**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ФАКУЛЬТЕТ КОМП’ЮТЕРНИХ НАУК, ФІЗИКИ ТА МАТЕМАТИКИ**

**КАФЕДРА ФІЗИКИ ТА МЕТОДИКИ ЇЇ НАВЧАННЯ**

|  |  |
| --- | --- |
|  | ЗАТВЕРДЖЕНОна засіданні кафедри ….…протокол від 06.09. 2021 р. № 1 завідувач кафедри\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Сергій КУЗЬМЕНКОВ |

**СИЛАБУС ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ**

**АСТРОФІЗИКА**

Освітня програма Середня освіта (Фізика)

другого (магістерського) рівня

Спеціальність 014 Середня освіта (Фізика)

Галузь знань 01 Освіта / педагогіка

Херсон 2021

**Опис курсу**

|  |  |
| --- | --- |
| **Назва освітньої компоненти** | **Астрофізика** |
| **Тип курсу** | Обов’язкова компонента  |
| **Рівень вищої освіти** | Другий (магістерський) рівень освіти |
| **Кількість кредитів/годин** | 8 кредитів / 240 годин |
| **Семестр** | І-ІІ семестр |
| **Викладач** | Сергій Кузьменков (**Kuzmenkov Serhii)** **доктор педагогічних наук, професор** |
| **Посилання на сайт** | <http://www.kspu.edu/About/Faculty/FPhysMathemInformatics/ChairPhysics/Staff/Kusmenkov.aspx> |
| **Контактний телефон, мессенджер** | (0552) 326768 |
| **Email викладача:** | ksg3.14159@gmail.com |
| **Графік консультацій** | за призначеним часом |
| **Методи викладання** | лекційні заняття, практичні заняття, презентації, тестові завдання, індивідуальні завдання, лабораторні роботи |
| **Форма контролю** | екзамен |

Силабус розроблен на основі авторської програми «Астрофізика», що внесена до Збірника авторських програм з дисциплін кафедри фізики та методики її навчання Херсонського державного університету для підготовки студентів на здобуття ступенів вищої освіти «бакалавр», «магістр». Свідоцтво про реєстрацію авторських прав № 79262 від 02.04.2018.

1. **Анотація дисципліни:** Курс «Астрофізика» призначено для студентів, які обрали спеціаліність 014 Середня освіта (Фізика). У курсі вивчаються прилади, методи та досягнення сучасної астрофізики. Цей курс дозволяє ознайомитися з різноманіттям фізичних умов, що спостерігаються у Всесвіті, в тому числі і з такими, які в земних лабораторіях створити неможливо. Окремо розглядаються фізика і еволюція планет і планетних систем, зір, галактик, релятивістських об'єктів (білих карликів, нейтронних і кваркових зірок, чорних дір) і всього Всесвіту з урахуванням впливу темної матерії і темної енергії.
2. **Мета та завдання дисципліни:**

**Мета курсу:** надання знань про будову, походження та еволюцію космічних тіл, їх систем, та Всесвіту в цілому з фізичного погляду. Вивчення астрофізики ставить метою також і підготовку майбутніх вчителів даного профілю до викладання астрономії у середніх навчальних закладах.

**Завдання курсу:**

**Методичні:**

Сформувати систему знань, необхідних для розуміння спостережуваних астрофізичних явищ.

Сформувати сучасну астрофізичну картину світу як складову частину природничонаукової картини світу.

Сформувати уявлення про значення астрофізики для практичної діяльності людей.

Здійснювати інтелектуальне, естетичне та гуманітарне виховання студентів.

Пізнавальні

Засвоїти предмет, структуру і роль астрофізики у формуванні сучасної природничонаукової картини світу.

Засвоїти основні принципи, методи і результати досліджень фізичної природи, походження та розвитку космічних тіл, їх систем та Всесвіту в цілому.

Вивчити основні фізичні характеристики і будову Сонця і зір, нашої і інших галактик, Метагалактики.

Здобути уявлення про основні етапи розвитку астрофізики і найбільш видатних вчених астрофізиків.

**Практичні:**

Навчитися викладати на сучасному рівні курс астрономії в загальноосвітніх та спеціалізованих середніх навчальних закладах.

Навчитися розв’язувати задачі і виконувати вправи, запропоновані в шкільних підручниках, та їм подібні.

Здобути навички проводити спостереження Сонця, Місяця, планет, подвійних зір і зоряних скупчень за допомогою телескопа.

Здобути досвід проводити тематичні вечори та інші позакласні заходи, сприяти гуманітарному, естетичному та екологічному вихованню учнів.

Навчитися чітко розмежовувати: твердо встановлені факти і теорії від гіпотез і припущень;справжню науку від псевдонауки.

Міждисциплінарні зв’язки. Курс астрофізики спирається на такі розділи загальної та теоретичної фізики: класичну та релятивістську механіку, молекулярну фізику та термодинаміку, електрику та магнетизм, оптику, квантову механіку, статистичну фізику, фізику атомного ядра та елементарних частинок.

1. **Програмні компетентності та результати навчання**

Уміння користуватися довідковими даними, які вміщені в астрономічних календарях, зоряних каталогах і атласах, користуватися довідниками з астрономії; знаходити на небі основні сузір’я, зоряні та інші об’єкти, ототожнювати об’єкти, які нанесені на карту, з об’єктами на реальному небі; застосовувати телескопи шкільного типу для спостережень за небесними світилами; використовувати рухому карту зоряного неба для вирішення практичних завдань; організувати астрономічний гурток у школі і забезпечувати його нормальну роботу, створювати базу для виготовлення найпростіших астрономічних приладів із наступним їх застосуванням у навчальному процесі.

**Загальні компетентності**:

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та специфіки професійної діяльності.

ЗК4. Здатність працювати в команді.

ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК6. Здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях.

ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями

**Фахові компетентності**:

ФК1. Здатність використовувати систематизовані теоретичні та практичні знання з фізики та методики навчання фізики при вирішенні професійних завдань.

ФК2. Володіння математичним апаратом фізики.

ФК3. Здатність формувати в учнів предметні компетентності.

ФК5. Здатність до організації і проведення освітнього процесу з фізики у закладах загальної середньої освіти.

ФК8. Здатність керувати дослідницькою діяльністю учнів з фізики на уроках і в позакласній роботі (навчальна практика, МАН та інші форми).

ФК12. Здатність характеризувати досягнення фізичної науки та її роль у житті суспільства.

ФК13. Розуміння та обґрунтування доцільності реалізації стратегії сталого розвитку людства і шляхи вирішення глобальних проблем.

ФК15. Здатність використовувати теоретичні знання й практичні навички для оволодіння основами теорії і методів фізичних досліджень

**Програмні результати навчання:**

**Знання**

ПРЗ1. Демонструє знання та розуміння основ електрики та магнетизму.

ПРЗ3. Знає й розуміє математичні методи фізики та розділів математики, що є основою вивчення курсу електрики та магнетизм.

**Уміння**

ПРУ1. Аналізує електро-магнітні явища з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань, а також на основі відповідних математичних методів.

ПРУ2. Володіє методикою проведення сучасного фізичного експерименту з електрики та магнетизму.

ПРУ3. Розв’язує задачі різних рівнів складності з електрики та магнетизму.

ПРУ4. Користується математичним апаратом фізики, використовує математичні та числові методи, які часто застосовуються у електриці та магнетизму.

ПРУ7. Уміє знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, насамперед за допомогою інформаційних технологій.

ПРУ8. Самостійно опрацьовує нові питання електрики та магнетизму за різноманітними інформаційними джерелами.

ПРУ9. Формує в учнів основи цілісної природничо-наукової картини світу через міжпредметні зв’язки відповідно до вимог державного стандарту.

**Комунікація**:

ПРК2. Пояснює фахівцям і не фахівцям стратегію сталого розвитку людства і шляхи вирішення його глобальних проблем.

**Автономія і відповідальність**:

ПРА1. Усвідомлює соціальну значущість майбутньої професії, сформованість мотивації до здійснення професійної діяльності

1. **Структура курсу**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Кількість кредитів/годин** | **Лекції (год.)** | **Практичні заняття (год.)** | **Лабораторні заняття****(год.)** | **Самостійна робота (год.)** |
| 9,5 кредитів / 285 годин | 48 | 38 | 20 | 179 |
| 8,5 кредитів / 225 год (заочна ф.н.) | 6 | 4 | 0 | 215 |

1. **Ознаки курсу**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Рік викладання** | **Семестр** | **Спеціальність** | **Курс (рік навчання)** | **Обов’язкова/ вибіркова компонента** |
| 2020-2021 н.р.2-й рік  | 3 | 014.08 Середня освіта (фізика) | 2 | обов’язкова |

1. **Технічне й програмне забезпечення/обладнання**

Навчальні заняття проводяться в спеціалізованої лабораторії «Фізики та освітніх технологій» №426, оснащеної комп’ютерною та проекційною технікою. Студенти забезпечуються електронними планшетами та іншими навчально методичними засобами.

Сайт кафедри фізики та методики її навчання <http://www.kspu.edu/About/Faculty/FPhysMathemInformatics/ChairPhysics/Teaching_methodically_zabezpechennya_dist.aspx>

1. **Політика курсу**

Проводяться запропонована кількість лабораторних робіт, які передбачають самопідготовку, виконання роботи в лабораторії, написання інструкції, обчислення виміряних результатів та усний захист. При оцінювання курсу враховуються бали набрані при поточному контролі. Оцінка за кожну роботу виставляється як середнє арифметичне трьох оцінок: оцінки за підготовку (наявність інструкції), проведення (наявність обчислень) та захист (усна відповідь). До підсумкового контролю допускаються студенти при наявності звітів всіх робіт. Підсумковий контроль передбачає письмову відповідь на вибіркові питання до лабораторних робіт.

Для успішного складання підсумкового контролю з дисципліни вимагається 100% відвідування очне або дистанційне відвідування всіх лекційних занять. Пропуск понад 25% занять без поважної причини буде оцінений як FX.

Для успішного складання підсумкового контролю з дисципліни (екзамен) необхідно протягом семестру набрати мінімум 40 балів (максимум 60 балів) за такі види діяльності як: робота на лекції, розв’язування задач на практичних заняттях, виконання лабораторних робіт, а також розв’язування домашніх контрольних робіт. 40 балів студент має можливість набрати під час екзамену в кінці семестру.

До всіх студентів освітньої програми відбувається абсолютно рівне ставлення.

Високо цінується академічна доброчесність. Від усіх студентів вимагається дотримання кодексу академічної доброчесності ХДУ. Виявлення порушення є серйозним проступком, який може призвести до несправедливого перерозподілу оцінок і, як наслідок, загального рейтингу студентів. Результатом виявлення плагіату під час виконання практичних та лабораторних завдань, контрольних робіт чи тестів зі сторони студента завдання буде нульове оцінювання цього завдання з послідовним зниженням підсумкової оцінки дисципліни принаймні на одну літеру. Будь ласка, поставтесь до цього питання серйозно та відповідально.

1. **Схема курсу**

**Змістовий модуль 1 Тема: Джерела енергії і еволюція зір**

**Лекційний модуль**

1. Внутрішня будова зір.

Перенесення енергії в зорях. Порівняння теплопровідності і променистого перенесення. Рівняння променистого перенесення. Непрозорість зоряної речовини. Конвекція. Умови виникнення конвекції. Зв’язок між виділенням і перенесенням енергії в зорях. Теорема Фогта-Рессела.

2. Джерела енергії зір.

Перші гіпотези щодо джерел випромінювання Сонця. Енергетичні характеристики Сонця. Теорема віріала. Гіпотеза Майєра. Гіпотеза Кельвіна-Гельмгольца. Гіпотези радіоактивного розпаду та анігіляції зоряної речовини.

Гіпотеза Еддінгтона. Проблема подолання потенціального бар’єру. Тунельний ефект. Конкретизація процесів: протон-протонний цикл. Вуглецево-азотний цикл. Проблема доказів протікання термоядерних реакцій в надрах зір. Хлор-аргоновий експеримент Р. Девіса. Проблема дефіциту сонячних нейтрино. Деталізація реакцій протон-протонного циклу. Галієві та інші детектори нейтрино. Зняття проблеми сонячних нейтрино. Нейтринні осциляції.

4. Моделі зір. Еволюція зір. Еволюція зір до головної послідовності Політропні моделі зір. Модель внутрішньої будови Сонця. Фотосфера Сонця. Явище грануляції як прояв конвекції. Хромосфера та корона Сонця. Моделі зір верхньої та нижньої частини ГП.

Історія питання. Критерії Джинса гравітаційної нестійкості. Еволюція, що передує ГП. Протозорі. Залежність еволюції від маси зорі. Спостереження за народженням зір.

5. Еволюція зір після головної послідовності. Кінцеві стадії еволюції зір. Білі карлики

Характерний ядерний час зорі. Покидання зорями ГП. Еволюція зір посередніх мас. Модель червоного гіганта. Виродження зоряної речовини. Критерії виродження. Тиск зоряної речовини на діаграмі „температура-густина”. Рівняння стану виродженого електронного газу.

Стиснення гелієвого ядра червоного гіганта. Загоряння гелію. Потрійний α-процес. Білі карлики. Історія виявлення.

6. Кінцеві стадії еволюції зір. Білі карлики. Нейтронні зорі.

Стиснення гелієвого ядра червоного гіганта. Загоряння гелію. Потрійний α-процес. Білі карлики. Історія виявлення. Співвідношення маса-радіус у випадку нерелятивістського-виродження. Гранична маса білого карлика. Будова білих карликів. Планетарні туманності.

Основні стадії ядерної еволюції. Походження хімічних елементів. Будова надгіганта напередодні спалаху наднової. Гравітаційний колапс.

Що зупиняє гравітаційний колапс? Рівняння стану виродженого нейтронного газу. Маси та розміри нейтронних зір. Передбачення Ландау. Відкриття першої НЗ. Спалахи наднових у нашій Галактиці. Пульсари. Ефект маяка. Будова НЗ. Теорема Пайнса.

**Практичний модуль**

1. Внутрішня будова зір

Задачі: 2.1, 2.10, 2.11, 2.17, 2.21, 2.22, 2.34, 2.36 [3].

2. Джерела енергії зір.

Задачі: 3.2, 3.5, 3.6, 3.20, 3.22, 3.23 [3].

3. Еволюція зір.

Задачі: 4.1, 4.2, 4.4, 4.7, 4.14, 4.15 [3].

4. Робота з астрономічними календарями, каталогами та картами.

**Модуль самостійної роботи**

1. Визначення основних характеристик оптичних телескопів.

2. Рухома карта зоряного неба.

3. Розв’язування задач з теми «Джерела енергії зір».

Задачі: 3.7, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.17, 3.20 [3]. 3. Сузір’я та назви зір.

3. Цикл сонячної активності.

4. Розв’язування задач з теми «Еволюція зір».

Задачі: 4.5, 4.10, 4.12, 4.16, 4.19, 4.20 [3].

5. Розв’язування задач з теми «Кінцеві стадії еволюції зір».

Задачі: 5.5, 5.6, 5.14, 5.22, 5.27, 5.37, 5.40 [3].

**Підсумкова тека**

1. Зорі утворюються в результаті гравітаційного стискування неоднорідностей у міжзоряному середовищі. Якщо маса газопилової хмари перевищить так звану джинсівську граничну масу, яка забезпечує гідростатичну рівновагу хмари, то вона буде стискуватись. Нехай джинсівська маса хмари з густиною ρ і температурою 10К дорівнює одній масі Сонця. Чому буде дорівнювати джинсівська маса хмари (в масах Сонця) з тією ж густиною, але з температурою 40К ?

2. В яких зорях перенесення енергії забезпечується переважно за допомогою теплопровідності?

3. За рахунок чого зорі втрачають масу?

4. Чому синтез ядер у центральній частині зір закінчується утворенням Ферума? Чи можливо утворення у зорях елементів більш важких, ніж Ферум?

5. У яких зір більш різноманітний хімічний склад: старих чи молодих?

6. Які характеристики зорі не змінюються під час переходу у стан нейтронної зорі, а які змінюються?

7. Що таке пульсари?

8. Чому пульсари швидко обертаються?

9. Що таке колапс зорі?

10. Як виявити чорну діру?

11. Оцініть розмір (гравітаційний радіус) невидимого компонента рентгенівської подвійної системи LMCX-3 як ймовірного кандидата у чорні дірки. Параметри системи: орбітальний період 2 доби, маса оптичної зорі , маса релятивістського об'єкту .

**Змістовий модуль 2 Тема: Нестаціонарні зорі. Галактика та Метагалактика**

**Лекційний модуль**

1. Кінцеві стадії еволюції зір. Чорні діри.

Передбачення Лапласа. Гравітаційний радіус і друга космічна швидкість. Інтервал в СТВ і ЗТВ. „Мандрування” у ЧД. Гравітаційне червоне зміщення. Обертання ЧД. Методи виявлення та спостереження ЧД.

2. Нестаціонарні зорі. Подвійні та кратні зорі

Класифікація. Пульсуючі змінні. Розрахунок періоду радіальних зоряних пульсацій. Теорія пульсацій змінних зір. Еруптивні зорі.

Загальні характеристики подвійних систем. Візуально-, затемнювано- та спектрально-подвійні зорі. Особливості будови та еволюції тісних подвійних систем.

3. Наша Галактика. Галактики.

Розподіл зір в Галактиці. Зоряні скупчення. Рух зір в Галактиці. μ та υr зір. Рух Сонячної системи в Галактиці. Обертання Галактики. Загальна структура Галактики. Проблема спіральної структури Галактики.

Відкриття та класифікація галактик. Загальні фізичні характеристики галактик. Відстані до галактик. Червоне зміщення. Закон Габбла. Стала Габбла. Розподіл галактик у просторі. Теорема Зеєлігера.

4. Моделі Метагалактики.

Структура Метагалактики. Нестаціонарність Метагалактики. Реліктове випромінювання. Хімічний склад та вік Метагалактики. Модель Ейнштейна. Масштабний фактор та стала Габбла. Критична густина. Можливі сценарії розширення Метагалактики. Ньютонівські космологічні моделі. Модель Ейнштейна-де Сіттера.

5. Походження Метагалактики.

Проблеми фрідманівської моделі. Сучасні уявлення про квантове народження Метагалактики. Фізичний вакуум. Інфляційна модель ранньої стадії розширення Метагалактики. Можливості інфляційної моделі. Адронна ера. Виникнення баріонної асиметрії. Лептонна ера. Ера випромінювання. Ера речовини.

**Практичний модуль**

1. Кінцеві стадії еволюції зір. Білі карлики. Нейтронні зорі.

Задачі: 5.4, 5.10, 5.13, 5.26, 5.29 [3].

2. Кінцеві стадії еволюції зір. Нестаціонарні зорі

Задачі: 5.34, 5.41, 6.1, 6.2, 6.9, 6.14, 6.23, 6.30 [3].

3. Вимірювання небесних координат.

4. Побудова діаграми Герцшпрунга-Рессела.

**Модуль самостійної роботи**

1. Розв’язування задач з теми «Нестаціонарні зорі»

Задачі: 6.10, 6.12, 6.19, 6.20, 6.22, 6.28, 6.29 [3].

2. Фізично-змінні зорі.

3. Подвійні та кратні зорі.

4. Розв’язування задач з теми «Наша та інші галактики».

Задачі: 14.1, 14.3, 14.8, 14.10 [5], 270, 337 [4].

5. Розв’язування задач з кінематики та динаміки Галактики.

Задачі: 14.4, 14.5, 14.6 [5], 271 [4], 12.7, 12.10, 12.11 [6].

6. Міжзоряне середовище.

7. Визначення сталої Габбла.

8. Розв’язування задач з теми «Спостережувані основи сучасної космології».

Задачі: 12.43, 12.46, 12.47, 12.50, 12.55 [6], 328, 329, 330, 336 [4], 16.6 [5].

**Підсумкова тека**

1. В яких зорях відбувається відхилення від стану механічної та теплової рівноваги?

2. Чому старі зорі Галактики утворили сферичну підсистему, а молоді – тонкий диск, що обертається?

3. Чому спіральний візерунок Галактики обертається як єдине ціле?

4. Чи можна говорити про обертання Галактики, якщо вона складається із дискретних об’єктів – зір, кожна з яких обертається по своїй еліптичній орбіті з визначеними параметрами?

5. Чому лінії у спектрах далеких галактик зміщені у червоний бік?

6. Чому вночі темно?

7. Чому Всесвіт нестаціонарний?

8. Чому у Всесвіті переважають ядерні реакції синтезу, а не ядерні реакції ділення?

9. Чому у зорях майже однаковий відносний вміст гелію, але різний вміст більш важких елементів?

10. Чому можна вважати, що реліктове випромінювання має теплове походження?

11. Чому у Всесвіті виникли та існують упорядковані структури матерії?

12. Чи знаходиться Метагалактика у стані термодинамічної рівноваги?

13. Як змінюється ентропія у процесі розширення Всесвіту?

14. На ранній стадії Всесвіту відбулася анігіляція речовини та антиречовини. Чому все ж таки існує наш світ, який складається із речовини?

15. Чи зворотна еволюція речовини у Всесвіті?

**9. Система оцінювання та вимоги: форма (метод) контрольного заходу та вимоги до оцінювання програмних результатів навчання**

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних, лабораторних, індивідуальних занять і має на меті перевірку знань студентів з окремих тем навчальної дисципліни та рівня їх підготовленості до виконання конкретної роботи. Оцінки у національній шкалі («відмінно» - 5, «добре» - 4, «задовільно» - 3, «незадовільно» - 2), отримані студентами, виставляються у журналах обліку відвідування та успішності академічної групи. Модульний контроль (сума балів за окремий змістовий модуль) проводиться (виставляється) на підставі оцінювання результатів знань студентів після вивчення матеріалу з логічно завершеної частини дисципліни – змістового модуля. Завданням модульного контролю є перевірка розуміння та засвоєння певного матеріалу (теми), вироблення навичок проведення розрахункових робіт, вміння вирішувати конкретні ситуативні задачі, самостійно опрацьовувати тексти, здатності осмислювати зміст даної частини дисципліни, уміння публічно чи письмово подати певний матеріал. Семестровий (підсумковий) контроль проводиться у формі екзамену. Екзамен – форма підсумкового контролю, яка передбачає перевірку розуміння студентом теоретичного та практичного програмного матеріалу з усієї дисципліни, здатності творчо використовувати здобуті знання та вміння, формувати власне ставлення до певної проблеми тощо. Для перевірки знань, умінь і навичок студентів при вивченні навчальної дисципліни використовуються такі форми контролю: - поточний; - підсумковий (залік). Поточний контроль передбачає оцінювання лабораторних робіт студентів. Підсумковий контроль здійснюється на основі накопичених балів протягом семестру в процесі поточного контролю та письмову підсумкову роботу.

**10. Список рекомендованих джерел (наскрізна нумерація)**

**Список рекомендованих джерел**

**Основна література:**

1. Климишин І.А. Астрономія: Підручник для студентів фізико-математичних факультетів пед. ін-тів. – Львів: Світ, 1994. – 384 с.

2. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 544 с.

3. Кузьменков С.Г. Зорі: Астрофізичні задачі з розв’язаннями: навч. посіб. – К.: Освіта України, 2010. – 206 с.

4. Мартынов Д.Я., Липунов В.М. Сборник задач по астрофизике. – М.: Наука, 1986. – 128 с.

5. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. – СПб.: Изд-во Петербург. ун-та, 1997. – 144 с.

6. Гусев Е.Б. Сборник вопросов и качественных задач по астрономии. – М.: Просвещение, 2002. – 173 с.

7. Александров Ю.В. Астрофізика: навч. посіб. для студентів/ Ю.В. Александров. ‒ Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. ‒ 216 с.

8. Климишин І.А. Релятивістська астрономія/ І.А. Климишин. – Івано-Франківськ: Вид.-во «Гостинець», 2007. – 207 с.

9. Александров Ю.В. Основи релятивістської космології/ Ю.В. Александров. – ХНУ, 2004. – 88 с.

10. Андрієвський С.М. Курс загальної астрономії: навчальний посібник/ С.М. Андрієвський, І.А. Климишин. – Одеса: Астронпринт, 2007. – 480 с.

11. Кузьменков С.Г. Програма для апроксимації форми рукавів спіральних галактик / С.Г. Кузьменков, О.М. Дзісь, С.С. Кузьменков, Л.О. Харченко // Географічні інформаційні системи в аграрних університетах (GISAU): Матеріали 2-ої Міжнародної наук.-метод. конференції (Херсон, 21–22 травня 2007 р.). Зб. наук. праць. – Херсон: Айлант, 2007. – С. 213–219.

12. Кузьменков С.Г. Уточнення морфологічної класифікації галактик Хаббла / О.М. Дзісь, С.Г. Кузьменков // Пошук молодих. Вип. 6. Зб. матеріалів Всеукраїнської студентської наук.-практ. конференції «Проектування навчального середовища як методична проблема» (Херсон, 19–20 квітня 2007 р.). – Херсон: Видавництво ХДУ, 2007. – С. 14–16.

13. Місячна одіссея / Під ред. Я.С. Яцківа. – К.: Академперіодика, 2007. – 241 с.

14. Гокінґ С. Коротка історія часу / С. Гокінґ; переклад з англійської: колективний. – Київ: К. І. С., 2015. – 201 с.

15. Гокінґ С. Найкоротша історія часу / С. Гокінґ; переклад з англійської: Ігор Андрущенко; ілюстрації: Ольга Іголкіна. – Харків: КСД, 2016. – 160 с.

16. Гокінґ С. Великий замисел. / С. Гокінґ; переклад з англійської: Микола Климчук; ілюстрації: Пітер Болінґер. – Харків: КСД, 2017. – 208 с.

17. Кузьменков С.Г. До розрахунку середньої довжини вільного пробігу частинок всередині зір / С.Г. Кузьменков // Вісник Астрономічної школи, 2009. – т. 6. – № 1–2. – С. 158–162.

**Додаткова література:**

18. Кайку М. Візії: Як наука змінить XXI сторіччя. Visions: How Science Will Revolutionize the 21st Century. — Львів : Літопис, 2004. — 544 с.

19. Кайку М. Гіперпростір: Наукова одіссея крізь паралельні світи, викривлений простір-час і десятий вимір. Hyperspace: A Scientific Odyssey Through Parallel Universes, Time Warps, and the 10th Dimension / М. Кайку. – Львів : Літопис, 2005. – 460 с.

20. Кайку М. Майбутнє розуму. The Future of the Mind / М. Кайку. — Львів : Літопис, 2017. — 408 с.

21. Кайку М. Фізика майбутнього: Як наука вплине на долю людства і змінить наше повсякденне життя у XXI сторіччі. Physics of the Future: How Science Will Shape Human Destiny and Our Daily Lives by the Year 2100 / М. Кайку. — Львів : Літопис, 2013. — 432 с.

**Інтернет ресурси:**

1. Александров Ю. В., Шевченко В. Г. Астрофізика: підручник / Ю. В. Александров, В. Г. Шевченко. – Х.: ХНУ імені В. Н.Каразіна, 2016. – 252 с. <https://karazinbook.com/sites/default/files/books/astrofizika_1_-_kopiya.pdf>
2. Вступ до астрофізики та космогонії : підручник / В. А. Захожай. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. – 208 с. – Іл. 98. Табл. 1. Бібліогр. : 80 назв. <http://karazinbook.com/klyuchevye-slova/astrofizika>
3. Александров Ю. В. Астрофізика : навчальний посібник для студентів напряму «Фізика» класичних університетів / Ю. В. Александров. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 216 с. <http://karazinbook.com/klyuchevye-slova/astrofizika>
4. Захожай В. А. Вступ до астрофізики та космогонії : навч. посібник / В. А. Захожай. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. – 208 с. – Іл. 98. Табл. 1. Бібліогр. : 80 назв. <http://karazinbook.com/klyuchevye-slova/astrofizika>
5. [**www.nasa.gov/**](http://www.nasa.gov/)www.asteroidday.org/‎ sci.esa.int apod.nasa.gov