Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра астрономії та космічної інформатики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Декан факультету

фізичного

(вказати назву структурного підрозділу)

Руслан ВОВК

(вказати П.І.Б керівника)

"30" серпня 2023 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

2023_ / 2024 навчальний рік

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

"___30___" ____серпня_____ 2023_ року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Слюсарев І. Г., кандидат фіз.-мат наук, доцент кафедри астрономії та космічної інформатики

Програму схвалено на засіданні кафедри астрономії та космічної інформатики

Протокол від "_28__"___серпня_____2023 року № _1

Завідувач кафедри астрономії та космічної інформатики

_____ Шкуратов Ю. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) _____«Астрономія»_____
назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) _____«Астрономія та космічна інформатика»__

_____ _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 "_29__"_____серпня _____2023_ року № _7_

Голова методичної комісії___фізичного факультету_____

_____ _Макаровський М. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “ **Магнітогідродинаміка в астрофізиці**” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

_____магістра_____
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напряму) _____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.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

• Здатність розв’язувати складні задачі і проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності та/або в процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог. (ІК).

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК1).
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК3).
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. (ЗК4).
- Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології. (ЗК5).
- Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. (ЗК6).
- Здатність проведення досліджень на відповідному рівні. (ЗК7).
- Здатність використовувати закони та принципи фізики та астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ. (СК1).
- Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та астрономії. (СК2).
- Здатність презентувати результати проведених досліджень, а також сучасні концепції у фізиці та астрономії фахівцям та нефахівцям. (СК3).
- Здатність комунікувати з колегами усно і письмово державною та англійською мовами щодо наукових досягнень та результатів досліджень в області фізики та астрономії. (СК4).
- Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними , а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв’язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях. (СК5).
- Здатність розробляти наукові та прикладні проєкти, керувати ними і оцінювати їх на основі фактів. (СК6).

- Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси. (СК8).
- Здатність робити наукові узагальнення та осмислення результатів наукових досліджень, співвідносити висновки із положеннями сучасних фізичних та астрономічних теорій. (СК9).
- Здатність ефективно використовувати на практиці сучасні теорії та методи управління наукою та ділового адміністрування. (СК10).

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 теоріх турбулентності;

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем. (ПРН1).
- Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії,

аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень. (ПРН2).

- Застосовувати сучасні теорії наукового менеджменту та ділового адміністрування для організації наукових і прикладних досліджень в області астрономії. (ПРН3).
- Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та астрофізичних досліджень і оцінювання їх достовірності. (ПРН4).
- Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних астрономічних явищ, об’єктів і процесів. (ПРН5).
- Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та астрономії. (ПРН6).
- Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напряму астрофізики, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді. (ПРН7).
- Презентувати результати досліджень у формі доповідей на семінарах, конференціях тощо, здійснювати професійний письмовий опис наукового дослідження, враховуючи вимоги, мету та цільову аудиторію. (ПРН8).
- Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напряму фізики та астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами. (ПРН9).
- Відшуковувати інформацію і дані, необхідні для розв’язання складних задач астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані. (ПРН10).
- Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та астрономії для розв’язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач. (ПРН11).
- Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей астрофізичних об’єктів і процесів, обробки результатів експерименті і спостережень. (ПРН12).
- Створювати фізичні, математичні і комп’ютерні моделі природних об’єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження. (ПРН13).
- Розробляти та викладати фізичні та астрономічні навчальні дисципліни в закладах вищої, фахової передвищої, професійної (професійно- технічної), загальної середньої та позашкільної освіти, застосовувати сучасні освітні технології та методики, здійснювати необхідну консультативну та методичну підтримку здобувачів освіти. (ПРН14).
- Планувати наукові дослідження з урахуванням цілей та обмежень, обирати ефективні методи дослідження, робити обґрунтовані висновки за результатами дослідження. (ПРН15).
- Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та/або теоретичних досліджень в області фізики та астрономії. (ПРН16).

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 нестиснюваній рідині. Критерії подібності течії нестиснюваої 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. Поверехнева 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 Максвела 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 Гюгоніо. 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 І. 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 1	38	16				22						
Розділ ІІ. Основи фізики плазми та магнітогідродинаміки.												
Тема 5.	10	4				6						
Тема 6.	8	2				6						
Разом за розділом ІІ	18	6				12						
Розділ ІІІ. Хвилі у рідині та турбулентність.												
Тема 7.	10	4				6						
Тема 8.	10	4				6						
Тема 9.	14	6				8						
Разом за розділом ІІІ	34	14				20						
Усього годин	90	36				54						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять нема

5. Завдання для самостійної робота

№ 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 навчання

Лекції, практичні, індивідуальні завдання та самостійна робота.

8. Методи контролю

Поточне тестування на лекціях, контрольні за розділами, залік.

9. 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		
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	1	2				100
4	3	3	3	4	3	3	3	4	10		0	40	60	100

Т1, Т2 ... – теми розділів.

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку, або екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 40 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Користуючись загальними критеріями оцінювання рівня сформованості знань, умінь та навичок, ступеня сформованості системи професійних компетенцій осіб, які навчаються для здобуття освітнього ступеня бакалавра, встановленими Міністерством освіти і науки України, виходячи зі Стандарту вищої освіти бакалавра Міністерства освіти і науки України за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія та його складової «Засоби діагностики якості вищої освіти», та у відповідності до Положення про організацію навчального процесу в Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна встановлюються такі вимоги до проведення та критерії оцінювання заліку зі спецкурсу «Основи астрономічних спостережень»:

1. Залікова робота проводиться у письмовій формі.
2. Термін виконання завдань дві аудиторні години, після чого студент передає відповідь викладачу.
3. Оцінка за виконання залікової роботи виставляється за шкалою оцінювання від 1 до 20 балів.
4. Оцінка за весь семестр роботи виставляється за шкалою оцінювання від 1 до 100 балів, як сума балів за навчальну діяльність студента протягом семестру, бали за контрольну роботу та залікову роботу.

Бали	**Критерії оцінювання виконання завдань**

90-100 Балів	Всі завдання здані і для більшості отримано максимальну кількість балів. Відповідь на контрольні та залікові питання правильна, обґрунтована, логічна, містить аналіз і систематизацію, зроблені аргументовані висновки.
70-89 Балів	Всі завдання здані. У відповідях на контрольній та заліковій роботах відтворюється значна частина питання. Студент виявляє знання і розуміння основних положень з навчальної дисципліни, певною мірою може аналізувати матеріал, порівнювати та робити висновки.
50-69 Балів	Здані не всі завдання. Відповіді на контрольній та заліковій роботах відтворюють основні положення питання на рівні запам'ятовування без достатнього розуміння.
0-49 Балів	Здані окремі завдання. Відповіді на контрольній та заліковій роботах дані неправильно, безсистемно, з грубими помилками, відсутні розуміння основної суті питань.

5. Студенту зараховується залік, якщо кількість балів складає не менше 50.

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

10. Рекомендована література

Основна література

1. Binney J., Tremaine S. Galactic dynamics. Princeton University Press 2008. - 741p.
2. Pringle J., King A. Astrophysical flows. Cambridge University Press. 2007.
3. Sparke L., Gallagher J. Galaxies in the Universe: An Introduction. Cambridge University Press 2007.
4. Longair M.S. Galaxy Formation. 2ed., Springer, 2008. – 739 p.
5. Schneider P. Extragalactic Astronomy and Cosmology: An Introduction. 2006.

Допоміжна література

1. Priest E. Magnetohydrodynamics of the Sun. 2014.
2. Lang K.R. Essential Astrophysics 2013. Springer. 650 p.
3. Bradt. Astronomy Methods A Physical Approach to Astronomical Observations (Cambridge Planetary Science).

4. Howell S. B. Handbook of CCD-photometry. Cambridge University Press. Cambridge. UK. – 2000. –164 p.
5. Fundamental Astronomy. /Eds. Karttunen H., Kroger P., Oja H., Poutanen M., Donner K.N. –M., 1996.
6.

11. Посиланная 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.