

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ХАРКІВСЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор

Микола ШУЛЬГА

« 30 »

2022 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

Хвилі в плазмі

Назва навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Доктор філософії
галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	104 фізика та астрономія
освітня програма	освітньо-професійна програма «Фізика та астрономія»
спеціалізація	
вид дисципліни	за вибором
Інститут	Інститут фізики плазми ННЦ ХХФТІ

2022 / 2023 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження
Науково-технічною радою ІНЦ ХФТІ

Від “29” 11 2022 року, протокол № 6

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

д.ф.-м.н., професор,

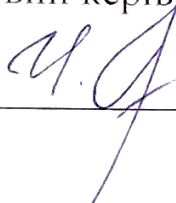
заступник директора ІФП ІНЦ ХФТІ з наукової роботи

ГРЕКОВ Дмитро Леонідович

Програму схвалено на засіданні Науково-технічної ради Інституту
фізики плазми _____

від “19” 10 2022 року, протокол № 2

Науковий керівник Інституту Фізики Плазми ІНЦ ХФТІ



(підпис)

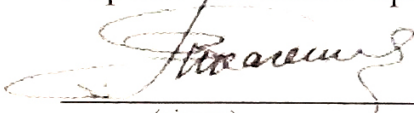
Igor GARKUША

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми
«Фізика та астрономія»

назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми «Фізика та астрономія»



(підпис)

Віктор ТКАЧЕНКО

(прізвище та ініціали)

Програма навчальної дисципліни «Хвилі в плазмі» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки третього (аспірант) рівня вищої освіти. Галузь знань: 10 – «Природничі науки». Спеціальність: 104 – «фізика і астрономія». Фахова орієнтація: «Фізика плазми».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни.

Метою викладання навчальної дисципліни є надання знань про основні властивості в однорідній і неоднорідній плазмі, особливості їх поширення і поглинання в плазмі без магнітного поля і у плазмі з магнітним полем, основні схеми застосування електромагнітних хвиль для нагрівання плазми в термоядерних пристроях.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Хвилі в плазмі» є надання аспірантам знань та навичок, достатніх для усвідомленої самостійної постановки та розв'язання задач (в першу чергу – якісного та оціночного характеру), що виникають під час професійної діяльності з приводу нагрівання плазми або електродинамічних явищ, а також для розробки стратегії розв'язання більш серйозних проблем, повністю або частково пов'язаних з проблемою керування термоядерного синтезу.

1.2.1. Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні наукові проблеми на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням професійної етики та академічної доброчесності. Фахові компетентності:

1.2.2. Фахові компетенції у теорії розповсюдження хвиль в плазмі:

СК05. Здатність ініціювати, розробляти та реалізовувати науково-дослідницькі, розробницькі та інноваційні проєкти у сфері фізики та/або астрономії, планувати й організовувати роботу науково-дослідницьких, розробницьких та інноваційних колективів.

СК06. Здатність застосовувати сучасні методи, методики, технології, інструменти та обладнання для проведення прикладних та фундаментальних наукових досліджень у галузі фізики та/або астрономії.

СК08. Уміння формулювати мету власного наукового дослідження в контексті світового наукового процесу, усвідомлювати його актуальність і значення для розвитку фізики та астрономії, інших галузей науки, загального розвитку суспільства.

СК09. Уміння формулювати робочі гіпотези та моделі досліджуваної проблеми.

СК32. Компетенція у сфері розповсюдження електромагнітних хвиль у плазмі.

1.3. Кількість кредитів 4

1.4. Загальна кількість годин 120

1.5. Опис навчальної дисципліни «Хвилі в плазмі»

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	
Галузь знань	10 – Природничі науки
напрямок підготовки	104 – фізика та астрономія
спеціальність	
освітньо-кваліфікаційний рівень	Доктор філософії
Мова навчання	Українська, англійська
Характеристика навчальної дисципліни	
Вид	додаткова
Загальна кількість годин	120
Кількість кредитів ECTS	4
Кількість змістових модулів	2
Форма контролю	залік
Показники навчальної дисципліни	
Рік підготовки	III
Лекційні заняття	16
Практичні заняття	12
Самостійна робота	90
Консультації	2

1.6. Передумови для вивчення дисципліни.

Передумовою вивчення дисципліни є базова освіта магістерського рівня в галузі фізики, лекційний курс основи фізики плазми, що викладається раніше або паралельно.

1.7. Заплановані результати навчання:

Згідно з освітньо-науковою програмою аспіранти мають досягти таких результатів навчання:

РН39. Знати - хвилі в плазмі без магнітного поля: а) гідродинамічна теорія; б) кінетична теорія. Хвилі в плазмі з магнітним полем: а) гідродинамічна теорія; б) кінетична теорія. Хвилі в обмеженій плазмі. Сучасні методи нагрівання плазми електромагнітними хвилями. Уміти обчислювати спектри хвиль, що поширюються в плазмі; визначати основні механізми загасання хвиль, що поширюються; освіченість стосовно мети і засобів високочастотного нагрівання плазми в установках керованого термоядерного синтезу.

Для цього аспіранти мають досягти наступних результатів.

Знати:

- принципи високочастотного нагрівання плазми;
- основи електродинаміки плазми;
- використання числових методів в наукових дослідженнях;
- методи верифікації отриманих результатів.

Вміти:

- описувати електромагнітні явища у плазмі;
- виділити найбільш важливий ефект в умовах конкретного завдання;
- правильно обробляти та інтерпретувати отримані результати.

Обізнаність аспірантів з принципами фізики плазми, а саме використання сучасних методів високочастотного нагрівання плазми в наукових дослідженнях та технологіях.

2. ЗМІСТ ТА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Тематичний план навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1.

Тема 1. Хвилі в однорідній плазмі без магнітного поля в гідродинамічному наближенні.

Тема 2. Хвилі в однорідній плазмі без магнітного поля в кінетичному наближенні.

Черенковське загасання хвиль. Внесок теплового руху частинок в дисперсійні рівняння.

Тема 3. Хвилі в обмеженій плазмі. Поверхневі хвилі. Власні коливання плазмового циліндру.

Тема 4. Методи і засоби збудження електромагнітних хвиль в плазмі.

МОДУЛЬ 2.

Тема 5. Хвилі в однорідній плазмі з магнітним полем в гідродинамічному наближенні. Хвилі в слабо неоднорідній плазмі.

Тема 6. Хвилі в однорідній плазмі з магнітним полем в кінетичному наближенні. Циклотронне загасання хвиль.

Тема 7. Методи нагрівання плазми електромагнітними хвилями.

Тема 8. Генерація струмів в плазмі за допомогою електромагнітних хвиль.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	кон	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Модуль I						
Тема 1. Хвилі в однорідній плазмі без магнітного поля в гідродинамічному наближенні.	14	2	-	-	-	12
Тема 2. Хвилі в однорідній плазмі без магнітного поля в кінетичному наближенні.	16	2	2	-	-	12
Тема 3. Хвилі в обмеженій плазмі.	16	2	2	-	-	12
Тема 4. Методи і засоби збудження електромагнітних хвиль в плазмі.	16	2	2	-	-	12
Разом Модуль I:	62	8	6		-	48
Модуль II.						
Тема 5. Хвилі в однорідній плазмі з магнітним полем в гідродинамічному наближенні.	14	2	2	-	-	10
Тема 6. Хвилі в однорідній плазмі з магнітним полем в кінетичному наближенні.	14	2	2	-	-	10
Тема 7. Методи нагрівання плазми електромагнітними хвилями.	14	2	-	-	2	10
Тема 8. Генерація струмів в плазмі за допомогою електромагнітних хвиль.	16	2	2	-	-	12
Разом Модуль II:	58	8	6	0	2	42
Усього годин:	120	16	12	0	2	90

Загальний обсяг: 120 год., зокрема: лекцій – 16 год.; практичних/семінарів – 12 год., самостійної роботи – 90 год., консультацій – 2 год.

4. Методи навчання

Online-навчання – застосовано під час карантину та військового стану з застосуванням електронних засобів зв'язку.

E-learning - презентації, презентації з анімацією, відеофільми, онлайн сайти та інше.

Offline-навчання – аудиторне навчання за всіма традиційними формами.

Асинхронне навчання –при консультуванні через електронну пошту.

5. Методи контролю

Навчальним планом передбачені наступні методи контролю:

Контрольна робота за матеріалами першого та другого модулю;

Залік.

6. Схема нарахування балів

Модуль I.

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Сума
Самостійна робота	Контрольні роботи, передбачені навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом	
-	60	40	100	100

Модуль II.

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Залік, (залікова робота)	Сума
Самостійна робота	Контрольні роботи, передбачені навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом		
-	30	10	40	60	100

7. Критерії оцінювання виконання завдань контрольної роботи Модуль 1.

1. Контрольна робота складається з 3 завдань, кожне завдання оцінюється за 20 бальною шкалою.
2. Загальна оцінка виконання контрольної роботи є єдиною оцінкою за виконання всіх завдань роботи.
3. Бали з оцінки кожного завдання знімаються за: – принципові помилки, тобто помилки, що свідчать про нерозуміння сутності проблеми, використання хибних науково-технологічних положень – від 5 до 10 балів;
 - вагомні помилки, тобто помилки, що свідчать про спрощений підхід до розгляду питання та відсутність належного аналізу – від 4 до 7 балів.
 - помилки за неувважністю та неакуратністю, вживання сленгу та ненаукової термінології – від 1 до 4 балів.
4. Виконання контрольної роботи оцінюється сумою балів.

8. Критерії оцінювання виконання завдань роботи Модуль 2.

1. Залікова робота складається з 3 завдань, кожне завдання оцінюється за 10 бальною шкалою.
2. Загальна оцінка виконання залікової роботи є єдиною оцінкою за виконання всіх завдань роботи.
3. Бали з оцінки кожного завдання знімаються за :

- принципові помилки, тобто помилки, що свідчать про нерозуміння сутності проблеми, використання хибних науково-технологічних положень – від 5 до 10 балів;
 - вагомі помилки, тобто помилки, що свідчать про спрощений підхід до розгляду питання та відсутність належного аналізу – від 4 до 7 балів.
 - помилки за неуважністю та неакуратністю, вживання сленгу та ненаукової термінології – від 1 до 4 балів.
4. Виконання залікової роботи оцінюється сумою балів.

9. Критерії оцінки залікової роботи.

1. Залікова робота складається з 3 завдань, кожне завдання оцінюється за 20 бальною шкалою.
2. Загальна оцінка виконання залікової роботи є єдиною оцінкою за виконання всіх завдань роботи.
3. Бали з оцінки кожного завдання знімаються за:
 - принципові помилки, тобто помилки, що свідчать про нерозуміння сутності проблеми, використання хибних науково-технологічних положень – від 10 до 20 балів;
 - вагомі помилки, тобто помилки, що свідчать про спрощений підхід до розгляду питання та відсутність належного аналізу – від 5 до 10 балів.
 - помилки за неуважністю та неакуратністю, вживання сленгу та ненаукової термінології - від 1 до 5 балів.
4. Виконання залікової роботи оцінюється сумою балів.

10. 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

11. Рекомендована література

Основна література

1. Т.Н. Stix, "The Theory of Plasma Waves," McGraw-Hill, New York, 1962.
2. A.I. Akhiezer, I.A. Akhiezer, R.V. Polovin, A.G. Sitenko, K.N. Stepanov Plasma Electrodynamics, Volume 1: Linear Theory 1975; 431 p; Pergamon Press; New York.
3. Krall, Nicholas A., Trivelpiece, Alvin W Principles of Plasma Physics Publisher San Francisco Pr, 1986.
4. А.Г. Загородній, А.І. Момот. Вступ до кінетичної теорії плазми. Київ. Наукова думка, 2015, 415 с.
5. V.L. Ginzburg The Propagation of Electromagnetic Waves in Plasmas. Pergamon Press, 1970 615 p.

Допоміжна література

6. Preinhalter J, Kopecky V J. *Plasma Phys.* **10** 1 (1973).
7. William P. Allis, Solomon J. Buchsbaum and Abraham Bers Waves in Anisotropic Plasmas. MIT Press, Cambridge, MA, 1963.

8. Nagasaki K, Yanagi N *Plasma Phys. Control. Fusion* **44** 409 (2002).
9. Laqua H.P., the W7-AS Team, the ECRH Group *Plasma Phys. Control. Fusion* **41** A273 (1999).
10. High-Frequency Plasma Heating, A.G.Litvak Editor American Institute of Physics, New York, 1992.
11. V.V. Zheleznyakov Radiation in Astrophysical Plasmas. Springer, 1996, 432p.

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

<https://www.youtube.com/channel/UCfhI84QOrypRN8bYQuUhm-w>

Plasma and Plasma Physics, UKAEA Webinars