

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

Магнітогідродинаміка в астрофізиці

(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 _____ за вибором _____
(обов'язкова / за вибором)
факультет _____ фізичний _____

2021_ / 2022 навчальний рік

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

“ 31 ” серпня 2021_ року, протокол № 7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Слюсарев І. Г., кандидат фіз.-мат наук, 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 “ **Газодинаміка та електродинаміка астрофізичних систем**” 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 роз'яснити студентам основні фізичні закони рухів суцільного середовища, та їх використання для пояснення та опису процесів, що спостерігаються у Всесвіті а також взаємодію газової складової із магнітними полями, принципи та особливості поведінки космічної плазми у широкому діапазоні умов, що зустрічаються у Всесвіті (від іоносфер планет до магнітосфер пульсарів).

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

- а) ознайомлення студентів із основами гідродинаміки, процесами у замагніченій космічній плазмі, фізичною кінетикою;
- б) надання розуміння проблем механіки суцільного середовища їх важливість для пояснення властивостей фізичних процесів на небесних тілах. .

1.3. Кількість кредитів: 3

1.4. Загальна кількість годин: 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни

Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	-й
Семестр	
3-й	-й
Лекції	
36 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
54 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання

- а) Знати визначення суцільного середовища, плазми та коли властивості небесних тіл задовольняють визначенням.
- б) Знати основні рівняння руху у гідродинаміці та МГД;
- в) Знати умови при яких рідину можна вважати нестискуваною, визначення законів збереження маси, імпульсу, енергії.
- г) Застосовувати рівняння Нав'є – Стокса до різних видів течії, розуміти зміст параметрів подібності течій;
- д) Володіти інформацією альфа-модель акреції Шакури-Сюняєва;
- е) Знати основні властивості плазми і рівняння, що описують вмороженість магнітного поля та хвилі Альвена;
- є) Знати рівняння розповсюдження хвиль у суцільних середовищах та основи теорій турбулентності;

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи гідродинаміки

Тема 1. Гідродинаміка ідеальної рідини.

Зміст: Способи опису руху рідини за Ейлером та Лагранжем. Субстанційна похідна. Рівняння нерозривності. Рівняння Ейлера. Гідростатична рівновага. Умови стійкої рівноваги, частота Брендта-Вяйсяля.

Тема 2. Термодинаміка і рух рідин і газів.

Зміст: Основні закони термодинаміки. Термодинамічні потенціали. Правило Максвелла та властивості якобіанів. Термодинамічні коефіцієнти. Інтеграл Бернуллі, лінії току. Потік енергії та потік імпульсу. Тензор потоку імпульсу. Вихрові рухи: збереження циркуляції швидкості, теорема Томпсона. Теореми Гельмгольца про вихори, вихрові трубки.

Тема 3. Гідродинаміка в'язкої рідини.

Зміст: Внутрішнє тертя в рідині. Евристичне пояснення виду тензору в'язких напружень. Рівняння Нав'є - Стокса у тензорному та векторному вигляді та у сферичній і циліндричній системах координат. Умови при яких рідину можна вважати не стискуваною. Дисипація енергії в нестиснуваній рідині. Критерії подібності течії нестиснуваної рідини – числа Рейнольдса, Фруда, Ейлера, Струхала та їх фізичний зміст. Течія Куетта – течія між двома коаксіальними циліндрами.

Тема 4. α -модель акреційного диску Шакури-Сюняєва.

Зміст: Рух частинок у полі тісної подвійної зорі. Темп акреції, чим він визначається, оцінка його величини у випадку ізотермічної та адіабатичної атмосфер. Рівняння збереження маси та моменту імпульсу у циліндричній системі координат. Поверхнева густина речовини диску, в'язкість диску, вираз для тензору в'язких напружень. Радіальна швидкість речовини у диску. Темп дисипації енергії у диску. Вертикальна структура оптично тонкого диску. Розрахунок спектра випромінювання акреційного диску Шакури-Сюняєва.

Розділ 2. Основи фізики плазми та магнітогідродинаміки.

Тема 5. Плазма.

Зміст: Екранування Дебая. Ленгмюрівські коливання, плазмова частота. Беззіштовхувальне затухання Ландау, декремент затухання. Процеси переносу у плазмі, парні кулонівські зштовхування, кумулятивний ефект великої кількості далеких зштовхувань, кулонівський логарифм.

Тема 6. Гідродинаміка рідини із ненульовою провідністю..

Зміст: Зв'язок стану руху речовини, що проводить струм, і магнітним полем. Рівняння Максвелла та Нав'є – Стокса. Магнітний тиск. Вмороженість або зчеплення магнітного поля і плазми. Теорія виникнення магнітного поля у небесних тіл – теорія динамо. Теорема Каулінга. МГД-хвилі, хвилі Альвена.

Розділ 3. Хвилі у рідині та турбулентність.

Тема 7. Різновиди хвиль у рідинах.

Зміст: Звукові хвилі. Поверхневі гравітаційні хвилі. Хвилі на мілкій воді. Солітон.

Тема 8. Турбулентний потік.

Зміст: Опис турбулентного потоку, рівняння Річардсона. Статистичний підхід для опису турбулентності. Спектр однорідної ізотропної турбулентності Колмогорова-Обухова.

Тема 9. Ударні хвилі.

Зміст: Поняття про ударні хвилі. Рівняння Гюгонію. Ударні хвилі в атмосферах зір.

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	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ I. Основи гідродинаміки												
Тема 1.	10	4				6						
Тема 2.	10	4				6						
Тема 3.	10	4				6						
Тема 4.	8	4				4						
Разом за розділом I	38	16				22						
Розділ II. Основи фізики плазми та магнітогідродинаміки.												
Тема 5.	10	4				6						
Тема 6.	8	2				6						
Разом за розділом II	18	6				12						
Розділ III. Хвилі у рідині та турбулентність.												
Тема 7.	10	4				6						
Тема 8.	10	4				6						
Тема 9.	14	6				8						
Разом за розділом III	34	14				20						
Усього годин	90	36				54						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять нема

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Умови конвекційної нестійкості.	6
2	Термодинамічні закони і рух рідини.	6
3	Рівняння Нав'є - Стокса у тензорному та векторному вигляді та у сферичній і циліндричній системах координат.	6
4	Дисипація енергії в нестиснюваній рідині.	4
5	. Вертикальна структура оптично тонкого диску.	6
6	МГД-хвилі Альвена.	6
7	Солітони і хвилі Росбі.	6
8	Статистичні рівняння Річардсона теорії турбулентності.	6
9	Ударні хвилі і прискорення космічних променів.	8
		54

6. Індивідуальні завдання

7. Методи контролю

Поточне тестування на лекціях, контрольні за розділами, залік.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання											Залікова робота	Сума		
Розділ 1			Розділ 2			Розділ 3			Контрольна робота, передбачена навчальним планом				Індивідуальне завдання	Разом
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	1	2				
4	3	3	3	4	3	3	3	4	10		0	40	60	100

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. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. *Гидродинамика*. 3-е изд., испр. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. - 736 с. (т. VI).
2. Pringle J., King A. *Astrophysical flows*. Cambridge University Press. 2007.
3. Д. В. Бисикало, А. Г. Жилкин, А. А. Боярчук. Газодинамика тесных двойных звёзд. ФИЗМАТЛИТ, 2013, 632 с.
4. Бреховских, Гончаров. Введение в механику сплошной среды. Издательство "Наука", Москва, 1982, 337 с.
5. Дибай Э.А., Каплан С.А. Размерности и подобие астрофизических величин М.: Наука, 1976.
6. Горбацкий В.Г. Космическая газодинамика, 1977.

Допоміжна література

1. Priest E. *Magnetohydrodynamics of the Sun*. 2014.
2. Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы, 1968.
3. Шерклиф Дж. Курс магнитной гидродинамики. М.: Мир Год: 1967, 320с.
4. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. ч. 1. — 6-е изд., испр. и доп. — М.: Физматлит, 1963. — 583 с.
5. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Часть 2 — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Физматгиз, 1963. — 728 с.

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

1. <http://www.astron.kharkov.ua/> - Сайт НДІ астрономії ХНУ імені В.Н. Каразіна.
2. Електронна бібліотека НДІ астрономії ХНУ імені В.Н. Каразіна.
3. Вікіпедія – електронна бібліотека.