

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА  
Кафедра фізики та астрономії



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з науково-педагогічної роботи

Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО

*Вересень*

2022 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ОК 17. «Фізика космічних об'єктів та середовищ»**

Рівень вищої освіти	перший (освітньо-професійний)
Галузь знань	10 – Природничі науки
Спеціальність	104 - Фізика та астрономія
Освітньо-професійна програма	Фізика та астрономія

ОНУ  
Одеса  
2022

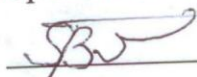
Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика космічних об'єктів та середовищ». – Одеса: ОНУ, 2022. – 24 с.

Розробник: Панько Олена Олексіївна, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики та астрономії


Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики та астрономії ФМФІТ

Протокол № 1 від «5» вересня 2022 р.

Завідувач кафедри



Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Погоджено із гарантом ОПП «Фізика та астрономія»  Юрієм НІЦУКОМ

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від «6» вересня 2022 р.

Голова НМК



Наталя МАСЛЄЄВА

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № 1 від «1» 09 2023 р.

Завідувач кафедри



(Готульський В.В.)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № 1 від «29» 08 2024 р.

Завідувач кафедри



(Готульський В.В.)

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, Спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		<b>Очна (денна) форма навчання</b>
Загальна кількість кредитів – 3 годин – 90 змістовних модулів –	Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність: 104 – Фізика та астрономія Рівень вищої освіти: <u>Перший (освітньо-професійний)</u>	Обов'язкова дисципліна
		<b>Рік підготовки:</b>
		3-й
		<b>Семестр</b>
		5-й
		<b>Лекції</b>
		30 год.
		<b>Практичні</b>
		8 год.
		<b>Лабораторні</b>
		6 год.
		<b>Самостійна робота</b>
		46 год.
<b>Форма підсумкового контролю: іспит</b>		

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Фізика космічних об'єктів та середовищ» є засвоєння понять, що пов'язані з фізикою зір, міжзоряного середовища, галактик, тощо. На відміну від курсів «Загальної астрофізики» «Теоретичної астрофізики» та ін., які є курсами спеціалізації для напряму астрономія/астрофізика, запропонований курс приділяє увагу саме фізичній складовій астрофізики та дозволяє розглядати те або інше космічне явище у всіх фізичних проявах із розкриттям фізичних процесів і досить повною інтерпретацією цих явищ. В космічних об'єктах фізичні умови істотно вирізняються від тих, що можна отримати в земних лабораторіях. Тому майбутні фізики повинні вільно володіти відомостями та математичним апаратом, що описує стан космічних об'єктів та середовищ, їхню швидкі та еволюційні зміни, вміти аналізувати фізичні процеси, що протікають в умовах, що недосяжні в земних лабораторіях.

**Завданням** вивчення дисципліни «Фізика космічних об'єктів та середовищ» є опанування методами, що дозволяють отримувати об'єктивні та достовірні результати в умовах обмеженої можливості проведення активного експерименту, вміти визначати основні фізичні параметри зір, туманностей, міжзоряного середовища, а саме:

- ознайомити студентів першого рівня вищої освіти з особливостями аналізу спостережного матеріалу в астрофізичних дослідженнях;
- сформувати навички розв'язку нестандартних фізичних задач;
- сформувати навички розв'язування теоретичних задач та практичних завдань астрофізики.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

### **Інтегральна компетентність:**

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі

подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

**Загальні компетентності:**

**K02.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

**K04.** Здатність бути критичним і самокритичним.

**K05.** Здатність приймати обґрунтовані рішення.

**Спеціальні (фахові) компетентності:**

**K16.** Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

**K18.** Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

**K19.** Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

**K24.** Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

**K25.** Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

**K26.** Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

**K27.** Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен

**знати:**

- категорії, якими оперує сучасна астрофізика;
- методи астрофізичних досліджень,

- основні теорії, закони, закономірності та рівняння, які пояснюють фізику процесів, що спостерігаються у Всесвіті.

***вміти:***

- використовувати теоретичні знання для розв'язування задач;
- визначати мету і завдання дослідження, обґрунтовувати актуальність проблеми, будувати одну або декілька робочих гіпотез дослідження;
- користуватися табличними значеннями та обрати необхідну точність обчислень;
- знаходити зв'язки і співвідношення між параметрами космічних об'єктів;
- для створення математичних моделей використовувати фундаментальні закони природи, зокрема, закони всесвітнього тяжіння, збереження енергії, матерії, імпульсу.

**Програмні результати навчання:**

**ПР01.** Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.

**ПР02.** Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.

**ПР03.** Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

**ПР05.** Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії

**ПР17.** Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.

**ПР22.** Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Стаціонарні та нестаціонарні зорі.**

**Тема 1. Сонце.** Загальні характеристики Сонця. Сонячна атмосфера. Модель фотосфери. Конвекційна зона. Роль конвекції. Грануляція і механізм її виникнення. Електричне і магнітне поля Сонця. Сонячні плями, статистичні закономірності. Магнітні поля плям. Механізм утворення плям. Верхня атмосфера Сонця. Розподіл щільності і температура в хромосфері і короні. Хромосферні утворення: факели, флокули, волокна, спікули, хромосферні спалахи. Протуберанці. Механізм утворення протуберанців. Сонячна корона. Інтерпретація спектра сонячної корони. Магнітні поля в сонячній короні. Структура і динаміка корони. Сонячний вітер. Механізм нагрівання корони. Зовнішня корона, її перехід у міжпланетну плазму. Зодіакальне світло. Радіовипромінювання Сонця: постійна складова, компонента що повільно змінюється і сплески радіовипромінювання, що впливають за хромосферними спалахами, шумові буря. Космічні промені, що генеруються Сонцем. Оточення Сонця: пилова і газова складові міжпланетного середовища. Міжпланетне магнітне поле. Динамічні процеси в міжпланетній плазмі. Рентгенівське випромінювання Сонця. Внутрішня будова Сонця. Ядерні реакції в надрах Сонця. Проблема сонячних нейтрино.

**Тема 2. Фізичні характеристики зір.** Видимі зоряні величини і відстані до зір. Світимості, температури, радіуси, маси, хімічний склад зір і аномалії хімічного складу. Спектри зір. Обертання зір. Магнетизм зір. Залежності маса-світність, радіус-маса, спектр-світність. Витікання речовини із зір. I та II типи зоряного населення. Основні характеристики.

**Тема 3. Еволюція зір.** Етапи: формування, стадія Головної Послідовності, подальша еволюція. Міжзоряне середовище, його роль в еволюції зір. Еволюційні треки. Характеристики основних моделей зір.

**Тема 4. Теорія променистої рівноваги і неперервний спектр зорі.** Основні поняття теорії випромінювання: енергія випромінювання, інтенсивність випромінювання, потік випромінювання. Коефіцієнти випромінювання і поглинання. Рівняння переносу випромінювання. Умова променистої рівноваги. Гіпотеза про локальну термодинамічну рівновагу. Рівняння переносу випромінювання в умовах променистої рівноваги й у наближенні ЛТР. Загальне рішення рівняння переносу випромінювання. Усереднення рівняння переносу. Теорія променистої рівноваги для коефіцієнта поглинання, який не залежить від частоти. Розподіл температури у фотосфері з глибиною. Закон потемніння диска зорі до краю. Неперервний спектр зорі.

**Тема 5. Коефіцієнт неперервного поглинання, який залежить від частоти.** Хімічний склад зоряних атмосфер. Збудження й іонізація атомів. Потенціали збудження й іонізації. Формула Больцмана. Іонізаційна формула Саха. Істинне поглинання. Фотоелектричне поглинання. Фотоелектричне поглинання для подібних водню атомів. Врахування змушеного поглинання. Вільно-вільні переходи. Поглинання негативним іоном водню і розсіювання випромінювання вільними електронами. Розподіл енергії в неперервному спектрі при коефіцієнті поглинання, що залежить від частоти.

**Тема 6. Утворення ліній поглинання у спектрах зір.** Основні поняття теорії ліній. Механізм утворення ліній поглинання. Рівняння переносу випромінювання для випадку когерентного розсіювання. Рівняння



переносу випромінювання за участю процесів розсіювання і селективного поглинання. Коефіцієнти селективного поглинання. Зв'язок між коефіцієнтами поглинання і Ейнштейнівськими коефіцієнтів переходів. Загасання унаслідок випромінювання. Загасання внаслідок зіткнень. Доплерівське розширення лінії. Спільна дія загасання і рухи атомів. Вплив ефектів тиску. Вплив на контури ліній обертання зір і магнітного поля.

**Тема 7. Джерела енергії зір.** Основи теорії внутрішньої будови зір. Основні співвідношення між факторами гравітаційного стиску зорі і протидіючих факторів – газовим і променевим тиском. Основні рівняння і способи їх рішення. Основні результати теорії внутрішньої будови зір на прикладі даних для Сонця. Джерела енергії зір. Гравітаційне стискання. Реакції ретмомядерного синтезу. Перетворення елементів, хімічна еволюція Всесвіту.

**Тема 8. Подвійні зорі.** Класифікація подвійних систем. Тісні подвійні зорі. Принцип визначення характеристик компонент. Газові потоки і диски в подвійних системах.

**Тема 9. Фізичні змінні та нестационарні зорі.** Цефеїди та ліриди, їхні основні характеристики. Інтерпретація спостережених даних про зміни блиску, кольори, спектри, променеву швидкість, радіуси. Залежність період-світність і її нуль-пункт. Довгоперіодичні змінні. Зорі з емісійними спектральними лініями. Зорі, що спалахують, симбіотичні зорі. Нові та наднові зорі. Інтерпретація кривих блиску і змін у спектрах. Залишки наднових. Пульсари. Джерела рентгенівських променів.

**Тема 10.** Спалахи наднових. Зоряні залишки: білі карлики, нейтрони зорі, чорні діри. Злиття зоряних залишків. Гравітаційні сплески.

## **Змістовий модуль 2. Фізика міжзоряного середовища.**

**Тема 1.** Складові міжзоряного середовища. Пилова складова. Дифузна матерія у галактиці. Пилова складова міжзоряного середовища і її

фізичні характеристики. Поляризація, розсіювання і поглинання світла у пиловій туманності. Розподіл пилової матерії в Галактиці.

**Тема 2. Міжзоряний газ.** Спектри газових туманностей. Хімічний склад і фізичний стан міжзоряного газу. Хмари іонізованого (HII) та нейтрального (HI) водню. Радіовипромінювання хмар HI. Спектри газових туманностей. Хімічний склад і фізичний стан міжзоряного газу. Хмари іонізованого (HII) та нейтрального (HI) водню. Радіовипромінювання хмар HI. Конденсації міжзоряної речовини та їхня еволюція. Планетарні туманності. Залишки спалахів наднових. Космічні промені. Особливості їхнього хімічного складу. Галактична корона. Магнітне поле Галактики.

**Змістовий модуль 3. Фізичні процеси у галактиках та міжгалактичному середовищі.**

**Тема 1. Елементи позагалактичної астрономії.** Спостережні дані про будову видимої частини Всесвіта. Галактики як основний тип населення Метагалактики та їхні характеристики. Активність галактик. Нестационарні процеси в галактиках. Радіогалактики і квазари.

**Тема 2** Скупчення і надскупчення скупчень. Войди. Надмасштабні утворення. Червоне зміщення та реліктове випромінювання. Космологічне рівняння Ейнштейна. Моделі Всесвіта Ейнштейна, Фрідмана, Леметра, Де-Ситтера. "Гарячий Всесвіт" та його еволюція.

**Тема 3. Новітні досягнення і проблеми астрофізики.** Огляд відкриттів в астрофізиці за останні роки. Актуальні проблеми сучасної астрофізики.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назва тем	Кількість годин				
	Очна денна форма				
	Усього	у тому числі			
		Лек.	Пр.	Лаб.	СР
1	2	3	4	5	6
<b>Змістовий модуль 1. Стаціонарні та нестаціонарні зорі</b>					
<b>Тема 1. Сонце</b>	<b>10</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>4</b>
<b>Тема 2. Фізичні характеристики зір</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>4</b>
<b>Тема 3. Еволюція зір</b>	<b>4</b>	<b>2</b>			<b>2</b>
<b>Тема 4. Теорія променистої рівноваги і неперервний спектр зорі.</b>	<b>6</b>	<b>2</b>			<b>4</b>
<b>Тема 5. Коефіцієнт неперервного поглинання, який залежить від частоти.</b>	<b>6</b>	<b>2</b>			<b>4</b>
<b>Тема 6. Утворення ліній поглинання у спектрах зір.</b>	<b>8</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>4</b>
<b>Тема 7. Джерела енергії зір.</b>	<b>4</b>	<b>2</b>			<b>2</b>
<b>Тема 8. Подвійні зорі.</b>	<b>6</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Тема 9. Фізичні змінні та нестаціонарні зорі.</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>4</b>
<b>Тема 10. Зоряні залишки.</b>	<b>6</b>	<b>2</b>			<b>4</b>
<b>Разом за змістовним модулем 1</b>	<b>64</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>34</b>

<b>Змістовий модуль 2. Фізика міжзоряного середовища.</b>					
<b>Тема 1. Складові міжзоряного середовища. Пилова складова.</b>	<b>6</b>	<b>2</b>			<b>2</b>
<b>Тема 2. Міжзоряний газ.</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>2</b>
<b>Разом за змістовним модулем 2</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>2</b>		<b>4</b>
<b>Змістовий модуль 3. Фізичні процеси у галактиках та міжгалактичному середовищі.</b>					
<b>Тема 1. Елементи позагалактичної астрономії.</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>4</b>
<b>Тема 2. Скупчення галактик і скупчення скупчень.</b>	<b>4</b>	<b>2</b>			<b>2</b>
<b>Тема 3. Новітні досягнення і проблеми астрофізики.</b>	<b>4</b>	<b>2</b>			<b>2</b>
<b>Разом за змістовним модулем 3</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>2</b>		<b>8</b>
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>46</b>

### **5. Теми семінарських занять**

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

### **6. Теми практичних занять**

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми</b>	<b>Кількість годин</b>
<b>1</b>	Стаціонарні зорі, фізичні характеристики	<b>2</b>
<b>2</b>	Змінні зорі, фізичні характеристики	<b>2</b>
<b>3</b>	Фізика світіння газових туманностей	<b>2</b>

<b>4</b>	Процеси в активних галактиках	<b>2</b>
	<b>Разом</b>	<b>8</b>

### 7. Теми лабораторних робіт

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми</b>	<b>Кількість годин</b>
<b>1</b>	Вивчення спектру Сонця	<b>2</b>
<b>2</b>	Визначення параметрів спектральних ліній	<b>2</b>
<b>3</b>	Визначення параметрів зір зі спостережень подвійних зір	<b>2</b>
	<b>Разом</b>	<b>6</b>

### 8. Завдання для самостійної роботи

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми/Питання для підготовки, завдання</b>	<b>Кількість годин</b>
<b>1</b>	Сонце. Загальні характеристики Сонця. Будова Сонця. Термоядерні реакції у надрах Сонця.	<b>4</b>
<b>2</b>	I та II типи зоряного населення. Основні характеристики.	<b>4</b>
<b>3</b>	Еволюція зір. Етапи: формування, стадія Головної Послідовності, подальша еволюція.	<b>2</b>
<b>4</b>	Міжзоряне середовище, його роль в еволюції зір. Еволюційні треки. Характеристики основних моделей зір.	<b>4</b>
<b>5</b>	Теорія променистої рівноваги і неперервний спектр зорі.	<b>4</b>
<b>6</b>	Гіпотеза про локальну термодинамічну рівновагу.	<b>4</b>

	Рівняння переносу випромінювання в умовах променистої рівноваги й у наближенні ЛТР.	
7	Теорія променистої рівноваги для коефіцієнта поглинання, який не залежить від частоти.	<b>2</b>
8	Коефіцієнт неперервного поглинання, який залежить від частоти. Хімічний склад зоряних атмосфер. Збудження й іонізація атомів. Потенціали збудження й іонізації.	<b>2</b>
9	Формула Больцмана. Іонізаційна формула Саха.	<b>4</b>
10	Утворення ліній поглинання у спектрах зір. Основні поняття теорії ліній. Механізм утворення ліній поглинання.	<b>4</b>
11	Основи теорії внутрішньої будови зір. Основні співвідношення між факторами гравітаційного стиску зорі і протидіючих факторів – газовим і променевим тиском. Основні рівняння і способи їх рішення.	<b>2</b>
12	Подвійні зорі. Класифікація подвійних систем. Тісні подвійні зорі. Принцип визначення характеристик компонент. Газові потоки і диски в подвійних системах.	<b>2</b>
13	Наднові зорі. Інтерпретація кривих блиску і змін у спектрах.	<b>4</b>
14	Складові міжзоряного середовища.	<b>2</b>
15	Великомасштабна структура Всесвіту.	<b>2</b>
	<b>Разом</b>	<b>46</b>

### **Критерії оцінювання виконання самостійної роботи**

Результати самостійної роботи представляються у вигляді доповіді (7-10 хв.), що супроводжується презентацією (5-7 слайдів) або у вигляді рефератів (7-10 хвилин).

Критеріями оцінювання є: повнота представленого матеріалу, якість доповіді та презентації, відповідей на запитання викладача та однокурсників.

### **9. Методи навчання**

При викладанні дисципліни використовуються словесні методи навчання, наочні методи навчання. Головним словесним методом навчання є лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція – відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод. Під час лабораторних та практичних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод; дослідницький, при захисті лабораторних робіт використовується дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод.

### **10. Форми контролю та методи оцінювання**

Поточний контроль здійснюється за результатами виконання лабораторних робіт, практичних завдань та самостійної роботи. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування, написання звітів до лабораторних робіт, написанні звітів при виконанні практичних завдань, оцінювання доповідей, рефератів, розв'язання ситуаційних задач. Підсумковий семестровий контроль (іспит).

## 11. Питання для поточного та підсумкового контролю

1. Загальні характеристики Сонця. Будова Сонця.
2. Фотосфера. Модель фотосфери.
3. Конвекційна зона. Роль конвекції. Грануляція і механізм її виникнення.
4. Електричне і магнітне поля Сонця.
5. Сонячні плями, статистичні закономірності. Магнітні поля плям. Механізм утворення плям.
6. Сонячна атмосфера. Верхня атмосфера Сонця. Розподіл щільності і температура в хромосфері і короні. Хромосферні утворення: факели, флокули, волокна, спікули, хромосферні спалахи. Протуберанці. Механізм утворення протуберанців.
7. Сонячна корона. Інтерпретація спектра сонячної корони. Магнітні поля в сонячній короні. Структура і динаміка корони. Механізм нагрівання корони.
8. Сонячний вітер. Зовнішня корона, її перехід у міжпланетну плазму. Зодіакальне світло.
9. Радіовипромінювання Сонця: постійна складова, компонента що повільно змінюється і сплески радіовипромінювання, що впливають за хромосферними спалахами, шумові буря.
10. Космічні промені, що генеруються Сонцем. Оточення Сонця: пилова і газова складові міжпланетного середовища.
11. Фізичні характеристики зір. Видимі зоряні величини і відстані до зір. Світимості, температури, радіуси, маси, хімічний склад зір і аномалії хімічного складу.
12. Спектри зір. Обертання зір. Магнетизм зір. Залежності маса-світність, радіус-маса, спектр-світність. Витікання речовини із зір.
13. I та II типи зоряного населення. Основні характеристики.
14. Еволюція зір. Етапи: формування, стадія Головної Послідовності, подальша еволюція.



15. Міжзоряне середовище, його роль в еволюції зір. Еволюційні треки. Характеристики основних моделей зір.
16. Теорія променистої рівноваги і неперервний спектр зорі. Основні поняття теорії випромінювання: енергія випромінювання, інтенсивність випромінювання, потік випромінювання. Коефіцієнти випромінювання і поглинання. Рівняння переносу випромінювання. Умова променистої рівноваги.
17. Гіпотеза про локальну термодинамічну рівновагу. Рівняння переносу випромінювання в умовах променистої рівноваги й у наближенні ЛТР. Загальне рішення рівняння переносу випромінювання. Усреднення рівняння переносу.
18. Теорія променистої рівноваги для коефіцієнта поглинання, який не залежить від частоти. Розподіл температури у фотосфері з глибиною. Закон потемніння диска зорі до краю. Неперервний спектр зорі.
19. Коефіцієнт неперервного поглинання, який залежить від частоти. Хімічний склад зоряних атмосфер. Збудження й іонізація атомів. Потенціали порушення й іонізації.
20. Формула Больцмана.
21. Іонізаційна формула Саха.
22. Істинне поглинання. Фотоелектричне поглинання. Фотоелектричне поглинання для подібних водню атомів. Врахування змушеного поглинання. Вільно-вільні переходи.
23. Поглинання негативним іоном водню і розсіювання випромінювання вільними електронами. Розподіл енергії в неперервному спектрі при коефіцієнті поглинання, що залежить від частоти.
24. Утворення ліній поглинання у спектрах зір. Основні поняття теорії ліній. Механізм утворення ліній поглинання. Рівняння переносу випромінювання для випадку когерентного розсіювання.
25. Рівняння переносу випромінювання за участю процесів розсіювання і селективного поглинання. Коефіцієнти селективного поглинання.

Зв'язок між коефіцієнтами поглинання і Ейнштейнівськими коефіцієнтів переходів.

26. Загасання унаслідок випромінювання. Загасання внаслідок зіткнень. Доплерівське розширення лінії. Спільна дія загасання і рухи атомів. Вплив ефектів тиску. Вплив на контури ліній обертання зір і магнітного поля.
27. Основи теорії внутрішньої будови зір. Основні співвідношення між факторами гравітаційного стиску зорі і протидіючих факторів – газовим і променевим тиском. Основні рівняння і способи їх рішення.
28. Основні результати теорії внутрішньої будови зір на прикладі даних для Сонця.
29. Гравітаційне стискання. Реакції ретмоядерного синтезу. Перетворення елесменів, хімічна еволюція Всесвіту.
30. Подвійні зорі. Класифікація подвійних систем. Тісні подвійні зорі. Принцип визначення характеристик компонент. Газові потоки і диски в подвійних системах.
31. Фізичні змінні та нестационарні зорі.
32. Цефеїди та ліриди, їхні основні характеристики. Інтерпретація спостережених даних про зміни блиску, кольори, спектри, променеву швидкість, радіуси. Залежність період-світність і її нуль-пункт.
33. Довгоперіодичні змінні.
34. Зорі з емісійними спектральними лініями.
35. Зорі, що спалахують, симбіотичні зорі. Нові зорі.
36. Наднові зорі. Інтерпретація кривих блиску і змін у спектрах.
37. Залишки наднових. Пульсари. Джерела рентгенівських променів.
38. Зоряні залишки: білі карлики, нейтрони зорі, чорні діри.
39. Злиття зоряних залишків. Гравітаційні сплески.
40. Складові міжзоряного середовища.

41. Пилова складова. Дифузна матерія у галактиці. Пилова складова міжзоряного середовища і її фізичні характеристики. Поляризація, розсіювання і поглинання світла у пиловій туманності. Розподіл пилової матерії в Галактиці.
42. Міжзоряний газ. Спектри газових туманностей. Хімічний склад і фізичний стан міжзоряного газу. Хмари іонізованого (HII) та нейтрального (HI) водню. Радіовипромінювання хмар HI.
43. Спектри газових туманностей. Хімічний склад і фізичний стан міжзоряного газу. Хмари іонізованого (HII) та нейтрального (HI) водню. Радіовипромінювання хмар HI. Конденсації міжзоряної речовини та їхня еволюція.
44. Планетарні туманності. Залишки спалахів наднових.
45. Космічні промені. Особливості їхнього хімічного складу.
46. Галактична корона. Магнітне поле Галактики.
47. Спостережні дані про будову видимої частини Всесвіта. Галактики як основний тип населення Метагалактики та їхні характеристики.
48. Активність галактик. Нестаціонарні процеси в галактиках. Радіогалактики і квазари.
49. Скупчення і надскупчення скупчень. Войди. Надмасштабні утворення.
50. Червоне зміщення та реліктове випромінювання. Космологічне рівняння Ейнштейна. Моделі Всесвіта Ейнштейна, Фрідмана, Леметра, Де-Ситтера.
51. "Гарячий Всесвіт" та його еволюція.
52. Новітні досягнення і проблеми астрофізики. Огляд відкриттів в астрофізиці за останні роки. Актуальні проблеми сучасної астрофізики.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Підсумковий контроль (екз)	Сума балів				
<b>Змістовний модуль 1</b> <b>Поточний контроль на лекціях та практичних заняттях</b>					<b>Контрольна робота</b>	<b>Індивідуальні завдання</b>	<b>Виконання і захист лабораторних робіт</b>	<b>Практичне завдання</b>	<b>Разом</b>		
<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>			<b>24</b>	<b>8</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>100</b>
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>							
<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>							
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>							
<b>Змістовний модуль 2</b> <b>Поточний контроль на лекціях та практичних заняттях</b>											
<b>T1</b>		<b>T2</b>									
<b>2</b>		<b>2</b>						<b>4</b>			
<b>Змістовний модуль 3</b> <b>Поточний контроль на лекціях та практичних заняттях</b>											
<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>									
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>						<b>4</b>			

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти:

Підсумковий семестровий контроль (іспит) проводиться в усній формі. Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 15 бальною шкалою

Критерії оцінювання теоретичного питання:

- повна розгорнута відповідь – 15 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь – 14 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність –

13 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;

- неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 10 балів,

за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;

- відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Кількість балів, що здобувач отримав на іспиті, є сумою балів, що були отримані за кожне завдання з екзаменаційного білету.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

<b>Сума балів за всі види навчальної діяльності</b>		<b>Оцінка за національною шкалою</b>	
	Оцінка ECTS	для для екзамену, курсового проекту	для заліку

		(роботу), практики	
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
85-89	<b>B</b>	добре	
75-84	<b>C</b>		
70-74	<b>D</b>	задовільно	
60-69	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно	не зараховано
1-34	<b>F</b>		

### 13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни та силабус <https://onu.edu.ua/uk/structure/faculty/fmfit/dystsypliny>, конспекти лекцій; презентації; методичні вказівки, первинний інструктаж з техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт.

### 14. Рекомендована література

#### Основна

1. Александров Ю. В. Астрофізика / Навчальний посібник. – Харків, 2014. – 216 с.
2. Захожай В. А. Вступ до астрофізики та космології. – Харків, 2017.
3. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія / Підручник для вищих навчальних закладів. – Харків, 2019. – 523 с.
4. Вавилова І. Б. Великомасштабна структура Всесвіту: спостереження і методи дослідження / Навчальний посібник. – Київ: Київський університет, 1998. – 107 с.

5. Кудря Ю., Вавилова І. Позагалактична астрономія. – Київ: Наукова думка, 2016.

6. Івченко В. М., Решетник В. М. Радіоастрономія / Навчальний посібник для студентів фізичного факультету. – Київ, 2021. – 246 с.

7. Жданов В. І. Вступ до теорії відносності / Навчальний посібник. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. – 287 с.

#### **Додаткова**

1. Климишин І. А., Гарбузов Г. О., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Астрономія / Навчальний посібник. – Одеса: «Астропринт», 2012. – 352 с.

2. Панько О. О., Сергієнко О. Г. Загальна астрономія / Навчальний посібник. – Одеса: ОНУ, 2020. – 128 с.

3. Каретніков В. Г., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Визначення довжин хвиль в спектрах небесних тіл // Методичні вказівки для студентів фізичного факультету спеціальності «астрономія». – Одеса: Астропринт, 2015. – 16 с.

4. Каретніков В. Г., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Спектральна класифікація зір // Методичні вказівки для студентів фізичного факультету спеціальності «астрономія». – Одеса: Астропринт, 2015. – 28 с.

5. Каретников В. Г. Многоцветная астротометрия. Учебное пособие. – Одесса: Астропринт, 2013. – 224 с.

6. Мурніков Б. О. Класифікація змінних зір // Методичні вказівки. – Одеса: «Астропринт», 2020. – 44 с.

7. Кузьменков С. Г., Зорі. Астрофізичні задачі з розв'язаннями / Навчальний посібник. – Київ: Освіта України, 2010. – 206 с.

8. Кузьменков С. Г., Сокол І. В. Сонячна система: збірник задач / Навчальний посібник. – Київ: Вища школа, 2007. – 168 с.

9. Рябов М. І., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Словник термінів з радіоастрономії. – Одеса: ОНУ, 2017. – 138 с.

10. Яцків Я. С., Александров О. М., Вавилова В. Б., Жданов В. І., Жук О. І., Кудря Ю. М., Парновський С. Л., Федорова О. В., Хміль С. В.. Загальна теорія відносності: горизонти випробувань. – Київ, 2013. – 264 с.

## **15. Електронні інформаційні ресурси**

1. <http://dspace.onu.edu.ua/>
2. [phys.onu.edu.ua](http://phys.onu.edu.ua)
3. Загальний каталог змінних зір, електронне видання GCVS  
<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/W3Browse/all/gcvs.html>