпровідникові гетеропереходи. Напівпровідникові тверді розчини. Напівпровідникові прилади (діоди, світлодіоди, фотодіоди, транзистори, мікросхеми та ін.). Використання напівпровідникових технологій у системах опрацювання, передавання, зберігання та відображення інформації у фото- та відеотехніці.

Термоелектричні явища в напівпровідниках та їх застосування.

Практична частина. Вимірювання вольт-амперних характеристик випрямних діодів, світлодіодів і фотодіодів за різних рівнів освітлення. Опрацювання експериментальних результатів.

5.5. Магнітне поле струмів у вакуумі (3 год)

Теоретична частина. Магнітна взаємодія та магнітне поле. Індукція магнітного поля. Сила Ампера й сила Лоренца. Магнітне поле соленоїда. Магнітна взаємодія струмів.

Практична частина. Розв'язування задач на тему «Магнітне поле струмів у вакуумі. Сила Ампера. Сила Лоренца».

5.6. Рух заряджених частинок в електричному і магнітному полях (3 год)

Теоретична частина. Рух зарядженої частинки в електричному і магнітному полях. Електронно-променеві прилади. Циклотрон, мас-спектрограф.

Магнітний момент рамки зі струмом. Дія магнітного поля на рамку зі струмом, її застосування в електродвигунах і електровимірювальних приладах.

Практична частина. Конструювання моделі електродвигуна постійного струму. Конструювання моделі електровимірювального приладу магнітоелектричної системи.

5.7. Магнітне поле в речовині (3 год)

Теоретична частина. Магнітні властивості речовини. Діа-, пара-, феромагнетики. Магнітний гістерезис. Магнітні рідини.

Залежність магнітних властивостей речовини від температури.

Застосування магнітних матеріалів, магнітний запис і зчитування інформації.

Практична частина. Підготовка реферату (тема на вибір): «Магнітні рідини та їх застосування», «Магнітний запис і зчитування інформації», «Діамагнітні властивості надпровідників» тощо.

5.8. Електромагнітна індукція (3 год)

Теоретична частина. Електромагнітна індукція. Правило Ленца. Закон електромагнітної індукції. Самоіндукція. ЕРС самоіндукції, індуктивність. Вихрове (індукційне) електричне поле. Вихрові струми. Енергія магнітного поля котушки зі струмом, густина енергії магнітного поля.

Практична частина. Конструювання моделі генератора електричного струму на основі явища електромагнітної індукції.

Розділ 6. Електромагнітні коливання і хвилі (9 год)

6.1. Електромагнітні коливання (3 год)

Теоретична частина. Коливальний контур. Гармонічні електромагнітні коливання. Формула Томсона. Перетворення енергії під час вільних електромагнітних коливань. Згасальні електромагнітні коливання. Автоколивальні системи.

Практична частина. Лабораторна робота «Електромагнітні коливання у коливальному контурі».

6.2. Змінний електричний струм (3 год)

Теоретична частина. Змінний струм як вимушені електромагнітні коливання. Принцип дії індукційного генератора змінного струму. Дієві значення напруги та сили струму. Конденсатор і котушка в колі змінного струму. Активний, ємнісний та індуктивний опори. Закон Ома для електричного кола змінного струму.

Резонанс напруг, резонанс струмів.

Робота й потужність змінного струму.

Трансформатор. Виробництво, передавання та використання енергії змінного струму. Трифазний струм.

Практична частина. Мініпроєкт «Розрахунок електричного кола змінного струму».

6.3. Електромагнітні хвилі (3 год)

Теоретична частина. Електромагнітні хвилі, їх утворення та поширення. Швидкість поширення електромагнітних хвиль. Ефект Доплера.

Принципи радіотелефонного зв'язку. Різні типи модуляції сигналів. Цифровий формат зберігання та передавання інформації. Радіомовлення та телебачення. Супутникове телебачення, стільниковий зв'язок.

Практична частина. Лабораторна робота «Властивості електромагнітних хвиль. Принципи радіозв'язку».

Розділ 7. Оптика (15 год)

7.1. Геометрична оптика (5 год)

Теоретична частина. Закони геометричної оптики.

Показник заломлення, його зв'язок зі швидкістю світла в середовищі. Дисперсія світла. Дисперсійний спектр. Рефракція та міражі.

Отримання зображень за допомогою лінз і дзеркал. Оптичні системи та оптичні прилади.

Практична частина. Розв'язування задач на тему «Побудова зображень за допомогою лінз і дзеркал». Лабораторна робота «Визначення фокусної відстані збірної та розсіювальної лінз».

7.2. Хвильова оптика (5 год)

Теоретична частина. Світло як електромагнітна хвиля. Когерентність світлових хвиль. Особливості лазерного випромінювання. Волоконно-оптичні лінії передавання інформації.

Інтерференція світла. Просвітлення оптики.

Дифракція світла. Принцип Гюйгенса — Френеля. Зони Френеля. Дифракційні картини від щілини, тонкої нитки, круглого отвору. Дифракційні ґратки.

Дифракційний спектр, його порівняння з дисперсійним. Поняття про голографію.

Спектроскоп. Неперервний спектр світла. Роздільна здатність оптичних приладів.

Поляризація світла. Природне й поляризоване світло. Методи поляризації світла. Принцип дії рідкокристалічних екранів.

Практична частина. Лабораторна робота «Інтерференція світла». Визначення довжини світлової хвилі за допомогою дифракційної ґратки.

7.3. Квантова оптика (5 год)

Теоретична частина. Квантові властивості світла. Світлові кванти. Стала Планка. Фотоефект. Закони фотоефекту.

Внутрішній фотоефект у напівпровідниках, фоторезистори та фотоелементи. Застосування фотоефекту.

Фотон. Енергія та імпульс фотона. Тиск світла.

Рентгенівське випромінювання, його застосування у фізиці, медицині та техніці.

Фотохімічна дія світла.

Практична частина. Спостереження зовнішнього фотоефекту в металах і внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках. Перегляд рентгенівських знімків. Аналіз результатів спостережень.

Розділ 8. Атомна та ядерна фізика (12 год)

8.1. Будова атомів, випромінювання і спектри (3 год)

Теоретична частина. Модель атома Резерфорда — Бора. Квантові постулати Бора. Енергетичні рівні атома. Випромінювання та поглинання світла атомами. Серіальні закономірності в спектрі випромінювання атома Гідрогену.

Теплове випромінювання. Лінійчасті спектри атомів. Спектральний аналіз.

Спонтанне й вимушене випромінювання. Люмінесценція. Принцип дії лазера.

Рентгенівські спектри. Рентгеноструктурний аналіз.

Шкала електромагнітних хвиль. Властивості електромагнітних хвиль різних діапазонів. Електромагнітні хвилі в природі та техніці.

Практична частина. Спостереження неперервного та лінійчастого спектрів і властивості лазерного випромінювання.

8.2. Елементи квантової механіки (3 год)

Теоретична частина. Гіпотеза Луї де Бройля. Корпускулярно-хвильовий дуалізм як загальна властивість матерії. Принцип дії електронного мікроскопа. Принцип невизначеностей Гейзенберга. Поняття про квантування енергії частинки в потенціальній ямі. Поняття про тунельний ефект. Принцип дії тунельного мікроскопа.

Принцип Паулі. Фізичні основи побудови періодичної таблиці елементів Д. І. Менделєєва.

Практична частина. Комп'ютерне моделювання роботи тунельного мікроскопа.

8.3. Будова і властивості атомних ядер (3 год)

Теоретична частина. Будова атомних ядер, взаємодії між нуклонами, стійкість атомних ядер. Енергія зв'язку атомного ядра. Дефект мас. Зв'язок маси та енергії (формула Ейнштейна).

Практична частина. Розв'язування задач на тему «Енергія зв'язку атомного ядра. Дефект мас».

8.4. Радіоактивність. Ядерні реакції (3 год)

Теоретична частина. Природна й штучна радіоактивність, види радіоактивного випромінювання.

Закон радіоактивного розпаду. Отримання та застосування радіонуклідів.

Методи реєстрації іонізувального випромінювання і захист від нього. Дозиметр.

Ядерні реакції, способи вивільнення ядерної енергії. Ланцюгова реакція поділу ядер і термоядерна реакція синтезу. Ядерний реактор, перспективи створення термоядерного реактора. Джерела енергії зір.

Практична частина. Вимірювання потужності дози радіоактивного випромінювання дозиметром. Опрацювання результатів вимірювань. Перегляд фотографій треків заряджених частинок у камері Вільсона або в бульбашковій камері та їх аналіз.

Розділ 9. Основи дослідницької діяльності (72 год)

9.1. Поняття про наукове дослідження та методи його проведення (15 год)

Теоретична частина. Поняття про науково-дослідницьку діяльність. Поняття «наукове дослідження». Основні види досліджень. Тип і методи аналітичної діяльності дослідника. Основні етапи проведення науково-дослідницької роботи. Обрання теми дослідницької роботи. Обґрунтування актуальності дослідницької роботи. Мета і завдання дослідження.

Об'єкт і предмет дослідження. Проблема наукового дослідження. Гіпотеза наукового дослідження.

Основні методи пізнання в галузі прикладної фізики. Етапи проведення дослідження. Планування й проведення фізичних експериментів. Аналіз результатів експериментів. Проведення пошуку і дослідницької роботи в галузі прикладної фізики. Види учнівських дослідницьких робіт. Вимоги до науково-дослідницької роботи. Типові помилки під час написання дослідницьких робіт.

Практична частина. Розроблення індивідуального плану дослідження. Ознайомлення з темами дослідницьких робіт попередніх років. Обрання теми. Формулювання мети й завдань. Постановка проблеми дослідницької роботи та висунування гіпотези. Обрання методів дослідження залежно від поставленої мети. Планування й проведення дослідження.

9.2. Основні засади роботи з науковою інформацією (15 год)

Теоретична частина. Поняття першоджерел, наукової літератури, варіанти їх пошуку, фіксації та групування. Основні засади пошуку та використання наукових матеріалів. Робота з довідниками й технічною літературою. Аналіз і опрацювання теоретичного матеріалу. Правила цитування та посилання. Формування аналітичних висновків. Вимоги до оформлення списку використаної літератури. Вимоги до публічного захисту наукового дослідження.

Практична частина. Складання списку джерел, необхідних для проведення дослідження. Пошук і фіксація літератури. Опрацювання довідників і технічної літератури. Первинне інформаційне оброблення теми. Складання плану. Формування списку використаної літератури. Складання термінологічного словника власного дослідження.

9.3. Написання й оформлення дослідницької роботи (30 год)

Теоретична частина. Ознайомлення з вимогами до оформлення дослідницької роботи. Науковий стиль викладу матеріалу. Загальні правила оформлення тексту. Структурування і подання думок. Логічність і послідовність викладу матеріалу. Вимоги до оформлення дослідження. Бібліографічний опис наукових джерел. Структура тексту дослідницької роботи.

Постер як форма представлення результатів дослідницької роботи. Правила оформлення постера.

Практична частина. Ознайомлення з прикладами оформлення дослідницьких робіт вихованців минулих років. Написання вступу і висновків. Написання й оформлення дослідницької роботи.

9.4. Представлення і захист дослідницької роботи (12 год)

Теоретична частина. Вимоги й основні етапи проведення Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України. Ознайомлення з критеріями оцінювання дослідницьких робіт.

Вимоги до доповіді. Структура доповіді. Методи викладення матеріалу.

Підготовка до публічного виступу. Захист науково-дослідницької роботи. Основи ораторської майстерності.

Практична частина. Підготовка доповіді та презентації за результатами дослідницької роботи. Підготовка і виступ з доповіддю за темою дослідницької роботи.

Розділ 10. Організаційно-масові заходи з фізики (12 год)

10.1. Підготовка до участі в заходах (6 год)

Теоретична частина. Конкурси, олімпіади, виставки, тематичні заходи з фізики як можливість реалізації творчого потенціалу вихованців.

Практична частина. Ознайомлення з правилами участі в тематичних заходах із прикладної фізики. Підготовка до участі в тематичних заходах.

10.2. Участь у тематичних заходах (6 год)

Теоретична частина. Правила безпечної поведінки під час організаційно-масових заходів з фізики.

Практична частина. Участь у наукових читаннях, лекторіях, виставках, що відповідають тематиці гуртка. Зустрічі з науковцями. Участь у конкурсах, олімпіадах, тематичних заходах із фізики.

Підсумок (3 год)

Теоретична частина. Підбиття підсумків роботи гуртка. Рекомендації щодо продовження науково-дослідницької діяльності.

Практична частина. Проведення учнівської конференції.

ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ

Вихованці мають знати:

- фундаментальні фізичні поняття, закони й принципи, сутність фізичних явищ і процесів;
- принципи й методи науково-дослідницької роботи в галузі прикладної фізики;
- особливості проведення науково-дослідницької діяльності;
- методи розв'язування задач підвищеної складності з різних розділів фізики;
- структуру дослідницької роботи;

- основні принципи роботи з науковою інформацією;
- вимоги до оформлення дослідницької роботи, постера та презентацій;
- правила проведення захисту дослідницької роботи;
- критерії оцінювання дослідницьких робіт;
- правила безпеки життєдіяльності під час проведення занять, експериментів, досліджень, роботи за комп'ютером.

Вихованці мають уміти:

- пояснювати демонстраційні експерименти з різних розділів фізики;
- досліджувати фізичні явища в процесі навчання і виконання дослідницької роботи;
- аналізувати, класифікувати, узагальнювати, систематизувати, конкретизувати, порівнювати, моделювати, прогнозувати явища природи;
- розв'язувати задачі підвищеної складності з вивчених тем;
- працювати з вимірювальним обладнанням;
- застосовувати вивчені закони під час побудови моделей, виконання експериментів тощо;
- використовувати інформацію з різних наукових джерел для власного дослідження;
- пояснювати й описувати фізичні явища, експерименти;
- вимірювати значення фізичних величин і визначати похибки вимірювань;
- працювати з науковою літературою й оформлювати посилання на джерела;
- складати індивідуальний план проведення дослідницької роботи;
- обирати й застосовувати методи дослідження відповідно до поставленої мети;
- проводити науковий пошук, дослідження;
- оформляти реферат, дослідницьку роботу, постер;
- виголошувати доповідь, вести дискусію;
- дотримуватися правил безпеки під час проведення занять, експериментів, досліджень, роботи за комп'ютером.

У вихованців мають сформуватися такі компетентності:

- вимірювання фізичних величин;
- уміння працювати з вимірювальними приладами, комп'ютерними програмами для імітації та моделювання фізичних явищ і процесів, розрахунків і побудови графіків функцій, аналізу числових даних експерименту та побудови графіків;
- планування й проведення фізичних експериментів;

- застосування теоретичних і емпіричних методів пізнання навколишнього світу;
- комп'ютерного моделювання та проведення експериментів з дослідження фізичних явищ;
- оброблення та узагальнення результатів;
- опрацювання та аналізу літературних джерел;
- публічного представлення результатів дослідження;
- самостійного виконання дослідження;
- написання й оформлення реферату, дослідницької роботи;
- публічного виступу, постерного захисту, ведення дискусії;
- висвітлення результатів дослідницької роботи під час участі в наукових читаннях, круглих столах, тематичних заходах, конференціях, олімпіадах, конкурсах із фізики.

ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ (на прикладі групи з 10 вихованців)

Обладнання, прилади, пристосування	Кількість, шт.
Комплект демонстраційного обладнання до усіх розділів фізики («Механіка. Механічні коливання і хвилі», «Молекулярна фізика і термодинаміка», «Електрика і магнетизм», «Оптика і квантова фізика»)	1
USB-мікроскоп	1
Комплект лабораторного обладнання до усіх розділів фізики («Механіка. Механічні коливання і хвилі», «Молекулярна фізика і термодинаміка», «Електрика і магнетизм», «Оптика і квантова фізика»)	5
Персональний комп'ютер або ноутбук	10
Програмний пакет для імітації та моделювання фізичних явищ і процесів («Algodoo», «Python», «COMSOL Multiphysics» або інший)	10
Програмний пакет для чисельних розрахунків і побудови графіків функцій («MATLAB», «Maple» або інший)	10
Програмний пакет для аналізу числових даних експерименту та побудови графіків («Origin» або інший)	10
Мультимедійний проектор	1
Акустична система	1
Інтернет (швидкість — не менше ніж 100 Мбіт/с)	

ЛІТЕРАТУРА

1. Артем'єва О. О., Литвинцова Г. А., Лихота С. О. Програми з позашкільної освіти: дослідницько-експериментальний напрям. Основи науково-дослідницької діяльності. Київ, 2019. 50 с.
2. Васильєв О. М. Програмування мовою Python. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2019. 504 с.
3. Віктор П. Фізика. Коливання і хвилі. Київ : Book Chef, 2022. 416 с.
4. Віктор П. Фізика. Молекулярна будова речовини і теплові явища. Київ : Book Chef, 2021. 336 с.
5. Віктор П. Фізика. Основи електродинаміки. Київ : Book Chef, 2021. 496 с.
6. Віктор П. Фізика. Основи і механічний рух. Київ : Book Chef, 2020. 384 с.
7. Доля П. Г. Основи моделювання в COMSOL Multiphysics. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2019. 167 с.
8. Засєкіна Т. М., Засєкін Д. О. Фізика. Профільний рівень : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти. Київ : УОБЦ «Оріон», 2018. 304 с.
9. Засєкіна Т. М., Засєкін Д. О. Фізика. Профільний рівень : підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти. Київ : УОБЦ «Оріон», 2019. 304 с.
10. Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф. Фізика. 8 кл. : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. Київ : Генеза, 2008. 208 с.
11. Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф. Фізика. 9 кл. : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. Київ : Генеза, 2009. 160 с.
12. Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф. Фізика. 10 кл. : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. Київ : Генеза, 2010. 192 с.
13. Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф. Фізика. 11 кл. : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. Київ : Генеза, 2011. 256 с.
14. Путівник мовою програмування Python. URL: <https://pythonguide.rozh2sch.org.ua/> (дата звернення: 18.08.2022).
15. Соколович Ю. А., Богданова Г. С. Фізика : навчально-практичний довідник. Харків : Ранок, 2010. 384 с.
16. Старощук В. Цікаві демонстрації з фізики. Частина I. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2002. 104 с.
17. Старощук В. Цікаві демонстрації з фізики. Частина II. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2003. 88 с.
18. Старощук В. Цікаві демонстрації з фізики. Частина III. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2005. 68 с.

19. Фізика. Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів. 10–11 класи / В. М. Локтев та ін. Київ, 2017. 34 с.
20. Щербина Т. Чому? Цікаві питання з фізики. 7–9 клас. Київ : Ред. загальнопед. газ., 2003. (Бібліотека «Шкільний світ». Фізика). 128 с.
21. Щербина Т. Чому? Цікаві питання з фізики. 10 клас. Київ : Ред. загальнопед. газ., 2003. (Бібліотека «Шкільний світ». Фізика). 128 с.
22. Щербина Т. Чому? Цікаві питання з фізики. 11 клас. Київ : Ред. загальнопед. газ., 2004. (Бібліотека «Шкільний світ». Фізика). 112 с.
23. Gilat A. MATLAB. An introduction with applications. Fifth edition. John Wiley & Sons, Inc., 2015. 418 p.

Є. В. Малиновський

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА «АЕРОФІЗИКА І КОСМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ»

ВИЩИЙ РІВЕНЬ

«Схвалено для використання в освітньому процесі»

*Рішення експертної комісії з позашкільної освіти від 29.03.2023
(протокол № 1)*

*Зареєстровано у Каталозі надання грифів навчальній літературі
та навчальним програмам за № 8.0051-2023*

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Завдяки стрімкому розвитку технологій відбувається революція і в космічній галузі. З огляду на сучасні екологічні проблеми, пошук нових стратегій виживання людства космічна й, зокрема, аерокосмічна галузь є сферою з найвищим інноваційним потенціалом. Приватні компанії стрімко долучаються до новітніх розробок. Вони створюють ракети та супутники й спрямовують свою діяльність на реалізацію концепції доступного космосу. Успіхи в ракетобудуванні завжди були і є сходиною на шляху людства до зірок.

З урахуванням інноваційного потенціалу галузі необхідним є формування в учнів інтересу до будови Всесвіту, проблем взаємозв'язку людини й навколишнього середовища, відповідальності людства і захисту довкілля.

Навчальна програма спрямована на організацію освітнього процесу в гуртках системи Малої академії наук України та розрахована на учнів 8–11 класів (віком 13–17 років) закладів загальної середньої освіти.

Мета програми — формування у вихованців компетентностей (пізнавальної, практичної, творчої, соціальної), закріплення пізнавального інтересу до аерофізичних і космічних досліджень через вивчення основ аерофізики, астрономії та космічних технологій.

Для досягнення мети ставляться **завдання**, які полягають у формуванні таких компетентностей:

- *пізнавальної*: опанувати сучасну наукову картину світу на засадах знання основних положень, законів і методів природничих наук; ознайомитись з основними науковими поняттями, термінами в галузі аерофізики, космічних досліджень та астрономії; знати й розуміти характеристики

астрономічних небесних об'єктів, принципи атмосферного та космічного польотів, загальні характеристики літальних апаратів; розширювати обізнаність у сфері науково-дослідницької діяльності;

- *практичної*: формувати навички застосування методики розрахунку фізичних явищ в атмосфері Землі; розвивати здатність до прийняття стандартних рішень щодо прикладних астрофізичних завдань, аналізу та пояснення отриманих результатів; набувати вміння і навичок розраховувати елементи орбіт для космічних польотів, користуватися оптичними інструментами, знати загальні характеристики літальних апаратів, вміння добирати методи й засоби дослідження природних явищ, адекватні поставленим завданням; опановувати вміння працювати з віртуальними телескопами, програмами — симуляторами зоряного неба й астрономічних явищ; розвивати здатність до самоосвіти, саморозвитку, самоконтролю та набуття нових знань; розширювати практичний досвід науково-дослідницької діяльності; формувати здатність до самооцінки навчально-пізнавальної діяльності;

- *творчої*: набувати досвіду застосування творчих підходів у власній науково-дослідницькій діяльності; розвивати здатність до аналізу інформації щодо об'єктів пізнання, рефлексії та генерації ідей;

- *соціальної*: формувати емоційно-ціннісне ставлення до себе та інших людей, розуміння взаємної залежності та впливу суспільства і природи, власної відповідальності за стан довкілля; удосконалювати вміння вести дискусії сучасною науковою мовою з використанням усталених астрономічних термінів і понять; формувати здатність працювати в команді, толерантно сприймати соціальні, етнічні, конфесійні та культурні відмінності.

Навчальна програма передбачає два роки навчання на вищому рівні:

1-й рік — 324 год на рік (9 год на тиждень);

2-й рік — 324 год на рік (9 год на тиждень).

Заняття охоплюють пояснення й осмислення явищ і законів астрономії, будови та принципів функціонування космічної техніки. Спостережливність, ретельність, допитливість — якості, що виховуються такою кропіткою роботою, якою є астрономічні дослідження. Програма спрямована на розвиток творчого потенціалу й вміння по-новому підходити до виконання дослідницьких завдань. Виховний компонент цього курсу спрямований на висвітлення проблем взаємозв'язку людини, навколишнього середовища та космосу як гармонійного, єдиного, цілісного організму.

На практичних заняттях вихованці вчитимуться спостерігати за явищами природи, опановуватимуть техніку орієнтування на незнайомій місцевості, формуватимуть навички роботи з телескопами. Для виконання лабораторних робіт учнів бажано розподіляти на групи з 2–3 осіб.

Лабораторно-бригадний метод доцільно використовувати як засіб організації освітнього процесу, коли виконуються дослідницькі завдання.

На заняттях використовуються різноманітні технічні засоби (комп'ютер, проектор, інтерактивна дошка), програмне забезпечення для проведення конференцій («Skype», «Zoom», «Google Meet»), віртуальні астрономічні симулятори («Celestia», «NASA Solar System Simulator», «Solar System Scope», «Solar System Visualizer» та ін.), застосунки для створення презентацій («Microsoft PowerPoint», «Canva», «Prezi»), інтерактивні ресурси для контролювання знань («Kahoot!», «Mentimeter», «Quizizz», «Quizwhizzer»).

Навчальна програма може бути використана для організації освітнього процесу за дистанційною формою навчання з урахуванням спрямованості дослідницько-експериментального напрямку позашкільної освіти.

Основною формою контролювання знань вихованців є участь у конференціях, конкурсах, зокрема у Всеукраїнському конкурсі-захисті науково-дослідницьких робіт учнів — членів МАН України.

Програма є орієнтовною. Керівник гуртка може вносити зміни й доповнення до порядку і змісту навчальних тем, самостійно планувати кількість годин, враховуючи базовий рівень знань учнів та їх інтереси.

Вищий рівень, перший рік навчання НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№ з/п	Тема	Кількість годин		
		теоретичних	практичних	усього
1.	Вступ	3	—	3
2.	Предмет аерофізики та космічних досліджень	6	—	6
3.	Атмосфера Землі. Основні поняття й властивості	21	6	27
4.	Дослідження атмосфери Землі	27	3	30
5.	Апарати для польотів в атмосфері, легші за повітря	33	6	39
6.	Апарати для польотів в атмосфері, важчі за повітря	36	9	45
7.	Реактивний рух. Розвиток ракетної техніки	36	9	45
8.	Пілотовані й безпілотні літальні апарати	24	6	30
9.	Штучні супутники Землі	24	6	30

№ з/п	Тема	Кількість годин		
		теоретичних	практичних	усього
10.	Атмосфери планет Сонячної системи	33	6	39
11.	Основи науково-дослідницької роботи	9	18	27
12.	Підсумок	—	3	3
Разом		252	72	324

ЗМІСТ ПРОГРАМИ

1. Вступ (3 год)

Теоретична частина. Знайомство. Інструктаж з безпеки життєдіяльності. Правила поведінки в закладі освіти. Організаційні питання.

2. Предмет аерофізики та космічних досліджень (6 год)

Теоретична частина. Об'єкт і предмет аерофізики як науки. Вплив розвитку космічних технологій на життя сучасної людини.

3. Атмосфера Землі. Основні поняття й властивості (27 год)

Теоретична частина. Склад атмосфери Землі. Розподіл Максвелла — Больцмана. Зміна густини атмосфери залежно від її висоти. Хмари, їх типи та особливості. Температурний розподіл в атмосфері Землі. Грозові розряди: виникнення і захист від їх наслідків. Роль атмосфери в захисті від космічного випромінювання.

Практична частина. Вивчення повітряних потоків. Вимірювання температури нижньої поверхні хмар за допомогою ІЧ-термометра.

4. Дослідження атмосфери Землі (30 год)

Теоретична частина. Вимірювання температури повітря. Денна і нічна температури повітря. Виникнення повітряних потоків. Горизонтальні й вертикальні повітряні потоки. Вологість повітря, її вплив на хмароутворення. Метеорологічні станції, їх види. Аеростатне дослідження атмосфери. Дослідження атмосфери з космосу. Прогнозування погоди.

Практична частина. Вимірювання вологості повітря.

5. Апарати для польотів в атмосфері, легші за повітря (39 год)

Теоретична частина. Загальний принцип польоту апаратів, легших за повітря. Закон Архімеда для повітроплавання. Перші спроби повітро-

плавання. Повітряна куля братів Монгольф'є. Розвиток повітроплавання. Прив'язні аеростати. Використання прив'язних аеростатів. Дирижабль. Використання дирижаблів. Розрахунки підйимальної сили та конструкції дирижабля. Сучасний стан розвитку повітроплавання.

Практична частина. Запускання моделі аеростата. Вимірювання підйимальної сили аеростата та порівняння її з розрахунковими даними.

6. Апарати для польотів в атмосфері, важчі за повітря (45 год)

Теоретична частина. Історія розвитку уявлень про політ апаратів, важчих за повітря. Наявні моделі літальних апаратів. Обрання двигуна для літального апарата. Флаєр братів Райтів. Перші польоти. Рекордні польоти та їх вплив на розвиток авіації. Цивільне й військове використання перших літаків. Аеродинаміка. Теорема Жуковського. Методика розрахунку підйимальної сили крила. Флатер і боротьба з ним. Елементи пілотажу, штопор. Гвинтокрили, етапи розвитку. Використання гвинтокрилів. Реактивна авіація.

Практична частина. Розрахунок підйимальної сили різних профілів крила. Запускання найпростішої моделі літака. Дослідження аеродинамічної якості крила.

7. Реактивний рух. Розвиток ракетної техніки (45 год)

Теоретична частина. Теорія реактивного руху. Рівняння Мещерського. Види реактивних двигунів. Прямотічні реактивні двигуни. Обрання палива для прямотічних двигунів. Історія розвитку ракетних двигунів. Перші польоти в космос. С.П. Корольов та його внесок у розвиток космічних досліджень. Розвиток ракетобудування у світі. Україна — космічна держава. Турбореактивні двигуни. Використання турбореактивних двигунів у цивільній авіації. Використання турбореактивних двигунів у військовій авіації. Турбогвинтові двигуни. Використання турбогвинтових двигунів.

Практична частина. Вимірювання рушійної сили реактивного струменя. Запускання моделі хімічної ракети. Запускання ракети з модельним ракетним двигуном.

8. Пілотовані й безпілотні літальні апарати (30 год)

Теоретична частина. Відмінність пілотованих і безпілотних літальних апаратів. Перші спроби безпілотних польотів. Види безпілотних літальних апаратів. Дослідницькі безпілотні апарати. Розвідувальні безпілотні літальні апарати. Ударні безпілотні апарати. Квадрокоптери та їх розвиток. Космічні польоти безпілотних літальних апаратів.

Практична частина. Дослідження польоту квадрокоптера. Керування безпілотними літальними апаратами.

9. Штучні супутники Землі (30 год)

Теоретична частина. Умови орбітального польоту. Високі й низькі орбіти. Геостаціонарні орбіти та їх використання. Види штучних супутників Землі. Значення штучних супутників Землі в господарстві. Орбітальні станції та їх використання. Можливість побудови орбітальних поселень. Утилізація відпрацьованих штучних супутників Землі.

Практична частина. Оптичні спостереження за штучними супутниками Землі. Фотографування геостаціонарних супутників.

10. Атмосфери планет Сонячної системи (39 год)

Теоретична частина. Огляд будови Сонячної системи. Гравітація планет Сонячної системи. Вплив гравітації на існування атмосфери. Залежність між гравітацією та обранням рушія літального апарата. Меркурій. Польоти над Меркурієм. Венера. Польоти в атмосфері Венери. Марс. Польоти в атмосфері Марса. Супутники Марса. Польоти над поверхнею супутників Марса. Газові гіганти. Польоти в атмосфері газових гігантів.

Практична частина. Спостереження за Венерою. Спостереження за Марсом.

11. Основи науково-дослідницької роботи (27 год)

Теоретична частина. Актуальні проблеми аерофізики й космічних досліджень. Етапи наукового дослідження (обрання теми, об'єкта і предмета наукового дослідження, критерії та доцільність такого вибору; визначення мети та завдань). Науково-дослідницька робота та її компоненти.

Загальна структура дослідницької роботи. Зміст структурних розділів роботи та висвітлених у них основних положень. Основні вимоги до написання та оформлення дослідницької роботи.

Практична частина. Обрання теми науково-дослідницької роботи, визначення предмета, об'єкта, мети й завдань, методів дослідження. Збирання й узагальнення інформації з обраної теми.

12. Підсумок (3 год)

Практична частина. Підбиття підсумків роботи за рік. Конкурс, вікторина. Відзначення переможців.

ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ

Вихованці мають знати:

- основні терміни й поняття у галузі аерофізики, космічних досліджень та астрономії;
- принципи атмосферного й космічного польотів;
- загальні характеристики літальних апаратів;
- правила безпечної роботи з інструментами;
- правила користування оптичними інструментами;
- поняття астрономічних величин;
- назви та практичне застосування приладів, що використовуються під час практичних робіт.

Вихованці мають уміти:

- організувати своє робоче місце;
- вимірювати температуру повітря, швидкість вітру, вологість повітря;
- тлумачити сутність математичних моделей сферичної астрономії;
- користуватися астрономічними характеристиками небесних об'єктів;
- користуватися оптичними інструментами;
- розрізняти матеріали та інструменти, виокремлювати їх суттєві ознаки;
- планувати свій час і використовувати його з максимальною користю.

У вихованців мають сформуватися такі компетентності:

- *пізнавальна*: опанування сучасної наукової картини світу на засадах знання основних положень, законів і методів природничих наук, основних наукових понять, термінів у галузі аерофізики, космічних досліджень та астрономії;
- *практична*: набуття навичок застосування методики розрахунку фізичних явищ в атмосфері Землі, здатність до прийняття стандартних рішень щодо прикладних астрофізичних завдань, аналізу та пояснення отриманих результатів, вміння розраховувати елементи орбіт для космічних польотів;
- *творча*: набуття досвіду застосування творчих підходів у навчальній діяльності;
- *соціальна*: формування емоційно-ціннісного ставлення до себе та інших людей; розуміння взаємної залежності й впливу суспільства і природи, власної відповідальності за стан довкілля.

Вищий рівень, другий рік навчання НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№ з/п	Тема	Кількість годин		
		теоретичних	практичних	усього
1.	Вступ	2	1	3
2.	Основи науково-дослідницької роботи	18	9	27
3.	Астрономія як наука	9	3	12
4.	Сферична астрономія	51	9	60
5.	Блиск небесних об'єктів та їх зоряні величини	15	6	21
6.	Астрономічні інструменти	21	9	30
7.	Кінематика сонячної системи	39	6	45
8.	Планети, супутники планет і малі тіла Сонячної системи	24	6	30
9.	Загальні відомості про Сонце	33	9	42
10.	Світ зірок	24	6	30
11.	Галактика Молочний Шлях	12	9	21
12.	Підсумок	—	3	3
Разом		248	76	324

ЗМІСТ ПРОГРАМИ

1. Вступ (3 год)

Теоретична частина. Техніка безпеки. Правила поведінки в закладі освіти. Організаційні питання.

Практична частина. Знайомство. Дискусія «Актуальні проблеми сучасних космічних досліджень».

2. Основи науково-дослідницької роботи (27 год)

Теоретична частина. Актуальні проблеми та невирішені питання в галузі аерофізики й космічних досліджень. Науково-дослідницька робота та її компоненти. Етапи наукових досліджень (обрання теми, об'єкта і предмета наукового дослідження, критерії та доцільність такого вибору, визначення мети й завдань). Оцінювання актуальності обраної теми. Обрання методів дослідження. Організація роботи з визначеної тематики.

Структура дослідницької роботи. Зміст структурних розділів роботи й висвітлених у них основних положень. Вимоги до написання й оформлення дослідницької роботи.

Пошук інформаційних джерел у бібліотечних фондах і в мережі Інтернет. Узагальнення й систематизація зібраної інформації. Принципи академічної доброчесності та їх дотримання в процесі оформлення дослідницької роботи. Представлення результатів дослідження: розроблення постера і підготовка мультимедійної презентації.

Практична частина. Обрання теми науково-дослідницької роботи, визначення предмета, об'єкта, мети й завдань, методів дослідження. Робота з науковими джерелами інформації. Проведення дослідження й оформлення дослідницької роботи. Розроблення постера і підготовка мультимедійної презентації.

3. Астрономія як наука (12 год)

Теоретична частина. Астрономія як наука: предмет астрономії, історія становлення. Зв'язок астрономії з іншими науками. Стисла характеристика деяких галузей астрономії: астрофізики, астрометрії, небесної механіки, космогонії та космології. Методи астрономічних досліджень.

Практична частина. Ознайомлення з методами астрономічних досліджень. Пошук інформації про відомих учених у різних галузях астрономії.

4. Сферична астрономія (60 год)

Теоретична частина. Основні поняття й термінологія сферичної астрономії. Видимі положення та рух світил, сузір'я. Географічні координати. Небесна сфера, головні лінії й точки на ній. Системи небесних координат. Горизонтальна система небесних координат. Екваторіальні системи небесних координат. Видимий рух світил і його пояснення, кульмінація світил. Рух Сонця по екліптиці. Час і його вимірювання, основні поняття й проблеми. Шкали вимірювання часу (астрономічні), всесвітній час (зоряний час, істинний сонячний час, середній сонячний час), земний динамічний час. Системи відліку часу: а) місцевий час; б) всесвітній час; в) поясний час; г) літній час. Служба часу, календар. Фактори, що впливають на координати світил. Астрономічна рефракція. Абераційне зміщення світил, види аберацій. Паралактичне зміщення світил. Річний і добовий паралакс. Прецесія та нутація. Кількісний опис астрономічних явищ. Приклади. Білі ночі. Зміна пір року. Теплові пояси Землі.

Практична частина. Спостереження за Марсом. Спостереження за поверхнею Місяця. Роботи з рухомою картою зоряного неба.

5. Блиск небесних об'єктів та їх зоряні величини (21 год)

Теоретична частина. Яскравість зорі як міра освітленості від неї. Зоряні величини. Видимі й абсолютні зоряні величини. Зв'язок видимої та абсолютної зоряної величини з відстанню до зорі. Світність зорі.

Практична частина. Спостереження за метеорними потоками Тавриди. Спостереження за метеорними потоками Леоніди.

6. Астрономічні інструменти (30 год)

Теоретична частина. Телескоп Галілея. Телескоп Кеплера. Телескоп Ньютона. Сучасні оптичні схеми телескопів. Кутове збільшення зображення, видимого в телескопі. Проникна сила телескопа. Хроматична і сферична аберації телескопів, способи їх усунення.

Практична частина. Конструювання елементарної підзорної труби. Спостереження за метеорним потоком Гемініди. Спостереження за планетою Сатурн.

7. Кінематика сонячної системи (45 год)

Теоретична частина. Розвиток уявлень про будову світу, геоцентрична система Птолемея. Геліоцентрична система Коперника, конфігурації планет. Умови спостереження за планетами. Закони руху планет. Синодичні й сидеричні періоди обертання планет. Закони Кеплера, елементи планетних орбіт. Сучасні уявлення про будову Сонячної системи. Рух Місяця, видимий і дійсний рух Місяця. Фази Місяця й умови спостереження за ним. Періоди обертання Місяця, лібрації Місяця. Сонячні й місячні затемнення. Сонячне затемнення та його фази, умови виникнення сонячних затемнень. Місячне затемнення, його фази.

Практична частина. Спостереження за метеорним потоком. Вивчення частини видимої поверхні Місяця.

8. Планети, супутники планет і малі тіла Сонячної системи (30 год)

Теоретична частина. Правило Тіціуса — Бодє. Планети земної групи й планети-гіганти. Супутники планет. Астероїди. Комети. Метеори та метеорні потоки. Метеорити. Проблема існування життя на інших планетах.

Практична частина. Спостереження за планетою Юпітер. Спостереження за метеорним потоком Ліриди.

9. Загальні відомості про Сонце (42 год)

Теоретична частина. Фізичні характеристики Сонця, осьове обертання Сонця. Магнітні поля на Сонці. Внутрішня будова Сонця, джерела

енергії Сонця та інших зірок. Надра Сонця. Атмосфера Сонця, фотосфера, утворення у фотосфері. Модель фотосфери Сонця. Хромосфера, сонячна корона. Сонячна активність, міра активності Сонця, сонячні плями та їх магнітні поля. Джерела сонячної активності, вплив сонячної активності на геосферу та біосферу. Спостереження за сонячною активністю у шкільний телескоп, опрацювання отриманих даних. Порівняння індексів сонячної активності з різноманітними індексами змін у геосфері.

Практична частина. Спостереження за планетою Сатурн. Спостереження за метеорним потоком Квадрантиди. Спостереження за поверхнею Сонця, визначення числа Вольфа.

10. Світ зірок (30 год)

Теоретична частина. Подвійні зорі. Маси зір. Основні характеристики зір, зв'язок між ними. Внутрішня будова зір, джерела енергії зір. Ядерні реакції в зорях. Змінні зорі. Нові та наднові зорі. Діаграма «колір — світність». Еволюція зір, її основні етапи. «Білі карлики», нейтронні зорі. Пульсари, чорні діри.

Практична частина. Спостереження за планетою Меркурій і весняними сузір'ями за допомогою віртуального телескопа.

11. Галактика Молочний Шлях (21 год)

Теоретична частина. Молочний Шлях, його структура й дійсні розміри. Обертання Галактики. Рух Сонця навколо центра Галактики. Сучасні дані про ядро Галактики.

Практична частина. Спостереження за місячним затемненням. Спостереження за метеорним потоком Ета-Аквариди. Комета Галлея.

12. Підсумок (3 год)

Практична частина. Підбиття підсумків роботи за рік. Конкурс, вікторина. Відзначення переможців.

ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ

Вихованці мають знати:

- наукові поняття, терміни в галузі аерофізики, космічних досліджень і астрономії;
- принципи атмосферного та космічного польотів;
- методики розрахунку фізичних явищ в атмосфері Землі;
- загальні характеристики літальних апаратів;
- правила безпечної роботи з оптичними інструментами;

- назви та практичне застосування приладів, що використовуються під час практичних робіт;
- сутність математичних моделей сферичної астрономії;
- визначення і застосування астрономічних величин;
- астрономічні характеристики небесних об'єктів.

Вихованці мають уміти:

- організувати своє робоче місце;
- вимірювати температуру повітря, швидкість вітру, вологість повітря;
- спостерігати за штучними супутниками Землі;
- розраховувати підймальну силу крила;
- розраховувати елементи орбіт для космічних польотів;
- тлумачити сутність математичних моделей сферичної астрономії;
- розуміти поняття астрономічних величин;
- застосовувати астрономічні характеристики небесних об'єктів;
- користуватися оптичними інструментами;
- розрізняти матеріали та інструменти, виокремлювати їх суттєві ознаки.

У вихованців мають сформуватися такі компетентності:

- *пізнавальна*: засвоєння знань щодо загальних характеристик літальних апаратів, основних характеристик астрономічних небесних об'єктів, принципів атмосферного та космічного польотів, загальних характеристик літальних апаратів; зростання обізнаності у сфері науково-дослідницької діяльності;
- *практична*: розвиток навичок користування оптичними інструментами, вміння добирати методи й засоби дослідження природних явищ, адекватні поставленим завданням; розвиток здатності працювати з віртуальними телескопами, програмами — симуляторами зоряного неба й астрономічних явищ; набуття практичного досвіду науково-дослідницької діяльності; формування здатності до самооцінки навчально-пізнавальної діяльності;
- *творча*: набуття досвіду застосування творчих підходів у науково-дослідницькій діяльності, здатності до аналізу інформації щодо об'єктів пізнання, рефлексії та генерації ідей;
- *соціальна*: удосконалення вмінь ведення дискусій з проблематики предмета сучасною науковою мовою з використанням усталених астрономічних термінів і понять; формування готовності працювати в команді, толерантно сприймати соціальні, етнічні, конфесійні та культурні відмінності.

ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ

Обладнання і прилади	Кількість, шт.
Комп'ютер / ноутбук	за кількістю вихованців
Мультимедійний проєктор	1
Інтерактивна дошка	1
Принтер	1
Телескоп	1
ІЧ-термометр	за кількістю вихованців
Гігрометр	за кількістю вихованців
Модель літака	за кількістю вихованців
Модельний ракетний двигун (МРД) «Школяр»	за кількістю вихованців
Модель хімічної ракети	за кількістю вихованців
Квадрокоптер	1
Фотоапарат	за кількістю вихованців

ЛІТЕРАТУРА

1. Александров Ю. В., Грецький А. М., Пришляк М. П. Астрономія : книга для вчителя. Харків : Ранок, 2005. 256 с.
2. Мислінчук В. О., Тищук В. І. Фізика зір. Комплексне довгострокове завдання з астрономії. Рівне : РВВ РДГУ, 2009. 140 с.
3. Організація учнівського дослідження в Малій академії наук (на прикладі секції астрономії) : навч.-метод. посіб. ; відп. за вип. О. А. Андреев. Рівне : Обласний комунальний позашкільний навчальний заклад «Рівненська Мала академія наук учнівської молоді», 2009. 57 с.
4. Пришляк М. П. Астрономія : підручник для 11 класу. Харків : Ранок, 2005. 144 с.
5. Сонячна система : путівник для туристів / Олівія Коскі, Джана Грцевич; пер. Ганни Яновської. Харків : Жорж, 2019. 240 с.

І. Г. Слюсарев

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА «АСТРОНОМІЯ»

ВИЩИЙ РІВЕНЬ

«Схвалено для використання в освітньому процесі»

*Рішення експертної комісії з позашкільної освіти від 13.12.2023
(протокол № 4)*

*Зареєстровано у Каталозі надання грифів навчальній літературі
та навчальним програмам за № 8.0096-2023*

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Забезпечення всебічного розвитку особистості є головною метою освіти в умовах глобалізації. Фундаментальні знання та набуті компетентності мають стати запорукою відповідального ставлення до навколишнього природного середовища і соціуму, без чого не можливий сталий поступ.

Технічний прогрес сучасної цивілізації ґрунтується на наукових досягненнях, зокрема це стосується й фізико-математичних наук або ж ширше — природничих дисциплін. Серед них найдавнішою є астрономія. Вона виникла із практичних потреб людини в орієнтації, календарних розрахунках, передбаченні певних небесних явищ. Тривалий час астрономія розвивалася для вирішення саме цих завдань, і лише поява астрофізичних методів дослідження віддалила її від звичних потреб людини. Однак колосальне розширення просторових масштабів, доступних вивченню за останні 100 років, зробило астрономію найважливішою світоглядною дисципліною серед інших.

Всесвіт надає змогу досліджувати фізичні процеси у таких умовах, які неможливо відтворити в земній лабораторії. Відкриття планет поза Сонячною системою, дослідження перших галактик у Всесвіті, можливість вивчати тіла з інших зоряних систем, що потрапляють до нас, — усе це допомагає досягнути місце нашої планети та людства у масштабах Всесвіту. Швидкий розвиток інструментальної бази астрономічних досліджень — побудова телескопів нового покоління, що триває зараз, запуск нових космічних місій і доставлення на Землю речовин астероїдів роблять астрономію дуже динамічною наукою.

Зміст, систематичність і методологія досліджень астрономії відкривають широкі можливості для становлення наукового світогляду вихованців. Актуальність програми полягає у формуванні в них практичних умінь і навичок

проведення досліджень, здатності до самостійного й логічного мислення, наукової роботи, розвитку здібності до критичного аналізу даних.

Навчальна програма «Астрономія» реалізується в гуртках системи Малої академії наук України й призначена для вихованців віком 14–16 років.

Метою програми є формування у вихованців компетентностей (пізнавальної, практичної, творчої, соціальної) у процесі освітньої діяльності за дослідницько-експериментальним напрямом позашкільної освіти в галузі астрономії.

Основні **завдання** програми полягають у формуванні таких компетентностей:

- *пізнавальної*: поглиблювати й систематизувати знання у галузі астрономії, зокрема сферичної астрономії, небесної механіки, астрофізики, зоряної астрономії та космології; засвоювати основні поняття астрономії («зеніт», «надир», «полюс світу», «горизонт», «небесний меридіан», «небесний екватор», «екліптика», «площина Галактики» та ін.); набувати знань про закони Кеплера, всесвітнього тяжіння, збереження імпульсу та ін.; формувати стійке уявлення про динамічну картину пізнання Всесвіту й окреслювати невирішені проблеми астрофізики; формувати інтерес до наукового пізнання природних явищ і процесів, а також пошукової, аналітичної діяльності; ознайомлювати з особливостями науково-дослідницької роботи;

- *практичної*: формувати навички розв'язування задач на пряме обчислення, виведення формул, отримання оцінки величин за методом розмірностей, застосування фізичних законів для аналізу астрономічних явищ, уміння обчислювати похибки вимірювання, узагальнювати й систематизувати набуті знання; дотримуватися правил безпеки життєдіяльності під час занять, практичних робіт та екскурсій, роботи за комп'ютером; розвивати практичні навички проведення астрономічних спостережень, пошуку наукової літератури й добирання джерел для дослідницької роботи; виробляти вміння використовувати самостійно набуті знання для розв'язання навчальних завдань, проводити телескопічні спостереження, здійснювати опрацювання й узагальнення результатів спостережень; формувати навички написання та оформлення дослідницької роботи, підготовки матеріалів науково-дослідницьких робіт до публікацій, представлення результатів власних досліджень;

- *творчої*: розвивати самостійне, критичне, творче, аналітичне мислення, творчі та мовленнєві здібності, здатність творчо підходити до розв'язання різних навчальних завдань;

- *соціальної*: виховувати культуру міжособистісної взаємодії, моральні якості, громадянську свідомість, розуміння соціальної ролі природничих наук.

Навчальна програма спрямована на організацію освітнього процесу в групах вищого рівня протягом двох років. На опрацювання навчального матеріалу надається 324 год на рік (9 год на тиждень).

Програму структуровано з урахуванням змісту тем курсу астрономії для учнів 9–11 класів закладів загальної середньої освіти. Навчальний матеріал з кожної теми підкріплено прикладними задачами, дослідями, експериментами, лабораторними роботами.

Програма передбачає міжпредметні зв'язки з математикою, фізикою, географією. Вихованці розвиватимуть навички аналізування та вирішення проблем, використовуючи знання з цих предметів у контексті вивчення астрономії.

Програма передбачає теоретичні, практичні заняття, телескопічні спостереження, роботу з базами даних, а також науково-дослідницьку діяльність.

Теоретичні заняття проводяться у формі лекцій, евристичних бесід, дискусій, круглих столів. Теоретичний блок подається з висвітленням проблемних питань і використанням презентаційних матеріалів.

Практичні заняття проводяться у формі практикумів і телескопічних спостережень, опрацювання готових даних та отримання первинних даних, під час яких вихованці набувають умінь використовувати астрономічні прилади, ознайомлюються з вимірювальною апаратурою та приймачами світла, навчаються застосовувати їх у процесі спостережень і власних досліджень.

Під час занять застосовуються як традиційні методи (пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, частково-пошуковий, дослідницький, інтерактивний, самостійної роботи тощо) та засоби навчання, так і елементи інноваційних педагогічних технологій.

Заняття можуть проводитися в очному і дистанційному форматах. Для цього використовуються різноманітні засоби навчання (комп'ютер, ноутбук, планшет, смартфон), сервіси для проведення онлайн-конференцій («Zoom», «Google meet», «Skype» та інші). З метою кращого засвоєння навчального матеріалу і зацікавлення вихованців навчання відбувається за допомогою засобів симуляції фізичних процесів та онлайн-лабораторій «PhET», «LabsLand», «SimPop», «iFrame», STEM-лабораторії «МанЛаб» (www.stemua.science), сучасного пакета символічної математики «Wolfram Mathematica 12», програм-планетаріїв «StarCalc», «Cartes du Ciel», «World-Wibe Telescope», «Aladin Sky Atlas» тощо. Контролювання рівня знань може відбуватися із застосуванням сервісів для проведення інтерактивних опитувань і вікторин («Kahoot!», «Mentimeter», «LearningApps», «Educandy», «Purposegames», «Flippity» тощо).

За однакових безпекових та інших умов перевага надається роботі у навчальній аудиторії.

Перевірка й оцінювання знань та умінь вихованців здійснюються під час виконання ними практичних робіт, тестових завдань, захисту науково-дослідницьких проєктів.

Вищий рівень, перший рік навчання НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

Розділ, тема	Кількість годин		
	теоретичних	практичних	усього
Вступ	3	—	3
Розділ 1. Про науку та дослідницьку діяльність	18	18	36
1.1. Наука як сфера діяльності людини	3	3	6
1.2. Поняття про наукове дослідження	3	3	6
1.3. Наукові дослідження в астрономії	3	3	6
1.4. Методи наукового пізнання	3	3	6
1.5. Робота з джерелами наукової інформації	3	3	6
1.6. Оформлення науково-дослідницької роботи. Поняття академічної доброчесності	3	3	6
Розділ 2. Небесна сфера	49	20	69
2.1. Основи сферичної астрономії, системи координат, вимірювання часу	6	6	12
2.2. Позиційні вимірювання, визначення координат на Землі, задачі астрометрії	12	3	15
2.3. Сузір'я, мапи та атласи неба	24	3	27
2.4. Видимі рухи Сонця, Місяця, планет. Затемнення та покриття	7	8	15
Розділ 3. Рух світил на небі та закони механіки	45	21	66
3.1. Теорії руху планет — від Птолемея до законів Кеплера	9	12	21
3.2. Закон тяжіння. Небесна механіка	36	9	45
Розділ 4. Телескопи та приймачі — від Галілея до «JWST»	111	30	141
4.1. Системи оптичних телескопів, принципи їх будови й роботи	24	6	30

Розділ, тема	Кількість годин		
	теоретичних	практичних	усього
4.2. Основи фотометрії, зоряні величини. Спектральний аналіз	18	6	24
4.3. Приймачі випромінювання: фотографія, фотоелектронні помножувачі (ФЕП), прилад із зарядовим зв'язком (ПЗЗ)	21	6	27
4.4. Радіотелескопи, інфрачервона (ІЧ) та ультрафіолетова (УФ) астрономія	21	3	24
4.5. Детектори високоенергетичних частинок, супутники для рентгенівської та гамма-астрономії. Детектори космічних променів і нейтрино	21	6	27
4.6. Гравітаційно-хвильова астрономія	6	3	9
Розділ 5. Презентація як форма представлення результатів наукового дослідження. Підсумок	3	6	9
Разом	229	95	324

ЗМІСТ ПРОГРАМИ

Вступ (3 год)

Теоретична частина. Зміст роботи гуртка. Організаційні питання. Астрономія як наука. Відмінності між експериментом у фізиці та астрономічними спостереженнями. Інструктаж із безпеки життєдіяльності.

Розділ 1. Про науку та дослідницьку діяльність (36 год)

1.1. Наука як сфера діяльності людини (6 год)

Теоретична частина. Наука і суспільство. Завдання і мета науки. Роль астрономії в житті людини, зв'язки між астрономією й фізикою, а також іншими природничими науками.

Практична частина. Підготовка презентацій на тему «Українські астрономи, їх внесок у розвиток науки».

1.2. Поняття про наукове дослідження (6 год)

Теоретична частина. Поняття про наукове дослідження. Основні етапи наукового дослідження: обрання напряму досліджень; формулювання

проблеми; обрання теми; визначення мети й завдань; висування гіпотези; визначення предмета й об'єкта дослідження; вивчення літературних джерел; аналіз, систематизація та опрацювання матеріалу; написання тексту роботи; формулювання висновків; представлення результатів. Поняття про актуальність та методи дослідження.

Практична частина. Визначення теми й мети дослідження. Побудова плану наукового дослідження. Пошук наукових джерел. Ознайомлення з базами даних («Planetary Data System», «NASA ADS») та науковими публікаціями.

1.3. Наукові дослідження в астрономії (6 год)

Теоретична частина. Основи наукових досліджень у галузі астрономії. Напрями досліджень в астрономії. Особливості теоретичних досліджень з астрономії та спостережних робіт.

Практична частина. Аналіз відмінностей між науковими дослідженнями з теоретичної астрофізики та спостережними даними на прикладі наукових статей у провідних фахових журналах.

1.4. Методи наукового пізнання (6 год)

Теоретична частина. Основні методи наукового пізнання. Методи емпіричного рівня пізнання: спостереження, експеримент. Організація і проведення спостереження. Організація і проведення експерименту. Методи теоретичного пізнання — абстрагування, ідеалізація, формалізація, моделювання. Аналіз і синтез. Порівняння. Аналогія. Перевірка гіпотез. Математичні методи опрацювання даних спостережень.

Практична частина. Оброблення астрономічних спостережень, вимірювання блиску змінної зорі.

1.5. Робота з джерелами наукової інформації (6 год)

Теоретична частина. Поняття «джерело наукової інформації». Правила пошуку літературних джерел в інтернет-середовищі. Робота з літературними джерелами в бібліотеці.

Практична частина. Пошук літературних джерел за заданою темою в інтернеті.

1.6. Оформлення науково-дослідницької роботи. Поняття академічної доброчесності (6 год)

Теоретична частина. Вимоги до оформлення науково-дослідницької роботи: загальні положення, структура роботи, вимоги до змісту, правила оформлення роботи, побудова таблиць, оформлення використаних літературних джерел і додатків до роботи. Мотиваційний лист. Поняття про академічну доброчесність. Види порушень академічної доброчесності.

Практична частина. Оформлення титульного аркуша. Написання анотації, мотиваційного листа. Редагування тексту науково-дослідницької роботи. Виконання вправ на виявлення порушень академічної доброчесності.

Розділ 2. Небесна сфера (69 год)

2.1. Основи сферичної астрономії, системи координат, вимірювання часу (12 год)

Теоретична частина. Поняття небесної сфери. Сферичні координати на небі, різні системи координат (горизонтальна, перша та друга екваторіальні, екліптична, галактична), зміна виду зоряного неба зі зміною широти. Зв'язок між системами координат, формули сферичної тригонометрії. Вимірювання часу, динамічний час, сонячний і зоряний час, атомний час. Перехід між сонячним і зоряним часом. Рівняння часу. Календар, арифметика календарів, ланцюгові дроби. Особливості календарних систем різних народів.

Практична частина. Пошук основних сузір'їв на небі. Розв'язання задач на перехід між системами координат. Розрахунок часового кута зорі для спостережень.

2.2. Позиційні вимірювання, визначення координат на Землі, задачі астрометрії (15 год)

Теоретична частина. Прилади для вимірювання координат зір: пасажний інструмент, меридіанне коло. Визначення широти та довготи на Землі за астрономічними спостереженнями. Астрометрія як розділ астрономії, її цілі та методи. Побудова інерціальної системи відліку. Досупутникова астрометрія, фундаментальні каталоги зір. Фотографічна астрометрія, нормальний астрограф. Супутники «HIPPARCOS» і «Gaia» та створені ними каталоги положень, паралаксів, власних рухів, радіальних швидкостей. Фактори, що впливають на спостереження: рефракція, аберация світла, паралакс, власний рух, прецесійно-нутаційний рух Землі.

Практична частина. Порівняльний аналіз каталогів «FK4» та «Gaia DR3».

2.3. Сузір'я, мапи та атласи неба (27 год)

Теоретична частина. Сузір'я у різних народів, їх кількість і межі між ними. Найдавніші карти та каталоги зір. Система позначення зір. Каталоги туманностей і зоряних скупчень. Фотографічні атласи «Carte du ciel», «Palomar Observatory Sky Survey». Зоряні глобуси. Сучасні проекти «Aladin Sky Atlas», «SIMBAD» («Set of Identifications, Measurements, and Bibliography for Astronomical Data»).

Практична частина. Пошук основних сузір'їв, яскравих зір і планет, видимих на час спостереження.

2.4. Видимі рухи Сонця, Місяця, планет. Затемнення та покриття (15 год)

Теоретична частина. Рух планет, Сонця та Місяця. Синодичний і сидеричний періоди. Планетні конфігурації (сполучення, протистояння, елонгація), петлі зворотного руху. Сонячні затемнення. Затемнення Місяця. Уявлення про причини затемнень у стародавніх греків, шляхи їх передбачень, сарос. Обчислення стародавніх греків розміру Землі, відносної відстані від Землі до Місяця та до Сонця. Праці Ератосфена, Аристарха, Анаксагора, Гіппарха. Покриття зір і планет Місяцем. Проходження Меркурія та Венери по диску Сонця.

Практична частина. Спостереження особливостей руху планет, вимірювання величини петлі зворотного руху Марсу та Юпітеру. Визначення швидкості руху Місяця небом. Визначення моменту першої чверті та вимірювання кутової відстані в цей момент від Сонця до Місяця, розрахунки розмірів Сонця і Місяця та відстаней від них до Землі у відносних одиницях.

Розділ 3. Рух світил на небі та закони механіки (66 год)

3.1. Теорії руху планет — від Птолемея до законів Кеплера (21 год)

Теоретична частина. Планетні теорії Евдокса, Птолемея. Епіцикли, деференти, їх математичний зміст як розклад у ряд. Геліоцентрична система Коперника, система Тихо Браге. Закони Кеплера.

Практична частина. Розрахунок відхилень положення планети на небі за теорією епіциклів і деферентів від спостережуваного в реальності.

3.2. Закон тяжіння. Небесна механіка (45 год)

Теоретична частина. Закон всесвітнього тяжіння. Виведення закону тяжіння із законів Кеплера. Гравітаційне поле і його напруженість. Гравіметрія. Гравітаційна стала. Теорія припливів. Задача двох тіл. Поняття про збурений рух, збурювальні прискорення. Задача трьох тіл. Кеплерівські елементи орбіт. Спін-орбітальні резонанси у Сонячній системі. Супутники Сатурну, Юпітеру, Землі (Місяць). Відкриття Нептуну та Плутона.

Розвиток космонавтики. Вага і невагомість. Штучні супутники Землі. Перша та друга космічні швидкості. Рух твердого тіла. Центр мас. Обертання тіла навколо осі. Момент інерції. Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла. Поняття про прецесію та нутацію, їх вплив на системи координат. Неінерціальні системи відліку. Рух тіла

в неінерціальній системі відліку. Сила інерції. Вплив сил інерції на рух. Висновки Ньютона про форму Землі. Оцінювання орбіти за спостереженнями. Ефемериди астероїдів і комет.

Практична частина. Розрахунок сплюснутості Землі за Ньютоном. Вимірювання сплюснутості Сатурну за фотографією. Розрахунок орбіти астероїда за трьома спостереженнями.

Розділ 4. Телескопи та приймачі — від Галілея до «JWST» (141 год)

4.1. Системи оптичних телескопів, принципи їх будови й роботи (30 год)

Теоретична частина. Лінзи та дзеркала в історії людства, розвиток геометричної оптики. Поява лінзового телескопа. Схеми рефракторів Галілея, Кеплера. Поява дзеркальних телескопів. Система Ньютона, Грегорі, Кассегрена, Ломоносова — Гершеля. Вади перших телескопів. Аберациї лінзових і дзеркальних систем. Ахроматичні об'єктиви, поява скляних дзеркал з алюмінієвим покриттям — революційні зрушення у телескопобудуванні. Сучасні дзеркальні системи Річі — Кретьєна, ширококутні дзеркально-лінзові системи Шмідта, система Максудова. Монтування телескопів (німецьке паралактичне, англійське, американське, альт-азимутальне). Телескопи четвертого покоління класу 8–10 м (тонкі дзеркала з активним розвантаженням, сегментні дзеркала). Адаптивна оптика. Оптичні інтерферометри. Дифракційне обмеження роздільної здатності. Космічні телескопи «HST», «Kepler», «JWST».

Практична частина. Побудова саморобного телескопа-рефрактора. Визначення параметрів телескопа — роздільної здатності та проникної здатності — під час спостережень подвійних зір та зоряних купчень.

4.2. Основи фотометрії, зоряні величини. Спектральний аналіз (24 год)

Теоретична частина. Основні фотометричні величини й закон обернених квадратів. Закон Вебера — Фехнера та формула Погсона, зоряні величини. Точність візуальної фотометрії та квантова ефективність ока. Спектр абсолютно чорного тіла, формула Планка. Показники кольору. Призмовий спектрограф, дифракційна ґратка. Відкриття темних ліній у спектрі зір і Сонця. Спектральна класифікація зір. Ефект Доплера. Спектрально подвійні зіри.

Практична частина. Обчислення радіальної швидкості зорі за спектрограмами. Оцінювання блиску зорі за спостереженнями неозброєним оком, спостереження за міридами, побудова кривої блиску.

4.3. Приймачі випромінювання: фотографія, фотоелектронні помножувачі (ФЕП), прилад із зарядовим зв'язком (ПЗЗ) (27 год)

Теоретична частина. Око людини як світлоприймач. Фотографія в астрономії, фотографічні зоряні величини. Фотоефект зовнішній і внутрішній. ФЕП: принципи роботи й використання в астрономії, переваги у порівнянні з фотографією. Фотоелементи в астрономії. Поява твердотілих приймачів: ПЗЗ-камера — революція у спостережній астрономії.

Практична частина. Вимірювання блиску зорі за архівними фотографічними платівками. Оброблення спостережень блиску астероїда за даними ФЕП-вимірювань, побудова кривої блиску. Оброблення ПЗЗ-знімків, отримання кольорових знімків туманностей.

4.4. Радіотелескопи, інфрачервона (ІЧ) та ультрафіолетова (УФ) астрономія (24 год)

Теоретична частина. Відкриття К. Янським космічного радіовипромінювання. Перші радіотелескопи та винайдення принципу радіоінтерферометрії. Нетеплові механізми випромінювання, показник спектра. Приймачі радіовипромінювання. Радіотелескопи у різних діапазонах радіохвиль: «ALMA», «VLBI», «Arecibo», «FAST-500», «SKA», «NenuFAR», «УТР-2». Радарні спостереження Місяця, планет Сонячної системи, астероїдів. Апертурний синтез, телескоп горизонту подій, радарні синтезованою апертурою. Дослідження реліктового випромінювання «KA Planck», «WMAP». Приймачі ІЧ-випромінювання, інфрачервоні астрономічні супутники «IRAS», «Spitzer», «Akari», «WISE», можливості «JWST». Приймачі УФ-випромінювання, астрономічний супутник «FUSE».

Практична частина. Розшифровування радарного зображення астероїда.

4.5. Детектори високоенергетичних частинок, супутники для рентгенівської та гамма-астрономії. Детектори космічних променів і нейтрино (27 год)

Теоретична частина. Рентгенівські телескопи, схема та принципи дії. Супутники «Chandra X-ray Observatory», «XMM-Newton». Детектори частинок, сцинтиляційні приймачі у космосі, схема масок для точного визначення напрямку приходу гамма-квантів. Супутники «International Gamma Ray Astrophysics Laboratory», «Swift Gamma Ray Burst Explorer», «Spektr-RG». Ефект Вавілова — Черенкова в астрономії. Детектори космічних променів, широких атмосферних злив та частинок високих енергій («Pierre Auger Observatory», «IceCube»). «Alphamagnetic Spectrometer» на МКС. Астрономічні нейтрино на детекторі «Super-Kamiokande».

Практична частина. Робота із даними на порталі «Virtual Roentgen and Gamma Observatory in Ukraine».

4.6. Гравітаційно-хвильова астрономія (9 год)

Теоретична частина. Поняття про гравітаційні хвилі у загальній теорії відносності. Лазерні інтерферометри як обсерваторії гравітаційних хвиль. Шуми у гравітаційно-хвильових спостереженнях. Характеристики «LIGO», «VIRGO», «KAGRA». Подія GW170817. Гравітаційно-хвильовий фон Всесвіту та пульсарний таймінг.

Практична частина. Розрахунок часу злиття пари нейтронних зір у подвійній системі подвійного пульсара Тейлора – Халса.

Розділ 5. Презентація як форма представлення результатів наукового дослідження. Підсумок (9 год)

Теоретична частина. Презентація результатів науково-дослідницької роботи (проєкту). Постер і вимоги до нього. Мультимедійна презентація. Наукова доповідь і вимоги до неї.

Практична частина. Розроблення постера, презентації. Підготовка доповіді. Підсумкова конференція вихованців гуртка. Обговорення висупів, підбиття підсумків роботи гуртка за рік.

ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ

У вихованців мають сформуватися такі компетентності:

- *пізнавальна:* засвоєння основних знань про небесну механіку, оскуляційну орбіту, величини, що зберігаються, проблемами моделювання руху небесних тіл на великі проміжки часу, про задачі та методи спостережної астрономії; сформоване уявлення про взаємозв'язок астрономії з фізикою, технічні характеристики телескопів, обмеження космічних обсерваторій, максимальну чутливість астрономічних приладів, закони ідеального газу та відхилення від них у надрах масивних зір;
- *практична:* застосування навичок розв'язування задач, обчислення похибки вимірювання, узагальнення і систематизування набутих знань; дотримання правил безпеки життєдіяльності під час занять, практичних робіт та екскурсій, роботи за комп'ютером; розвиток практичних умінь, навичок проведення лабораторних робіт, пошуку наукової літератури та добирання джерел для дослідницької роботи;
- *творча:* застосування творчих і мовленнєвих здібностей; здатність до пошуку нестандартних рішень;
- *соціальна:* дотримання норм культури міжособистісної взаємодії; розвиток моральних якостей; сформована громадянська позиція; уміння організувати власну діяльність; дотримання правил етики співробітництва.

Вищий рівень, другий рік навчання НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

Розділ, тема	Кількість годин		
	теоретичних	практичних	усього
Вступ	3	—	3
Розділ 1. Фізика зір і планет	54	9	63
1.1. Планети й зорі. Основні характеристики та їх формування	18	3	21
1.2. Внутрішня будова планет земної групи та планет-гігантів. Суперземлі у позасонячних планетних системах. Планетні системи навколо інших зір	18	3	21
1.3. Внутрішня будова зір. Джерела енергії, перенесення енергії, конвекція. Кінцеві стадії еволюції	18	3	21
Розділ 2. Фізика міжзоряного середовища (МЗС)	42	15	57
2.1. Склад і хімія міжзоряного середовища. Основні компоненти МЗС.	18	3	21
2.2. Зореутворення	12	6	18
2.3. Космічні промені, нагрівання й охолодження МЗС	12	6	18
Розділ 3. Галактики та зоряні системи	57	15	72
3.1. Класифікація галактик. Утворення галактик у ранньому Всесвіті	12	3	15
3.2. Зоряна динаміка, газ зір без зіштовхувань, розподіл швидкостей руху зір	18	3	21
3.3. Будова й основні характеристики спіральних галактик	9	3	12
3.4. Еліптичні галактики. Скупчення галактик. Проблема темної матерії	9	3	12
3.5. Припливна взаємодія галактик. Еволюція галактик	9	3	12
Розділ 4. Космологія	63	21	84
4.1. Уявлення про Всесвіт і його еволюцію. Моделі еволюції Всесвіту	21	6	27

4.2. Ньютонівська космологія. Гарячий Всесвіт і Великий вибух. Нуклеосинтез	18	6	24
4.3. Загальна теорія відносності та космологія. Рівняння Фрідмана. Стандартна космологічна модель	18	6	24
4.4. Проблеми теорії Великого вибуху. Інфляційна модель	6	3	9
Розділ 5. Основи науково- дослідницької діяльності	10	32	42
5.1. Розроблення основних напрямів дослідження. Мета і завдання дослідження	4	8	12
5.2. Теоретичні методи наукового пізнання	3	6	9
5.3. Підготовка, оформлення та представлення науково-дослідницької роботи	3	6	9
5.4. Конкурси й екскурсії	—	12	12
Підсумок	—	3	3
Разом	229	95	324

ЗМІСТ ПРОГРАМИ

Вступ (3 год)

Теоретична частина. Сучасний стан розвитку астрофізики та космології. Інструктаж з безпеки життєдіяльності. Організаційні питання.

Розділ 1. Фізика зір і планет (63 год)

1.1. Планети й зорі. Основні характеристики та їх формування (21 год)

Теоретична частина. Основи будови Сонячної системи, планети земної групи, газові гіганти та льодяні гіганти, популяції малих тіл. Межа між планетами та зорями, залежність між масою та розміром тіла. Маси, розміри, густини планет. Маси, розміри та температури зір, фізичний зміст спектральної класифікації зір. Діаграма Герцшпрунга – Рассела. Формування зір і планет із газопилових хмар. Сучасні дані ІЧ-супутників про формування зір і планет. Дані «ALMA» про протопланетні диски. Спектр мас зір. Коричневі карлики. Сучасні погляди на теорію формування планет. Еволюція зір, треки на діаграмі залежності між спектральним

класом і світністю зір (діаграмі «спектр — світність»), еволюція подвійних зір. Кінцеві стадії еволюції зір, викид речовини у міжзоряне середовище.

Практична частина. Визначення спектрального класу зорі за її спектром. Розрахунок максимально можливої світності зорі (межа Еддінгтона) та оцінювання мінімально можливої маси зорі (межа Кумара). Оцінювання тиску та температури у надрах Сонця.

1.2. Внутрішня будова планет земної групи та планет-гігантів. Суперземлі у позасонячних планетних системах. Планетні системи навколо інших зір (21 год)

Теоретична частина. Загальний огляд планет земної групи. Дані сейсмології про внутрішню будову Землі, Місяця, Марсу. Гравіметричні дані про будову планет. Проблеми рівняння стану для планет земної групи. Огляд властивостей планет-гігантів. Проблема металічного водню для Юпітеру. Генерація магнітного поля планет, магнітосфери, взаємодія із сонячним вітром. Планети й планетні системи навколо інших зір. Методи відкриття та дослідження позасонячних планет. Особливості суперземель. Проблеми теорій утворення планет під час аналізу орбітальної архітектури позасонячних систем. Еволюція планет різної маси.

Практична частина. Розрахунок ймовірності віднайдення нової екзопланети, що обертається навколо випадкової зорі. Опрацювання наукової літератури.

1.3. Внутрішня будова зір. Джерела енергії, перенесення енергії, конвекція. Кінцеві стадії еволюції (21 год)

Теоретична частина. Цикли термоядерних перетворень, протон-протонний цикл, CNO-цикл. Роль слабких взаємодій і квантового тунельного ефекту. Перенесення енергії: конвекція, променеве перенесення. Будова Сонця. Зміна внутрішньої будови із часом. Зоряні атмосфери, зоряний вітер. Пульсаційна нестійкість, цефеїди. Гравітаційний колапс, білі карлики, нейтронні зорі, чорні діри. Еволюція тісних подвійних систем. Обмін масою. Наднові зорі типу Ia. Наднові зорі з колапсом ядра.

Практична частина. Розрахунок енергій протонів у надрах Сонця, порівняння із кулонівським бар'єром.

Розділ 2. Фізика міжзоряного середовища (МЗС) (57 год)

2.1. Склад і хімія міжзоряного середовища. Основні компоненти МЗС (21 год)

Теоретична частина. Компоненти та складники МЗС. Хімічний склад газу МЗС. Температура і густина міжзоряного газу, гарячий і холодний складники. Динаміка газу в галактиках. Молекули у МЗС, радіолінія 21 см

водню. Лазерне випромінювання. Міжзоряний пил, пилові туманності. Поляризація випромінювання на пиловому складнику, ефект Фарадея, міжзоряне магнітне поле. Теплова нестійкість МЗС, зони йонізованого водню (H II). Корональний газ у галактиках та їх скупченнях.

Практична частина. Аналізування зображень туманностей різного типу. Оцінювання обертового моменту міжзоряного поля на металеву пилінку.

2.2. Зореутворення (18 год)

Теоретична частина. Гігантські молекулярні хмари, філаменти. Ядра зореутворення, спостережені прояви молодого протозоряного об'єкта, його еволюція. Нестійкість Джинса. Цикл зореутворення, перетворення газу в циклі зореутворення. Темп зореутворення у галактиках, оцінки за спектральними даними цього темпу.

Практична частина. Розрахунок джінсівської маси для диска навколо зорі HL Tau. Порівняння зображень галактик із різним темпом зореутворення.

2.3. Космічні промені, нагрівання й охолодження МЗС (18 год)

Теоретична частина. Спектр і склад космічних променів. Космічні промені надвисокої енергії. Обрізання Грейзена — Зацепіна — Кузьміна. Проблема прискорення частинок космічних променів, модель Фермі. Передавання енергії променів газу МЗС. Нагрівання та йонізація газу, вплив УФ-, рентгенівського та гамма-випромінювання зір, ударні хвилі. Охолодження МЗС, рекомбінаційне випромінювання, випромінювання у лініях.

Практична частина. Оцінювання енергії космічних променів, високоенергетичного випромінювання зір в одиниці об'єму МЗС.

Розділ 3. Галактики та зоряні системи (72 год)

3.1. Класифікація галактик. Утворення галактик у ранньому Всесвіті (15 год)

Теоретична частина. Класифікації Е. Габбла та Ж. де Вокулера, їх модифікації. Зміна спостережних характеристик і типів галактик вздовж «камертона» Габбла. Відсоток галактик різних типів. Моделі утворення галактик, «млинці» Зельдовича.

Практична частина. Класифікація галактик у проєкті «GalaxyZOO».

3.2. Зоряна динаміка, газ зір без зіштовхувань, розподіл швидкостей руху зір (21 год)

Теоретична частина. Уявлення про зорі у галактиках як газ частинок, що не зіштовхуються. Довжина вільного пробігу зорі у різних частинах Галактики. Оцінювання темпу тісних зближень, поняття релакса-

ції системи. Рух зір у нашій Галактиці, дисперсія швидкостей зір різних типів. Еліпсоїдальний закон розподілу швидкостей.

Практична частина. Розрахунок часу між зіткненнями зір у кулястому зоряному скупченні та на околиці Сонця.

3.3. Будова й основні характеристики спіральних галактик (12 год)

Теоретична частина. Спіральні галактики, маси, світності, частка газопилового складника. Криві обертання. Характеристики спіралей. Теорія спіральних рукавів як хвиль густини.

Практична частина. Оцінювання характеристик спіралей галактики M101. Порівняння світності ядра та спіралей галактик типу Sa та Sc.

3.4. Еліптичні галактики. Скупчення галактик. Проблема темної матерії (12 год)

Теоретична частина. Маси, світності, зоряний склад галактик E-типу. Галактики-гіганти типу cD, методи оцінювання маси E-галактик. Скупчення галактик. Оцінювання маси речовини за світністю та динамічними властивостями (теорема віріалу). Виявлення темної матерії. Проблема малих супутників галактик. Темп росту первинних збурень густини без темної матерії.

Практична частина. Розрахунок маси скупчення у сузір'ї Волосся Вероніки за світністю та теореомою віріалу.

3.5. Припливна взаємодія галактик. Еволюція галактик (12 год)

Теоретична частина. Морфологічні каталоги галактик. Формування ідеї про припливні взаємодії. Поява роботи братів Тумре, де вперше було продемонстровано вплив припливної взаємодії на формування видовжених викидів. Поведінка газу та зір у разі припливної взаємодії. Прояви припливної взаємодії. Формування еліптичних галактик у процесі злиття спіральних галактик. Процес мержингу. Активні ядра галактик, класифікація, механізми акреції, надмасивні чорні діри у центрах галактик. Спектр світності галактик, зміна із червоним зміщенням темпу зореутворення та долі спіральних галактик.

Практична частина. Розрахунок часу між зближеннями галактик. Оцінювання впливу припливного прискорення на кулясте зоряне скупчення M31 з боку нашої Галактики та з боку M31.

Розділ 4. Космологія (84 год)

4.1. Уявлення про Всесвіт і його еволюцію. Моделі еволюції Всесвіту (27 год)

Теоретична частина. Історія космологічних уявлень у минулому столітті. Виявлення великомасштабної структури Всесвіту. Сучасні дані

з «SDSS». Галактики із максимальним червоним зміщенням. Динаміка розширення Всесвіту, закон Габбла, прискорене розширення. Критична густина. Геометрія Всесвіту. Парадокс Ольберса, гравітаційний парадокс.

Практична частина. Пошук у літературі відомостей про найвіддаленіші галактики. Розрахунок за законом Габбла відстані до галактики за її червоним зміщенням. Вплив спеціальної теорії відносності на формулу для червоного зміщення.

4.2. Ньютонівська космологія. Гарячий Всесвіт та Великий вибух. Нуклеосинтез (24 год)

Теоретична частина. Г. Гамов і модель гарячого Всесвіту. Первинний нуклеосинтез, реліктове випромінювання, епоха рекомбінації. Анізотропія реліктового випромінювання. Спектр кутових флуктуацій. Баріонна асиметрія Всесвіту.

Практична частина. Визначення положення головного максимуму у спектрі кутових флуктуацій реліктового випромінювання. Оцінювання ступеня баріонної асиметрії.

4.3. Загальна теорія відносності та космологія. Рівняння Фрідмана. Стандартна космологічна модель (24 год)

Теоретична частина. Фізичний зміст загальної теорії відносності, рівняння Ейнштейна. Рішення Фрідмана. Рівняння енергії, руху, нерозривності для однорідно заповненого речовиною ізотропного Всесвіту. Роль космологічної сталої. Основні параметри стандартної космологічної моделі за результатами «KA Planck». Різниця у визначенні сталої Габбла за надновим та реліктовим випромінюваннями як можливий прояв нової фізики.

Практична частина. Аналіз зміни із часом величин параметрів стандартної космологічної моделі за науковими статтями останніх 40 років.

4.4. Проблеми теорії Великого вибуху. Інфляційна модель (9 год)

Теоретична частина. Проблеми горизонту, сингулярності, евклідовості, великомасштабної однорідності та ізотропії, первинних флуктуацій, баріонної асиметрії. Вирішення цих проблем інфляційним роздуванням. Спостережні передбачення теорії інфляції, В- та Е-моди реліктового випромінювання. Роботи приладу «BICEP» на Південному полюсі. Можливість виявлення реліктових гравітаційних хвиль в експерименті «LISA».

Практична частина. Порівняння зображень «BICEP» та «Planck» для виявлення В-моди у поляризації реліктового випромінювання.

Розділ 5. Основи науково-дослідницької діяльності (42 год)

5.1. Розроблення основних напрямів дослідження. Мета і завдання дослідження (12 год)

Теоретична частина. Актуальні проблеми сучасної астрономії. Алгоритм роботи з джерелами наукової інформації. Аналіз і критичне оцінювання відомої інформації з теми дослідження. Принципи академічної доброчесності. Тема, об'єкт, предмет, мета і завдання дослідження.

Практична частина. Визначення теми, об'єкта, предмета, мети й завдань дослідження. Пошук наукової інформації з теми дослідження.

5.2. Теоретичні методи наукового пізнання (9 год)

Теоретична частина. Аналіз, синтез, індукція як методи наукового пізнання. Роль математичних методів під час побудови теоретичних моделей астрономічних явищ.

Практична частина. Визначення методів дослідження відповідно до обраної теми. Використання комп'ютерних навчальних програм для побудови моделі фізичних процесів. Розв'язування задач.

5.3. Підготовка, оформлення та представлення науково-дослідницької роботи (9 год)

Теоретична частина. Аналіз та опрацювання теоретичного матеріалу і результатів спостережень, експериментів. Вимоги до оформлення дослідницької роботи. Правила оформлення цитувань і списку використаних джерел, коректне зазначення авторства використаних зображень. Поняття про академічну доброчесність. Види порушень академічної доброчесності. Основні принципи розроблення постера та мультимедійної презентації.

Практична частина. Оформлення дослідницької роботи. Підготовка презентації та розроблення постера за результатами дослідження.

5.4. Конкурси й екскурсії (12 год)

Практична частина. Екскурсія до астрономічної обсерваторії, планетарію. Участь у конкурсах, круглих столах, інших тематичних заходах.

Підсумок (3 год)

Практична частина. Підсумкова науково-практична конференція вихованців гуртка. Підбиття підсумків роботи гуртка.

ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ

У вихованців мають сформуватися такі компетентності:

- *пізнавальна*: засвоєння понять про природу галактик, їх еволюцію та виникнення, сумісне формування зір і планет, цикл перетворення газу у галактиках, закон Габбла, еволюційні моделі Всесвіту; уявлення про розв'язання рівнянь Ейнштейна; сформований інтерес до наукового пізнання природничих явищ і процесів, пошукової, аналітичної діяльності; ознайомлення з особливостями науково-дослідницької роботи;
- *практична*: використання самостійно набутих знань для виконання навчальних завдань; проведення спостережень у межах дослідження астрономічних явищ; здійснення опрацювання та узагальнення результатів спостережень; розвиток навичок написання та оформлення дослідницької роботи, підготовки матеріалів науково-дослідницьких робіт до публікації, представлення результатів власних досліджень;
- *творча*: набуття досвіду самостійного, критичного, творчого, аналітичного мислення, уміння творчо підходити до розв'язання різних навчальних завдань;
- *соціальна*: виховання громадянської свідомості; розуміння соціальної ролі природничих наук; використання знань з фізики для вирішення завдань, пов'язаних із реальними об'єктами природи та техніки; уміння орієнтуватися в технологізованому світі.

ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ

Обладнання, прилади	Кількість, шт.
Комп'ютер	за кількістю вихованців
Мультимедійний проектор	1
Інтерактивна дошка	1
Принтер	1
Телескоп шкільний	1

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вавілова І. Б. Великомасштабна структура Всесвіту: спостереження і методи дослідження : навч. посіб. до спецкурсу «Позагалактична астрономія». Київ : РБЦ «Київський університет», 1998. 107 с. URL: <ftp://ftp.mao.kiev.ua/pub/irivav/Vavilova-Large-Scale-Structure-Universe.pdf> (дата звернення: 07.09.2023).
2. Вавілова І. Б., Кудря Ю. М., Василенко А. А., Бабик Ю. В. Позагалактична астрономія. Книга 2. Галактики: багатохвильові властивості : навч. посіб. Київ : Наукова думка, 2023. 446 с.
3. Відьмаченко А. П., Мороженко О. В. Порівняльна планетологія : навч. посіб. Київ : ТОВ ДІА, 2013. 552 с. URL: <https://mao.kiev.ua/biblio/mono/2013%20Planetology%20KB.pdf> (дата звернення: 07.09.2023).
4. Головатий В. В., Мелех Б. Я., Гаврилова Н. В. Фізика світіння газових туманностей : навч. посіб. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2013. 130 с. URL: http://physics.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/Book_5_04_2013.pdf (дата звернення: 07.09.2023).
5. Жданов В. І. Вступ до теорії відносності : навч. посіб. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2008. 287 с.
6. Захожай В. А. Вступ до астрофізики та космогонії : навч. посіб. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 208 с. URL: https://karazinbook.com/sites/default/files/books/zahozhay_vesproba_2016.pdf (дата звернення: 07.09.2023).
7. Захожай В. А., Захожай О. В. Основи елементарної астрономії : навч. посіб. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. 232 с.
8. Івченко В. М., Решетник В. М. Радіоастрономія : навч. посіб. для студентів фізичного факультету. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2021. 248 с.
9. Климишин І. А., Гарбузов Г. О., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Астрономія : навч. посіб. Одеса : Астропринт, 2012. 352 с.
10. Кудря Ю. М., Вавілова І. Б. Позагалактична астрономія : навч. посіб. Книга 1 : Галактики: основні фізичні властивості. Київ : Наукова думка, 2016. 344 с.
11. Кузьменков С. Г. Збірник задач з теорії ймовірностей для фізиків. Херсон : Видавництво ХДПУ, 2002. 112 с.
12. Кузьменков С. Г. Зорі: астрофізичні задачі з розв'язанням : навч. посіб. Київ : Освіта України, 2010. 206 с.
13. Кузьменков С. Г., Сокол І. В. Сонячна система. Збірник задач : навч. посіб. Київ : Вища школа, 2007. 167 с.

14. Новосядлий Б. С. Структура й еволюція Всесвіту : навч. посіб. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 159 с. URL: <https://astro.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/10/sev.pdf> (дата звернення: 07.09.2023).
15. Панько О. О., Сергієнко О. Г. Загальна астрономія : навч. посіб. Одеса : ОНУ ім. І. І. Мечникова, 2020. 128 с. URL: http://dSPACE.onu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/32243/1/Paniko_Zag_Astronomy_.pdf (дата звернення: 07.09.2023).
16. Сферична астрономія : навч. посіб. для студентів спеціальностей «Науки про Землю» та «Геодезія та землеустрій» / Ф. Д. Заблоцький та ін. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. 152 с.
17. Тугай А. В. Рентгенівська астрономія. Методи отримання зображень, кривих блиску і спектрів за супутниковими спостереженнями. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2012. 44 с.
18. Чолій В. Вступ до небесної механіки : посіб. для студентів. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2018. 244 с.
19. Чолій В. Я. Визначення орбіт. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2006. 104 с.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ, РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЛЯ ВИХОВАНЦІВ

1. Александров Ю. В. Небесна механіка : підручник для студентів астрономічних спеціальностей. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2003. 252 с.
2. Александров Ю. В., Шевченко В. Г. Астрофізика : підручник для студентів спеціальності «Фізика та астрономія» класичних університетів. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. 252 с.
3. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії : підручник. Одеса : Астропринт, 2010. 480 с. URL: http://astro-observ-odessa0.1gb.ua/chair/dat/kurs_astronomii.pdf (дата звернення: 07.09.2023).
4. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія. Харків : ПромАрт, 2019. 524 с. URL: <http://dSPACE.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/23748> (дата звернення: 07.09.2023).
5. Астрономічний енциклопедичний словник / за заг. ред. І. А. Климишина та А. О. Корсунь. Київ : ГАО НАН України ; Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2003. 548 с. URL: <https://astro.lnu.edu.ua/astro/> (дата звернення: 07.09.2023).
6. Віртуальний STEM-центр Малої академії наук України. URL: <https://stemua.science/> (дата звернення: 07.09.2023).

7. Дума Д. П. Загальна астрометрія : навч. посіб. Київ : Наукова думка, 2007. 600 с.
8. Євсюков М. М., Александров Ю. В. Хімія і геологія планет : навч. посіб. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2000. 190 с.
9. Інтерактивні симуляції для природничих наук і математики. URL: <https://phet.colorado.edu/uk/> (дата звернення: 07.09.2023).
10. Климишин І. А. Астрономія. Практикум. Львів : Світ, 1996. 248 с.
11. Климишин І. А. Релятивістська астрономія. Івано-Франківськ : Гостинець, 2007. 208 с.
12. Климишин І. А., Дубицький І. М. Основи космології. Івано-Франківськ : Івано-Франківський Теологічно-катехитичний духовний інститут, 1999. 147 с.
13. Климишин І. А., Тельнюк-Адамчук В. В. Шкільний астрономічний довідник : книга для вчителя. Київ : Радянська школа, 1990. 287 с.

ПОКЛИКАННЯ НА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Aladin Sky Atlas. URL: <https://aladin.cds.unistra.fr/> (дата звернення: 10.08.2023).
2. Educandy. URL: <https://www.educandy.com/> (дата звернення: 10.08.2023).
3. Flippity. URL: <https://www.flippity.net/> (дата звернення: 10.08.2023).
4. Google-meet. URL: [www.https://meet.google.com/](https://meet.google.com/) (дата звернення: 10.03.2023).
5. LabsLand. URL: <https://labsland.com/en> (дата звернення: 10.08.2023).
6. LearningApps. URL: <https://learningapps.org/index.php?overview&=&category=0&tool=> (дата звернення: 10.08.2023).
7. PhET Interactive Simulations. URL: <https://phet.colorado.edu/> (дата звернення: 10.08.2023).
8. Purposegames. URL: <https://www.purposegames.com/> (дата звернення: 10.08.2023).
9. Science Simulations and Games (SimPop). URL: <https://simpop.org/> (дата звернення: 10.08.2023).
10. Skype. URL: [www. https://www.skype.com/uk/](https://www.skype.com/uk/) (дата звернення: 10.08.2023).
11. Wolfram Mathematica 12. URL: <https://www.wolfram.com/mathematica/new-in-12/index.html.ru?footer=lang> (дата звернення: 10.08.2023).
12. WorldWibe Telescope. URL: <https://www.worldwidetelescope.org/home/> (дата звернення: 10.08.2023).
13. ZOOM. URL: <https://zoom.us/> (дата звернення: 10.08.2023).

О. А. Андрєєв, М. А. Віднічук

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА «ОСНОВИ ТЕОРІЇ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ВИНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ»

ВИЩИЙ РІВЕНЬ

«Схвалено для використання в освітньому процесі»

Рішення експертної комісії з позашкільної освіти від 29.03.2023

(протокол № 1)

*Зареєстровано у Каталозі надання грифів навчальній літературі
та навчальним програмам за № 8.0049-2023*

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Одним з результатів розвитку науки та високотехнологічних галузей у ХХ столітті є формування в економіках провідних країн світу механізму саморозвитку національних інноваційних систем, у межах яких зароджуються і реалізуються нові ідеї та технології. Ключовими навичками, які були необхідні в індустріальну епоху ХХ століття, визначалися: читання, письмо й арифметика. У ХХІ столітті акценти зміщуються в бік уміння критично мислити, здатності до взаємодії та комунікації, творчого підходу до справи.

На сьогодні основними напрямками діяльності є забезпечення трьох пріоритетів розвитку: науки, освіти та наукомісткого виробництва. Своєю чергою, щоби в еру високих технологій, автоматизації та роботизації багатьох звичних нам процесів залишатися потрібним фахівцем, необхідні нові уміння — здатність генерувати ідеї та навички винахідництва.

Навчальна програма «Основи теорії розв'язування винахідницьких задач» спрямована на організацію освітнього процесу в гуртках системи Малої академії наук, закладів позашкільної освіти України та проведення факультативних занять у закладах загальної середньої освіти, що сприятиме формуванню в учнів інтересу до STEM-освіти, забезпечуватиме розвиток творчої уяви й культури мислення.

Навчальна програма побудована на основі робіт Г. С. Альтшуллера — автора теорії розв'язування винахідницьких задач, а також М. Й. Меєровича і Л. І. Шрагіної — авторів інноваційної педагогічної технології «Випереджувальна педагогіка».

Метою навчальної програми є формування в учнів основних компетентностей (пізнавальної, практичної, творчої, соціальної) у процесі науково-дослідницької діяльності.

Для досягнення визначеної мети ставляться **завдання**, які сприяють формуванню таких компетентностей:

- *пізнавальної*: набувати здатності до системного сприйняття світу і прогнозування його розвитку через використання законів розвитку технічних систем та інших універсальних евристичних технологій, створених людством за останні століття, і формувати культуру мислення; опанувати знання про методи психологічної активізації пошуку нових розв'язків, прийоми розвитку творчої уяви, алгоритм розв'язування винахідницьких задач, основні закони розвитку технічних систем, основні поняття про винахід, методики формулювання та розв'язування дослідницьких задач, прогнозування і розвитку штучних систем, виявлення та прогнозування небажаних явищ;

- *практичної*: опанувати сучасні інноваційні технології зі створення принципово нових, конкурентоздатних технічних систем і виробничих технологій, навички збирання й аналізування науково-технічної інформації з використанням різних джерел, в тому числі мережі Інтернет, для визначення тенденцій розвитку технічних систем і прогнозування конкурентоздатних технічних рішень, технології постановки винахідницьких задач та їх розв'язання з використанням методу мозкового штурму, синектики, методу фокальних об'єктів, алгоритму розв'язування винахідницьких задач; набувати навичок проведення патентного пошуку та захисту інтелектуальної власності, здійснення науково-дослідницької роботи з використанням методики диверсійного аналізу для виявлення небажаних явищ і ефектів; засвоювати методику організації та проведення наукових досліджень і оформлення отриманих результатів у вигляді науково-дослідницької роботи;

- *творчої*: забезпечувати творчий пошук; набувати вміння вдосконалювати як технічні системи, що включені в програму навчання, так і технічні системи інших галузей науки й техніки, створювати та захищати інтелектуальну власність, користуватися сучасними інформаційними технологіями, методами та комп'ютерними програмами з організації науково-технічної творчості, застосовувати наукові відкриття для створення принципово нової техніки, шукати шляхи її вдосконалення і застосування в інших галузях, розвивати творче мислення;

- *соціальної*: формувати емоційно-ціннісне ставлення до себе та інших людей, вміння працювати в команді, розуміння взаємної залежності та впливу суспільства і природи, відповідальності за соціальні наслідки наукового прогресу; дотримуватися принципів етики в процесі наукового дослідження.

Програма розрахована на два роки навчання на вищому рівні:

1-й рік — 324 год (9 год на тиждень);

2-й рік — 324 год (9 год на тиждень).

Програма може використовуватися під час проведення занять у групах індивідуального навчання, які організуються відповідно до Положення про порядок організації індивідуальної та групової роботи в позашкільних навчальних закладах, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України від 11.08.2004 р. № 651 (зі змінами, внесеними згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 10.12.2008 р. № 1123), а також факультативних занять.

У програмі передбачено формувальне і підсумкове оцінювання знань і набуття практичних навичок.

Вищий рівень, перший рік навчання НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№ з/п	Тема	Кількість годин		
		теоретичних	практичних	усього
1.	Вступ	2	1	3
2.	Науково-технічна творчість	2	1	3
3.	Інтелектуальні ідеї в історії винахідництва	3	3	6
4.	Методи психологічної активізації пошуку нових розв'язків практичних задач	9	9	18
5.	Методи систематичного перебору варіантів	3	6	9
6.	Генетичний аналіз технічних систем	2	4	6
7.	Теорія розв'язування винахідницьких задач (ТРВЗ)	3	—	3
8.	Алгоритм розв'язування проблемних ситуацій (АРПС)	8	16	24
9.	Ідеальний кінцевий результат (ІКР)	2	10	12
10.	Фізичне протиріччя та його зміст	2	10	12
11.	Прийоми розвитку уяви	15	15	30
12.	Алгоритм розв'язування винахідницьких задач (АРВЗ-85-В)	12	24	36

№ з/п	Тема	Кількість годин		
		теоретичних	практичних	усього
13.	Метод моделювання маленькими чоловічками (ММЧ)	6	12	18
14.	Винахідницькі задачі	9	15	24
15.	Речовинно-польові ресурси та їх застосування в розв'язуванні технічних задач	12	15	27
16.	Прийоми розв'язування задач та усунення технічних протиріч	9	15	24
17.	Застосування законів природи для розв'язування винахідницьких задач	12	12	24
18.	Основи науково-дослідницької роботи	15	9	24
19.	Винахідництво	6	12	18
20.	Підсумок	—	3	3
Разом		132	192	324

ЗМІСТ ПРОГРАМИ

1. Вступ (3 год)

Теоретична частина. Мета і завдання роботи гуртка. План роботи на навчальний рік. Організаційні питання.

Практична частина. Знайомство. Опитування з метою визначення рівня підготовленості вихованців.

2. Науково-технічна творчість (3 год)

Теоретична частина. Поняття науково-технічної творчості. Роль винаходів. Вплив творчої особистості на економічний і науково-технічний розвиток.

Практична частина. Пошук інформації про відомих винахідників.

3. Інтелектуальні ідеї в історії винахідництва (6 год)

Теоретична частина. Видатні винаходи та ідеї у галузі електров'язку й інших галузях. Видатні українські вчені.

Практична частина. Реферативно-дослідницька робота.

4. Методи психологічної активізації пошуку нових розв'язків практичних задач (18 год)

Теоретична частина. Метод перебору варіантів, його неефективність і непридатність у сучасних умовах існування людства. Розвиток творчої уяви (РТУ). Асоціації та асоціативне мислення.

Практична частина. Метод мозкового штурму та його модифікації. Синектика. Метод фокальних об'єктів.

5. Методи систематичного перебору варіантів (9 год)

Теоретична частина. Метод фокальних об'єктів (МФО). Аналогія. Морфологічний аналіз.

Практична частина. Практикум з розв'язування задач.

6. Генетичний аналіз технічних систем (6 год)

Теоретична частина. Поняття технічної системи. S-подібний розвиток технічних систем. Задача Робінзона. Основні закони розвитку технічних систем.

Практична частина. Реферативно-дослідницька робота.

7. Теорія розв'язування винахідницьких задач (ТРВЗ) (3 год)

Теоретична частина. Історія виникнення та розвитку ТРВЗ. Основні засади ТРВЗ. Усунення протиріч усередині технічної системи.

8. Алгоритм розв'язування проблемних ситуацій (АРПС) (24 год)

Теоретична частина. Системний аналіз проблеми та пошук способу її розв'язання.

Практична частина. Формування культури мислення вихованців через засвоєння кроків алгоритму розв'язування проблемних ситуацій.

Проблемні ситуації: крок 1 – «Лампа Бабакіна»; крок 2 – «Голка для хірургічних операцій»; крок 3 – «Радіостанція для альпіністів»; крок 4 – «Про температуру хімічного розчину».

9. Ідеальний кінцевий результат (ІКР) (12 год)

Теоретична частина. ІКР, пошук ресурсів усередині системи.

Практична частина. Проблемні ситуації: крок 5 – «Мішалка для розплаву сталі»; крок 6 – «Про загартування металевої деталі».

10. Фізичне протиріччя та його зміст (12 год)

Теоретична частина. Поняття фізичного протиріччя та його зміст.

Практична частина. Проблемні ситуації: крок 7 – «Технічний водогін»; крок 8 – «Запаювання ампул»; крок 9 – «Вентиляція бурту бавовни».

Розв'язування задач.

11. Прийоми розвитку уяви (30 год)

Теоретична частина. Прийоми психологічної активізації на основі образного мислення. Казка-калька. «Ялинка асоціацій». «Біном фантазії». Через логіку до уяви (алгоритм виконання логічних вправ). Методи конструювання нових ідей: поверхове конструювання; конструювання за прийомами; оператор «розмір, вартість, час»; уявна планета, метод тенденцій.

Практична частина. Практикум з розвитку творчої уяви.

12. Алгоритм розв'язування винахідницьких задач (АРВЗ-85-В) (36 год)

Теоретична частина. Аналіз ситуації. Постановка винахідницької задачі. Поняття X-елемента. Аналіз моделі задачі. Визначення оперативної зони (ОЗ). Визначення оперативного часу (ОЧ). Формулювання фізичного протиріччя (ФП) й ідеального кінцевого результату (ІКР). Мобілізація і застосування РПР. Застосування інформфонду. Зміна або заміна задачі.

Аналіз способу усунення ФП. Застосування отриманої відповіді. Аналіз перебігу розв'язування.

Практична частина. Практикум з розв'язування задач. Вправи на розвиток творчої уяви.

13. Метод моделювання маленькими чоловічками (ММЧ) (18 год)

Теоретична частина. Історія виникнення та основні засади методу моделювання маленькими чоловічками (ММЧ).

Практична частина. Практикум з розв'язування задач: «Встановлення радіоелектронних елементів на друковану плату», «Центрифуга», «Дозатор рідини», «Про замерзання водостічних труб», «Про герметизацію кабіни стратостата», «Про очищення великої кількості курячих яєць». Вправи на розвиток творчої уяви.

14. Винахідницькі задачі (24 год)

Теоретична частина. Поняття винахідницьких задач, основні способи їх розв'язання.

Практична частина. Практикум з розв'язування задач: «Перевезення шлаку», «Запилування квітів», «Макет парашута», «Про виявлення бактерій». Вправи на розвиток творчої уяви.

15. Речовинно-польові ресурси та їх застосування в розв'язуванні технічних задач (27 год)

Теоретична частина. Репольний аналіз. Методи й прийоми репольного аналізу. Поняття ресурсу. Властивості речовини як ресурсу. Поняття «поле» і його застосування як засобу передавання інформації та енергії. Стандарти розв'язування винахідницьких задач. Побудова реполью. Ланцюжковий реполь. Комплексний реполь. Система стандартів.

Практична частина. Практикум з розв'язування задач. Вправи на розвиток творчої уяви.

16. Прийоми розв'язування задач та усунення технічних протиріч (24 год)

Теоретична частина. Таблиця прийомів розв'язування задач. Правила практичного використання таблиці.

Практична частина. Практикум з розв'язування задач із застосуванням таблиці прийомів. Вправи на розвиток творчої уяви.

17. Застосування законів природи для розв'язування винахідницьких задач (24 год)

Теоретична частина. Застосування фізичних ефектів. Використання довідника ефектів. Застосування хімічних ефектів. Застосування геометричних ефектів. Застосування методів біоніки, біоінженерії, біокібернетики тощо для розв'язання сучасних технічних проблем. Прогнози розвитку галузей у XXI столітті.

Практична частина. Розв'язування задач. Вправи на розвиток творчої уяви.

18. Основи науково-дослідницької роботи (24 год)

Теоретична частина. Науково-дослідницька робота (проект) та її компоненти. Загальна структура учнівської дослідницької роботи. Зміст структурних розділів роботи, основні положення, що в них відбиті. Методика організації та проведення науково-дослідницької роботи. Основні вимоги до її написання й оформлення. Основні напрями сучасних наукових досліджень у винахідництві, зв'язок з фундаментальною наукою та практичними потребами.

Практична частина. Обрання теми, об'єкта і предмета наукових досліджень, критерії та доцільність такого вибору. Актуальність обраної теми науково-дослідницької роботи (проєкту). Визначення загальної мети й конкретних завдань наукового дослідження. Пошук і збирання

інформації. Аналіз інформації. Формулювання завдання. Проведення дослідження. Висновки. Оформлення роботи.

19. Винахідництво (18 год)

Теоретична частина. Основні поняття. Проведення патентного пошуку. Правила складання заявки на винахід. Опис і формула винаходу. Виявлення аналога і прототипу. Робота з патентними фондами.

Практична частина. Практикум з оформлення заявки на винахід.

20. Підсумок (3 год)

Практична частина. Презентації ідей і проєктів. Підбиття підсумків роботи гуртка за навчальний рік.

ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ

Вихованці мають знати:

- методи психологічної активізації пошуку нових розв'язків;
- прийоми розвитку творчої уяви;
- алгоритм розв'язування винахідницьких задач;
- основні закони розвитку технічних систем, основні поняття про винахід.

Вихованці мають уміти:

- розв'язувати задачі з використанням методу мозкового штурму, синектики, методу фокальних об'єктів, алгоритму розв'язування винахідницьких задач;
- застосовувати стандарти розв'язування винахідницьких задач;
- використовувати довідники фізичних, хімічних, геометричних ефектів;
- володіти методикою організації та проведення науково-дослідницької роботи;
- проводити патентний пошук і скласти заявку на винахід.

У вихованців мають сформуватися такі компетентності:

пізнавальна:

- здатність до системного сприйняття світу та прогнозування його розвитку через використання законів розвитку технічних систем та інших універсальних евристичних технологій, створених людством за останні століття;

- здатність використовувати на практиці методи психологічної активізації пошуку нових розв'язків, прийоми розвитку творчої уяви, алгоритм розв'язування винахідницьких задач;

практична:

- здатність до самостійного опрацювання наукових джерел, поглиблення знань і розширення кругозору;
- здатність до застосування сучасних інноваційних технологій зі створення принципово нових, конкурентоздатних технічних систем і виробничих технологій;
- здатність до збирання й аналізування науково-технічної інформації з використанням різних джерел, в тому числі мережі Інтернет, для визначення тенденцій розвитку технічних систем і прогнозування конкурентоздатних технічних рішень;
- здатність до використання технологій постановки винахідницьких задач та їх розв'язання із застосуванням методу мозкового штурму, синектики, методу фокальних об'єктів, алгоритму розв'язування винахідницьких задач;

творча:

- здатність до творчого виконання науково-дослідницької роботи;
- здатність до вдосконалення технічних систем;
- здатність до проведення дослідження з урахуванням законів розвитку технічних систем і методики диверсійного аналізу;
- здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі, обирати належні напрями й відповідні методи для їх розв'язання;
- здатність працювати з комп'ютерними програмами для організації науково-технічної творчості, застосовувати наукові відкриття для створення принципово нової техніки, шукати шляхи її вдосконалення і застосування в інших галузях;

соціальна:

- здатність формувати емоційно-ціннісне ставлення до себе та інших людей;
- вміння працювати в команді;
- розуміння відповідальності за соціальні наслідки наукового прогресу;
- дотримання принципів етики під час проведення наукового дослідження.

Вищий рівень, другий рік навчання НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№ п/п	Тема	Кількість годин		
		теоретичних	практичних	усього
1.	Вступ	3	—	3
2.	Закони розвитку технічних систем	21	54	75
3.	Згортання системи	3	9	12
4.	Основи науково-дослідницької діяльності	3	9	12
5.	Прогнозування розвитку систем	12	24	36
6.	Дослідницькі задачі: методика формулювання та розв'язання	9	63	72
7.	Винахідництво	9	30	39
8.	Прогнозування небажаних явищ (диверсійний підхід)	15	39	54
9.	Вимоги до оформлення дослідницької роботи	3	15	18
10.	Підсумок	—	3	3
Разом		78	246	324

ЗМІСТ ПРОГРАМИ

1. Вступ (3 год)

Теоретична частина. Мета і завдання роботи гуртка. Правила безпеки життєдіяльності під час роботи за комп'ютером. План роботи на навчальний рік. Організаційні питання.

2. Закони розвитку технічних систем (75 год)

Теоретична частина. Закони розвитку технічних систем (ЗРТС) як основи теорії розвитку технічних систем (ТРТС). Закон повноти частин системи: формулювання та основні поняття. Критерії визначення ТС. Закон енергетичної провідності систем: формулювання та основні правила використання.

Закон узгодження ритміки: формулювання та основні поняття. Використання резонансу. Узгодження та розузгодження ритміки. Усунення або нейтралізація резонансу.

Закон підвищення ступеня ідеальності систем. Формулювання закону і правила його використання. Закон ідеальності й виникнення потреби та пов'язаний із цим процес збільшення головної корисної функції (ГКФ).

Закон динамізації технічних систем. Закон переходу в надсистему: формулювання закону й основні напрями утворення надсистем.

Практична частина. Розв'язування задач. Вправи на розвиток творчої уяви.

3. Згортання системи (12 год)

Теоретична частина. Загальний вигляд процесу згортання системи. Загальна схема розвитку ТС.

Практична частина. Розв'язування задач. Вправи на розвиток творчої уяви.

4. Основи науково-дослідницької діяльності (12 год)

Теоретична частина. Основні етапи наукового дослідження. Методи наукового дослідження, їх класифікація. Види інформаційних ресурсів і правила роботи з ними. Принципи роботи із джерелами наукової інформації.

Практична частина. Дослідження розвитку обраної технічної системи відповідно до ЗРТС.

5. Прогнозування розвитку систем (36 год)

Теоретична частина. Майбутнє комп'ютера. Майбутнє штучного інтелекту, медицини. Нанотехнології. Майбутнє космічних подорожей, енергії та енергетики.

Майбутнє людства: сутність поняття «багатство», майбутнє фінансів та фінансової системи.

Практична частина. Розв'язування задач із прогнозування розвитку систем.

6. Дослідницькі задачі: методика формулювання та розв'язання (72 год)

Теоретична частина. Формулювання початкової дослідницької задачі. Формулювання оберненої задачі. Паспортизація ресурсів. Пошук відомих розв'язків. Пошук необхідних ефектів. Пошук нових розв'язків.

Практична частина. Розв'язування задач: «Про електронно-обчислювальну машину», «Бальзам Шостаковського», «Про стратегічний бомбардувальник», «Вимірювання надмалих витрат рідини», «Задача про бетонобійний снаряд», «Задача про мікролюмінесценцію», «Дослідження спектра водню», «Розвантаження судна», «Виробництво бездимного пороху», «Магнітно-абразивний спосіб оброблення деталей». Дослідницька робота з обраної теми. Вправи на розвиток творчої уяви.

7. Винахідництво (39 год)

Теоретична частина. Основні поняття. Міжнародна класифікація винаходів. Проведення патентного пошуку. Правила складання заявки на винахід. Опис і формула винаходу. Виявлення аналога і прототипу. Робота з патентними фондами.

Практична частина. Практикум з оформлення заявки на винахід.

8. Прогнозування небажаних явищ (диверсійний підхід) (54 год)

Теоретична частина. Сутність диверсійного підходу. Діаграма Ісікави. Методики побудови. Методика проведення диверсійного аналізу. Формування оберненої задачі. Пошук відомих способів створення шкідливих явищ. Паспортизація і використання ресурсів. Пошук шкідливих ефектів в інформаційних фондах. Пошук шкідливих ефектів з допомогою методики прогнозу. Пошук нових розв'язків. Пошук можливостей підсилення шкідливих ефектів. Маскування шкідливих явищ. Аналіз виявлення шкідливих ефектів. Усунення шкідливих ефектів. Аналіз перебігу роботи.

Практична частина. Побудова діаграми Ісікави. Методика формування оберненої задачі. Аналітична робота з пошуку шкідливих ефектів. Виявлення негативних ефектів, що можуть виникнути в процесі експлуатації ТС. Усунення негативних ефектів.

9. Вимоги до оформлення дослідницької роботи (18 год)

Теоретична частина. Дослідницька робота як складова частина виконання науково-дослідницької роботи (проєкту). Основні елементи дослідницької роботи: вступ (актуальність теми, заявленої в назві наукової роботи; мета і завдання роботи; об'єкт і предмет дослідження, методи дослідження, їх обґрунтування; стан розроблення в науці поставленої проблеми; теоретичне і практичне значення роботи); розділи основної частини, які містять певні наукові положення; висновки; література; додатки.

Принципи академічної доброчесності. Правила оформлення цитат, посилань на зображення, списку використаних джерел.

Практична частина. Оформлення дослідницької роботи відповідно до вимог.

10. Підсумок (3 год)

Практична частина. Презентації ідей і проєктів. Підбиття підсумків роботи гуртка за навчальний рік.

ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ

Вихованці мають знати:

- наукову термінологію;
- закони розвитку технічних систем;
- методику формулювання та розв'язування дослідницьких задач;
- методику прогнозування і розвитку штучних систем;
- методику виявлення та прогнозування небажаних явищ.

Вихованці мають уміти:

- використовувати технології постановки винахідницьких задач та їх розв'язання;
- провадити науково-дослідницьку роботу з використанням методики диверсійного аналізу для виявлення небажаних явищ і ефектів;
- проводити патентний пошук і скласти заявку на винахід;
- здійснювати творчий пошук і вдосконалювати технічні системи;
- користуватися сучасними інформаційними технологіями, методами та комп'ютерними програмами для організації науково-технічної творчості;
- застосовувати наукові відкриття для створення принципово нової техніки, шукати шляхи її вдосконалення і застосування в інших галузях.

У вихованців мають сформуватися такі компетентності:

пізнавальна:

- здатність до системного сприйняття світу і прогнозування його розвитку через використання законів розвитку технічних систем та інших універсальних евристичних технологій, створених людством за останні століття;
- здатність використовувати на практиці методи психологічної активізації пошуку нових розв'язків, прийоми розвитку творчої уяви, алгоритм розв'язування винахідницьких задач, основні закони розвитку технічних систем, основні поняття про винахід, методики формулювання та розв'язування дослідницьких задач, прогнозування і розвитку штучних систем, виявлення та прогнозування небажаних явищ;

практична:

- здатність до самостійного опрацювання наукових джерел, поглиблення знань і розширення кругозору;
- здатність до застосування сучасних інноваційних технологій зі створення принципово нових, конкурентоздатних технічних систем і виробничих технологій;

- здатність до збирання й аналізування науково-технічної інформації з використанням різних джерел, в тому числі мережі Інтернет, для визначення тенденцій розвитку технічних систем і прогнозування конкурентоздатних технічних рішень;
- здатність до використання технологій постановки винахідницьких задач та їх розв'язання із застосуванням методу мозкового штурму, синектики, методу фокальних об'єктів, алгоритму розв'язування винахідницьких задач;
- здатність до проведення патентного пошуку та захисту інтелектуальної власності;

творча:

- здатність до творчого виконання науково-дослідницької роботи з використанням методики диверсійного аналізу для виявлення небажаних явищ і ефектів;
- здатність до використання методик організації та проведення наукових досліджень і оформлення отриманих результатів у вигляді науково-дослідницької роботи;
- здатність до вдосконалення технічних систем;
- здатність до проведення дослідження з урахуванням законів розвитку технічних систем і методики диверсійного аналізу;
- здатність формулювати нові гіпотези й наукові задачі, обирати належні напрями й відповідні методи для їх розв'язання;
- здатність працювати з комп'ютерними програмами для організації науково-технічної творчості, застосовувати наукові відкриття для створення принципово нової техніки, шукати шляхи її вдосконалення і застосування в інших галузях;

соціальна:

- здатність формувати емоційно-ціннісне ставлення до себе та інших людей;
- вміння працювати в команді;
- розуміння взаємної залежності та впливу суспільства і природи, відповідальності за соціальні наслідки наукового прогресу;
- дотримання принципів етики під час проведення наукового дослідження.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Віднічук М. А. Технології технічної творчості. Київ : Ред. загальнопед. газ., 2004. (Бібліотека «Шкільний світ». Фізика). Ч. 1. 112 с.
2. Віднічук М. А. Технології технічної творчості. Київ : Ред. загальнопед. газ., 2004. (Бібліотека «Шкільний світ». Фізика). Ч. 2. 120 с.
3. Віднічук М. А. Формування вмінь розв'язувати винахідницькі задачі в курсі фізики загальноосвітньої школи : дис. ... канд. пед. наук. Київ, 2005. 237 с.
4. Воловник П. В. Патон — гордість України! Харків : Видавничий будинок «ЖВЛ»; ПРАТ «Харківська книжкова фабрика "Глобус"», 2017. 560 с.
5. Довгий С. О. Видатні винаходи в галузі електров'язку. Київ : УкрІНТЕЛ, 2002. 344 с.
6. Кайку Мічіо. Фізика майбутнього / пер. з англ. А. Кам'янець. Львів : Літопис, 2013. 432 с.
7. Максименко С. Д., Меєрович М. Й., Шрагіна Л. І. Системне мислення: формування і розвиток : навч. посіб. Київ : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2020. 251 с.
8. Основи інтелектуальної власності : підручник для 10 кл. ЗНЗ / М. В. Паладій та ін. Київ : Прок-бізнес, 2008. 208 с.
9. Фізика та астрономія в школі. 2001. № 4.
10. Фізика та астрономія в школі. 2003. № 2.
11. Фізика та астрономія в школі. 2003. № 4.
12. Шендеровський В. Нехай не гасне світ науки. Кн. I. Київ : Простір, 2009. 409 с.
13. Шендеровський В. Нехай не гасне світ науки. Кн. II. Київ : Простір, 2009. 327 с.
14. Шендеровський В. Нехай не гасне світ науки. Кн. III. Київ : Простір, 2011. 343 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Віднічук М. А. Технології технічної творчості. Київ : Ред. загальнопед. газ., 2004. (Бібліотека «Шкільний світ». Фізика). Ч. 1. 112 с.
2. Віднічук М. А. Технології технічної творчості. Київ : Ред. загальнопед. газ., 2004. (Бібліотека «Шкільний світ». Фізика). Ч. 2. 120 с.
3. Віднічук М. А. Формування вмінь розв'язувати винахідницькі задачі в курсі фізики загальноосвітньої школи : дис. ... канд. пед. наук. Київ, 2005. 237 с.

4. Воловник П. В. Патон — гордість України! Харків : Видавничий будинок «ЖВЛ»; ПРАТ «Харківська книжкова фабрика "Глобус"», 2017. 560 с.
5. Довгий С. О. Видатні винаходи в галузі електрозв'язку. Київ : УкрІНТЕЛ, 2002. 344 с.
6. Кайку Мічіо. Фізика майбутнього / пер. з англійської мови А. Кам'янець. Львів : Літопис, 2013. 432 с.
7. Максименко С. Д., Меєрович М. Й., Шрагіна Л. І. Системне мислення: формування і розвиток : навч. посіб. Київ : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2020. 251 с.
8. Основи інтелектуальної власності : підручник для 10 кл. ЗНЗ / М. В. Паладій та ін. Київ : Прок-бізнес, 2008. 208 с.
9. Фізика та астрономія в школі. 2001. № 4.
10. Фізика та астрономія в школі. 2003. № 2.
11. Фізика та астрономія в школі. 2003. № 4.
12. Шендеровський В. Нехай не гасне світ науки. Кн. I. Київ : Простір, 2009. 409 с.
13. Шендеровський В. Нехай не гасне світ науки. Кн. II. Київ : Простір, 2009. 327 с.
14. Шендеровський В. Нехай не гасне світ науки. Кн. III. Київ : Простір, 2011. 343 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Андрєєв Олександр Анатолійович	директор Обласного комунального позашкільного навчального закладу «Рівненська Мала академія наук учнівської молоді» Рівненської обласної ради, заслужений працівник освіти України
Віднічук Микола Антонович	керівник гуртка Обласного комунального позашкільного навчального закладу «Рівненська Мала академія наук учнівської молоді» Рівненської обласної ради, директор Інституту післядипломної освіти Рівненського державного гуманітарного університету, кандидат педагогічних наук, заслужений працівник освіти України
Кравченко Владислав Миколайович	методист лабораторії фізико-технічних наук Національного центру «Мала академія наук України», доцент кафедри експериментальної фізики фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат фізико-математичних наук
Малиновський Євгеній Вікторович	завідувач природничо-математичного відділу Обласного комунального позашкільного навчального закладу «Рівненська Мала академія наук учнівської молоді» Рівненської обласної ради
Слюсарев Іван Григорович	керівник гуртка «Астрономія» Комунального закладу «Харківська обласна Мала академія наук Харківської обласної ради», доцент кафедри астрономії та космічної інформатики фізичного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, кандидат фізико-математичних наук

ДЛЯ НОТАТОК

Навчальне видання

НАВЧАЛЬНІ ПРОГРАМИ З ПОЗАШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ

Дослідницько-експериментальний напрям

Фізика і астрономія

Редагування: *З. В. Пономаренко, О. Б. Степанюк*
Верстання *Л. В. Северенчук*
Дизайн обкладинки *Б. Л. Лісовський*

Формат 60×84/16. Папір офс. 80 г/м².
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 4,65.
Наклад 300 прим.

Видавництво: Національний центр «Мала академія наук України»,
Кловський узвіз, буд. 8, м. Київ, 01021

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 6999 від 04.12.2019

