

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра астрономії та космічної інформатики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-  
педагогічної роботи

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**Проблеми сучасної астрофізики: космічна матерія**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ магістерський \_\_\_\_\_  
галузь знань \_\_\_\_\_ 04. Природничі науки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
спеціальність \_\_\_\_\_ 104. Фізика та астрономія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
освітня програма \_\_\_\_\_ астрономія та космічна інформатика \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
спеціалізація \_\_\_\_\_ астрономія та космічна інформатика \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
вид дисципліни \_\_\_\_\_ обов'язкова \_\_\_\_\_  
(обов'язкова / за вибором)  
факультет \_\_\_\_\_ фізичний \_\_\_\_\_

2021\_ / 2022\_ навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету (інституту, центру)

“ 31 ” серпня 20211 року, протокол № 7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)  
Шевченко В. А., доктор фіз.-мат наук, старший науковий співробітник, професор кафедри астрономії та космічної інформатики  
Голубов О. А., канд. фіз.-мат наук, ст. наук. співробітник, доцент кафедри астрономії та космічної інформатики

Протокол від “ 5 ” липня 2021 року № 12

Завідувач кафедри астрономії та космічної інформатики

\_\_\_\_\_ Шкуратов Ю. Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

фізичного факультету

\_\_\_\_\_ назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 31 ” серпня 2021 року № 1

Голова методичної комісії фізичного факультету

\_\_\_\_\_ Макаровський М. О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “**Проблеми сучасної астрофізики: космічна матерія**” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

\_\_\_\_\_ магістра \_\_\_\_\_  
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напрямку) \_\_\_\_\_ 104 фізика та астрономія \_\_\_\_\_

освітня програма \_\_\_\_\_ астрономія та космічна інформатика \_\_\_\_\_

спеціалізації \_\_\_\_\_ астрономія та космічна інформатика \_\_\_\_\_

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є ознайомлення студентів з сучасними даними про космічну матерію, з результатами дослідження її фізичної природи та стану на різних етапах їх еволюції, проблемами, що існують при її вивченні.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

- а) Знання методів досліджень в сучасній астрофізиці.
- б) Використання методів і результатів визначення фізичного стану астрономічних об'єктів різної природи.
- в) Розуміння процесів, завдяки яким еволюціонують астрономічні об'єкти та космічна речовина.
- г) Знання сучасних спостережних даних про астрономічні об'єкти.

1.3. Кількість кредитів: 10

1.4. Загальна кількість годин: 300

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
1-2-й	-й
Лекції	
112 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
172 год.	год.
Індивідуальні завдання	
16	

### 1.6. Заплановані результати навчання

**Знати:** а) методи визначення фізичних характеристик космічних тіл;

б) суть основних положень, в основі яких створюються сучасні уявлення про космічну матерію, з якої складаються астрономічні об'єкти, її класифікацію, форми існування, процеси, що відбуваються в космічних тілах, в залежності від їх елементного складу та віку;

в) сучасні теоретичні та спостережні дані про форми космічної речовини.

**Вміти:** а) читати й аналізувати наукову літературу з проблем сучасної астрофізики, використовувати одержану інформацію для розв'язання задач і проблем, що розглядаються в астрономії в цілому;

б) визначати фізичні характеристики космічної матерії, виконувати модельні розрахунки чи оцінки процесів, що в них відбуваються.

в) написати реферат, дипломну чи випускную роботу, виступити з ними та захистити їх перед аудиторією;

г) орієнтуватися серед астрофізичної та космогонічної інформації, аналізувати факти, що наводяться в наукових джерелах і засобах масової інформації;

д) аргументувати нерозривний зв'язок розвитку сучасної астрофізики з розділами астрономії та природничими науками.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### *Розділ 1. Матерія, як форма буття в філософії, фізиці та астрофізиці*

#### Тема 1. Вступна частина

Зміст: Визначення матерії та становлення її поняття. Загальні властивості, атрибути та форми руху матерії. Поняття матерії в природничих науках.

#### Тема 2. Специфіка космічної матерії та її прояви в космосі

Зміст: Розширення поняття матерії, як наслідок розвитку астрофізики, космогонії та космології. Просторово-часові атрибути матерії. Форми існування матерії у Всесвіті.

### *Розділ 2. Різноманітність космічної матерії*

#### Тема 3. Світ елементарних частинок і античастинок

Зміст: Сімейства елементарних частинок і їх основні фізичні властивості. Адронна та баріонна речовина. Антиречовина. Кварк-глюонна плазма. Основи стандартної моделі.

#### Тема 4. Віртуальні частинки та фізичний вакуум

Зміст: Основні визначення. Властивості віртуальних частинок, що визначають стан фізичного вакууму. Визначені постулати квантової теорії поля. Теоретичні та прогнозовані властивості вакууму.

#### Тема 5. Фізичні поля

Зміст: Фундаментальні взаємодії. Визначення та природа польової складової матерії. Різновиди математичного опису полів. Фундаментальні поля. Електромагнітне, гравітаційне та квантові поля. Гіпотетичні поля. Теорія Калуци–Клейна.

#### Тема 6. Класична речовина

Зміст: Поняття ферміонної речовини. Агрегатні стани: газоподібний, конденсований (рідкий, твердий кристалічний та аморфний), рідкий кристал. Конденсат Бозе–Ейнштейна. Рівняння стану. Властивості воднево-гелійової речовини при різних тисках. Фазові діаграми воднево-гелійової суміші та води.

### Тема 7. Квантовий газ

Зміст: Умови квантової статистики щодо належності речовини до квантового газу. Властивості квантового газу: ідеального, виродженого нерелятивістського та релятивістського. Частково вироджений електронний газ. Вироджений електронний і нейтронний газ. Рівняння стану та основні фізичні властивості.

### *Розділ 3. Прояви космічної матерії в астрономічних об'єктах різної природи*

### Тема 8. Космічні об'єкти з класичної речовини

Зміст: Зорі та планети. Реліктова баріонна речовина та газопилова складова Всесвіту. Еволюція елементного складу при еволюції космічних об'єктів різної природи.

### Тема 9. Космічні тіла, що містять квантові гази

Зміст: Воднево-гелійові планети. Субзорі. Білі карлики. Нейтронні зорі. Проблема магнетарів. Гіпотетичні зорі: кваркові, Q- кулі, преонні.

### Тема 10. Плазма у космічному просторі

Зміст: Плазма, як основний стан (99% об'єктів) космічної речовини: у зір, матерії в міжзоряному та міжпланетному просторах. Утворення плазми при нестационарних космічних процесах: зоряному вітру, іоносфері планет, в хвостах комет. Виникнення синхротронного та мазерного випромінювання в космічних об'єктах, що містять плазму.

### Тема 11. Прояви фізичних полів у об'єктів космосу та вакууму

Зміст: Наслідки дії гравітаційного та електромагнітного полів. Зв'язок закону розповсюдження полів з виміром простору Всесвіту. Прояви дії ньютонівського та ейнштейнівського гравітаційних полів. Наслідки розповсюдження електромагнітних хвиль в стаціонарній системі та Всесвіті, що розширюється. Фотометричний парадокс Ольберса. Гравітаційне лінзування в космосі.

### Тема 12. Матерія з неясною фізичною природою

Зміст: Темна матерія (ТМ) та її прояви в околі галактик: за кривими обертання та гравітаційним лінзуванням. Основні властивості темної матерії. Астрономічні та фізичні кандидати (на роль ТМ), що не взаємодіють (або слабо взаємодіють) з електромагнітним випромінюванням. Темна енергія та стан проблеми виявлення її природи. Гіпотези Ейнштейна та Глінера.

### *Розділ 4. Походження та еволюція матерії*

### Тема 13. Виникнення фізичних полів, елементарних частинок та первинних ядер хімічних елементів

Зміст: Планківські величини та їх зв'язок з початковою еволюцією Всесвіту. Відділення гравітаційної взаємодії від решти взаємодій. Виділення електромагнітного взаємодії. Утворення елементарних частинок. Баріогенезис. Первинний нуклеосинтез. Формування баріонної речовини. Властивості матерії епохи рекомбінації атомів водню.

### Тема 14. Утворення об'єктів Всесвіту, їх еволюція та кінцева стадія

Зміст: Перші об'єкти та зорі й їх властивості. Трансформація хімічних елементів в процесі еволюції зір і зоряних систем. Еволюція речовини в міжзоряному просторі. Межі зоряної фази існування Всесвіту. Процес повернення складу речовини Всесвіту до елементарних частинок. Вірогідні фізичні властивості матерії наддалекого майбутнього Всесвіту.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1. Матерія, як форма буття в філософії, фізиці та астрофізиці</b>												
Тема 1.	20	8				12						
Тема 2.	20	8				12						
Разом за розділом 1	32	16				24						
<b>Розділ 2. Різноманітність космічної матерії</b>												
Тема 3.	20	8				12						
Тема 4.	20	8				12						
Тема 5.	20	8				12						
Тема 6.	20	8				12						
Тема 7.	20	8				12						
Разом за розділом 2	100	40				60						
<b>Розділ 3. Прояви космічної матерії в астрономічних об'єктах різної природи</b>												
Тема 8.	20	8				12						
Тема 9.	20	8				12						
Тема 10.	20	8				12						
Тема 11.	20	8				12						
Тема 12.	20	8				12						
Разом за розділом 3	100	40				60						
<b>Розділ 4. Походження та еволюція матерії</b>												
Тема 13.	22	8				14						
Тема 14.	22	8				14						
Разом за розділом 4	44	16				28						
<b>Усього годин</b>	<b>300</b>	<b>112</b>				<b>172</b>						

#### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять – немає

#### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Поняття матерії в фізиці та філософії	12
2	Матерія в спеціальній та загальній теорії відносності	12
3	Ферміони та бозони, як представники різноманітності матерії	12
4	Фізичний вакуум: виявлені та вірогідні властивості	12
5	Прояви електричного та магнітного полів в космічних об'єктах	12
6	Конденсований стан космічної речовини	12
7	Застосування теорії розмірності для встановлення рівнянь стану	12

	квантових газів	
8	Особливості внутрішня будова зір різних мас і елементного складу	12
9	Гелійові та вуглецево-кисневі білі карлики	12
10	Оболонки наднових зір і планетарні туманності	12
11	Експерименти по виявленню властивостей фізичного вакууму	12
12	Вірогідні властивості астрономічних і фізичних об'єктів-кандидатів представників темної матерії	12
13	Кварки, лептони та баріогенезис	14
14	Походження та еволюція хімічних елементів у Всесвіті	14
	Разом	172

## 6. Індивідуальні завдання

### Реферати

1. Форми руху космічної матерії.
2. Складові елементарні частинки баріонної речовини.
3. Фізичний вакуум.
4. Фундаментальні фізичні поля..
5. З якої речовини складаються космічні тіла.
6. Еволюція речовини в зорях різної маси.
7. Чи відкрито всесвітній закон відштовхування?.
8. Перші зорі у Всесвіті: властивості, речовина та внутрішні фізичні процеси.

## 7. Методи контролю

Поточне тестування на лекціях, контрольні за розділами.

## 8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання							Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивід. завдання	Разом	Екзамен (залікова робота)	Сума
Розділ 1			Розділ 2								
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	5	10	40	60	100
2	2	2	2	2	2	2					
Розділ 3			Розділ 4								
T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14					
2	2	2	2	2	2	3					

T1, T2 ... – теми розділів.

## Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

## 9. Рекомендована література

### Основна література

1. Бисноватый-Коган Г.С. Релятивистская астрофизика и физическая космология. – М.: КРАСАНД, – 2011. – 376 с.
2. Захожай В.А. Вступ до астрофізики та космогонії. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2017. – 208 с.
3. Зельдович Я.Б., Блинников С.И. Шакура Н.И. Физические основы строения и эволюции звезд. – М.: МГУ, 1981.
4. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д., Релятивистская астрофизика. – М.: Наука, 1967 – 656 с.
5. Липунов В.М. Астрофизика нейтронных звезд. – М.: Наука. – 1987. – 296 с.
6. Новиков И.Д., Фролов В.П. Физика черных дыр. – М.: Наука, 1986.
7. Шапиро С., Тьюкольски С. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды. – М.: Мир, 1985.

### Допоміжна література

1. Андрієвський С.М., Климишин І.А. Курс загальної астрономії: підручник. – Одеса: Астропринт, 2010. – 480 с.
2. Астрономия: традиции, настоящее, будущее // Под ред. В.В. Орлова, В.П. Решетникова, Н.Я. Сотниковой. – СПб: СПбУ, ВВМб. – 2007. – 408 с.
3. Гуревич Л.Э., Чернин А.Д. Введение в космогонию. (Происхождение крупномасштабной структуры Вселенной). – М.: Наука, 1978. – 384 с.
4. Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В. Космология ранней Вселенной. – М.: МГУ, 1988.
5. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Теория тяготения и эволюции звезд. – М.: Наука, 1971. – 484 с.
6. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Строение и эволюция Вселенной. – М.: Наука, 1975. – 736 с.
7. Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. – М.: Наука, 1990.
8. Сучков А.А. Галактики знакомые и загадочные. – М.: Наука. – 1978. – 192 с. Физика Космоса /Маленькая энциклопедия/. – М.: Сов. Энциклопедия, 1986. – 784 с.
9. Хокинг С. Черные дыры и молодые вселенные. – СПб: Амфора / Эврика. – 2001. – 192 с.
10. Черепашук А.М., Чернин А.Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. – Фрязино: Век 2, 2004. – 320 с.

## 10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Страсбургський центр астрономічних даних: <http://cdsweb.u-strasbg.fr/> .
2. The Extrasolar Planets Encyclopaedia: <http://exoplanet.eu/catalog.php> .
3. Astronomy pictories: <http://apod.nasa.gov/apod/archivpix.html> .
4. ARIBIB: <http://www.ari.uni-heidelberg.de/aribib/query.htm> .
5. Index cit: [http://adsabs.harvard.edu/abstract\\_service.html](http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html) .
6. <http://www.astron.kharkov.ua/> - Сайт НДІ астрономії ХНУ імені В.Н. Каразіна.
7. Електронна бібліотека ХНУ імені В.Н. Каразіна.
8. Вікіпедія – електронна бібліотека.