

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра прикладної фізики та фізики плазми

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

В. о. директора навчально-наукового
інституту
ННІ «Фізико-технічний факультет»
Пилип КУЗНІЦОВ

“ ” 2023 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Плазмова електроніка та колективні методи прискорення

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти	другий (магістр)
галузь знань	10 – “Природничі науки” (шифр і назва)
спеціальність	105 – “Прикладна фізика та наноматеріали” (шифр і назва)
освітня програма	“Експериментальна ядерна фізика та фізика плазми” (шифр і назва)
спеціалізація	(шифр і назва)
вид дисципліни	за вибором (обов’язкова / за вибором)
факультет	ННІ «Фізико-технічний факультет»

2023 / 2024 навчальний рік


Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою ННІ «Фізико-технічний факультет»
“25” серпня 2023 року, протокол №8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Денисенко Ігор Борисович Д.ф.-м.н., професор, професор кафедри прикладної
фізики та фізики плазми

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної фізики та фізики плазми

Протокол від “24” липня 2023 року № 12

Завідувач кафедри прикладної фізики та фізики плазми

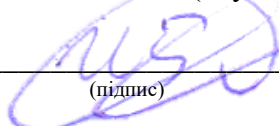


(підпис)

Ігор ГАРКУША
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-наукової програми Експериментальна ядерна
фізика та фізика плазми
(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (наукової) програми




(підпис)

Ігор ДЕНИСЕНКО
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією ННІ «Фізико-технічний факультет»

Протокол від “14” серпня 2023 року № 11

Голова науково- методичної комісії ННІ «Фізико-технічний факультет»



(підпис)

Микола ЮНАКОВ
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Плазмова електроніка та колективні методи прискорення. Частина І» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки

другого рівня вищої освіти (магістр), галузь знань: 10 – “Природничі науки”.

спеціальності 105 – “Прикладна фізика та наноматеріали”, спеціалізації “Фізика плазми”.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є засвоєння студентами основних закономірностей, пов'язаних з поширенням електромагнітних хвиль в обмежених, неоднорідних та магнітоактивних плазмових середовищах, а також інтерпретації типових експериментів з цієї тематики. Дисципліна «Плазмова електроніка та колективні методи прискорення. Частина І» є необхідною складовою підготовки фахівців в галузі фізики плазми, вона містить матеріал засвоєння якого дають студентам компетенції в таких напрямках як радіозв'язок, радіоастрономія, фізика плазми і фізика іоносфери, розповсюдження радіохвиль в реальній просторово неоднорідній плазмі. Засвоєння фундаментальних фізичних складових, що викладаються в межах дисципліни «Плазмова електроніка та колективні методи прискорення. Частина І» є умовою для подальшого викладання таких дисциплін як «Плазмодинаміка», «Плазмова електроніка та колективні методи прискорення. Частина ІІ» та «Теорія плазми та стохастичних систем».

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Загальні компетентності:

- готовність до саморозвитку та самореалізації (ЗК-1);
- здатність до абстрактного та системного мислення й аналізу (ЗК-2);
- здатність до письмової й усної комунікації державною, рідною та іноземною мовами для розв'язання виробничих задач (ЗК-4);

Фахові компетентності:

- здатність самостійно проводити наукові дослідження, складати план дослідження та одержувати нові наукові й прикладні результати (ФК-1);
- здатність використовувати методи аналітичної обробки результатів дослідження та математичного моделювання (ФК-4);
- здатність використовувати отримані знання для розробки та забезпечення працездатності сучасних дослідницьких та технологічних фізичних систем ядерної та альтернативної енергетики, вакуумно-плазмових та енергетичних пристроїв із дотриманням нормативних заходів безпеки їх експлуатації (ФК-5).

Основними завданнями вивчення дисципліни «Плазмова електроніка та колективні методи прискорення. Частина І» є надання студентам 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 плазмової електроніки та колективні методи прискорення, засвоєння основних методів розрахунку параметрів, що характеризують поширення електромагнітних хвиль в обмежених, неоднорідних та магнітоактивних плазмових середовищах.

1.3. Кількість кредитів **6**

1.4. Загальна кількість годин **62**

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов'язкова / <u>за вибором</u>	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
2-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
-	год.
Лабораторні заняття	
-	год.
Самостійна робота	
30 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
1	

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з освітньо-науковою програмою «Експериментальна ядерна фізика та фізика плазми» спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» студенти мають досягти таких результатів навчання:

- здатність продемонструвати знання і розуміння наукових і математичних принципів, необхідних для розв'язування інженерних задач та виконання досліджень в галузі теоретичної та прикладної фізики, ядерної та термоядерної енергетики, тощо (Зн-1);
- здатність продемонструвати знання сучасного стану справ, тенденції розвитку, найбільш важливі розробки та новітні технології в галузі теоретичної та прикладної фізики, ядерної та термоядерної енергетики, тощо (Зн-2);
- здатність продемонструвати поглиблені знання у вибраній спеціалізації (Зн-3);
- вибирати методи і моделювати явища та процеси в динамічних системах, а також аналізувати отримані результати (Ум-1);

- застосовувати інформаційно-комунікаційні технології та навички програмування для розв'язання типових інженерних завдань (Ум-3);
- застосовувати отримані знання й практичні навички, адаптувати результати наукових досліджень під час створення нового та експлуатації існуючого електроенергетичного, електротехнічного устаткування та його складових (Ум-4);
- застосовувати знання і розуміння для розв'язування задач синтезу та аналізу елементів та систем, характерних обраній спеціалізації (Ум-5);
- здійснювати пошук, аналізувати і критично оцінювати інформацію з різних джерел (Ум-6);
- критично проаналізувати основні показники функціонування системи та оцінити використані технічні рішення та обладнання (Ум-10);
- аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованої задачі, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення (Ум-12);
- вміти ефективно спілкуватись на професійному та соціальному рівнях, включаючи усну та письмову комунікацію іноземною мовою (Ком-1);
- вміти представляти та обговорювати отримані результати та здійснювати трансфер набутих знань (Ком-2);
- здатність адаптуватись до нових умов та самостійно приймати рішення (АіВ-1);
- демонструвати здатність усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань (АіВ-2);
- демонструвати здатність відповідально ставитись до виконуваної роботи та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики (АіВ-3);

Для цього студенти мають досягти наступних результатів.

Знати:

- принципи розповсюдження хвиль в обмеженій, неоднорідній та магнітоактивній плазмі;

Вміти:

- проаналізувати властивості хвиль, що поширюються в обмежених, неоднорідних та магнітоактивних плазмових середовищах;
- виділити найбільш важливий ефект в умовах конкретного завдання або експерименту;
- правильно обробляти та інтерпретувати отримані результати.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Поширення електромагнітних хвиль в слабо неоднорідній вільній плазмі.

Тема 1. Розповсюдження електромагнітних хвиль вздовж градієнту неоднорідності густини плазми.

Система рівнянь, що описує поширення електромагнітних хвиль вздовж градієнта густини вільної плазми. Основні припущення. Наближений розв'язок хвильового рівняння для вектора електричного поля. Більш коректний наближений розв'язок хвильового рівняння. Випадки, коли геометрична оптика незастосовна. Відбиття хвиль.

Тема 2. Похиле падіння хвилі на шар плазми.

Структура електромагнітного поля хвилі з магнітним вектором, який лежить у площині падіння (s-поляризована хвиля). Хвиля з електричним вектором, який лежить у площині падіння (p-поляризована хвиля). Про особливості поля електромагнітної p-поляризованої хвилі в точці плазмового резонансу та поблизу точки відбиття. Вплив теплового руху електронів поблизу точки плазмового резонансу для P - поляризованої хвилі на структуру поля. Формування плазмових хвиль.

Розділ 2. Поширення електромагнітних хвиль в сильно неоднорідній вільній плазмі.

Тема 3. Високочастотні поверхневі хвилі в обмеженій вільній холодній плазмі.

Дисперсія, структура електромагнітного поля, фазова та групова швидкості поверхневих хвиль, що поширюються на пласкій межі холодної плазми з вакуумом. Об'ємна та поверхнева густини електронів. Загасання хвилі. Енергетичні характеристики поверхневої хвилі. Доказ того, що H-хвилі в холодній плазмі не можуть бути хвилями поверхневого типу. Зворотні поверхневі хвилі у присутності тонкого діелектричного шару. Дисперсійне рівняння для хвиль, що поширюються у циліндричному стовпі плазми, який міститься в металевому хвилеводі. Тонкий циліндричний хвилевід. Швидкі E-хвилі у плазмовому хвилеводі. Швидкі H-хвилі у плазмовому хвилеводі.

Тема 4. Вплив теплового руху електронів на властивості хвиль в обмежених плазмових середовищах.

Вплив теплового руху електронів на поверхневу хвилю на межі плазма – вакуум. Поверхневі хвилі на межі плазма-метал. Низькочастотні хвилі в сильно неізотермічній плазмі.

Тема 5. Загасання поверхневих хвиль у неоднорідних плазмових хвилеводах.

Загасання поверхневих хвиль, що розповсюджуються у циліндричному хвилеводі з малою перехідною областю. Дисперсійні властивості та загасання поверхневої хвилі у тонкому циліндричному хвилеводі. Несиметричні потенціальні поверхневі хвилі.

Розділ 3. Поширення електромагнітних поверхневих хвиль в магнітоактивній обмеженій плазмі.

Тема 6. Об'ємні та поверхневі потенціальні хвилі в магнітоактивній обмеженій плазмі.

Загальні положення. Властивості потенціальних несиметричних поверхневих хвиль в магнітоактивному циліндричному плазмовому хвилеводі. Система рівнянь, просторовий розподіл потенціалу, граничні умови та дисперсійне рівняння для цих хвиль. Властивості об'ємних хвиль (частотні області існування, дисперсія, фазова і групова швидкості). Потенціальні несиметричні об'ємні та поверхневі хвилі в магнітоактивному неоднорідному плазмовому хвилеводі.

Тема 7. Непотенціальні поверхневі хвилі на межі плазма-метал, що розповсюджуються поперек зовнішнього магнітного поля.

Основні рівняння. Дисперсійна залежність, частотний діапазон існування, густини об'ємного та поверхневого зарядів, густина поверхневого струму для цих хвиль.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Поширення електромагнітних хвиль в слабо неоднорідній вільній плазмі.						
Разом за розділом 1		10			1	11
Розділ 2. Поширення електромагнітних хвиль в сильно неоднорідній вільній плазмі.						
Разом за розділом 2		11				9
Розділ 3. Поширення електромагнітних поверхневих хвиль в магнітоактивній обмеженій плазмі.						
Разом за розділом 3		11				10
Усього годин	62	32				30

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

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Наближений розв'язок хвильового рівняння для вектора електричного поля.	7
2	Вплив теплового руху електронів поблизу точки плазмового резонансу для Р - поляризованої хвилі на структуру поля. Формування плазмових хвиль.	7
3	Швидкі Н-хвилі у плазмовому хвилеводі.	6
4	Несиметричні потенціальні поверхневі хвилі.	5
5	Визначення об'ємної та поверхневої густини електронів.	5
	Разом	30

6. Індивідуальні завдання Рекомендовані теми курсових робіт

- Макроскопічні або гідродинамічні нестійкості пучка електронів в іонізованому газі.
- Аперіодична нестійкість пучків.
- Механізми випромінювання електронних пучків.
- Поширення хвиль у запыошеній плазмі.
- Поширення хвиль в метаматеріалах.
- Проходження електромагнітних хвиль крізь шаруваті плазмові структури.

7. Умови застосовності наближення геометричної оптики для опису розповсюдження хвиль в неоднорідній манітоактивній плазмі.
8. Поширення імпульсів (обмежених у часі та просторі хвильових пакетів) в магнітоактивній плазмі.
9. Відбиття хвиль від неоднорідного шару плазми у присутності зовнішнього магнітного поля.
10. Поширення імпульсів (обмежених у часі та просторі хвильових пакетів) у плазмі за відсутності зовнішнього поля.

7. Методи навчання

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

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

Оффлайн-навчання – аудиторне навчання за всіма традиційними формами

Асинхронне навчання –при консультуванні через електронну пошту.

8. Методи контролю

- Навчальним планом передбачені наступні методи контролю:
- Контрольна робота за матеріалами першого та другого розділу;
- Залік

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Екзамен (залікова робота)	Сума
Самостійна робота	Контрольні роботи, передбачені навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом		
10	20	10	40	60	100

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку, або екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 20 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Критерії оцінювання виконання завдань контрольної роботи.

1. Контрольна робота складається з 2 завдань, кожне завдання оцінюється за 10 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;

- 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 контрольної роботи оцінюється сумою балів.

Критерії оцінки курсової роботи.

Курсова робота оцінюється з суми балів, що виставив керівник роботи та оцінки прийомної комісії:

- керівник оцінює роботу за 10 бальною шкалою, та обґрунтовує в відгуку керівника, що надається,
- комісія заслуховує результати курсової роботи та оцінює її за 10 бальною шкалою.

Критерії оцінки залікової роботи.

1. Залікова робота складається з 2 завдань, кожне завдання оцінюється за 30 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.

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. Азаренков М. О. Розповсюдження та загасання електромагнітних хвиль у неоднорідній та обмеженій плазмі : навчальний посібник / М. О. Азаренков, І. Б. Денисенко, С. В. Івко, М. І. Гришанов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 140 с.
2. Азаренков М. О. Високочастотні хвилі в обмеженій ізотропній плазмі : методичні вказівки до курсу Плазмова електроніка / М. О. Азаренков, І. Б. Денисенко, С. В. Івко, М. І. Гришанов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. – 48 с.
3. М. О. Азаренков. Розповсюдження електромагнітних хвиль у неоднорідній ізотропній плазмі: методичні вказівки до курсу Плазмова електроніка / М. О. Азаренков, І. Б. Денисенко, С. В. Івко, М. І. Гришанов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. – 48 с.

Допоміжна література

1. A.I. Morozov. Introduction to Plasma Dynamics, Taylor and Francis pub. 2013, ISBN 9780429111631, <https://doi.org/10.1201/b13929>
2. Eliezer S., Eliezer Y. The fourth state of matter. An introduction to plasma science. IOP, Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 2001, 224 p.
3. Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London © Springer International Publishing Switzerland 2016, 497 p

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

1. <http://dspace.univer.kharkov.ua/>
2. <http://ftf.at.ua/>
3. <http://www.twirpx.com/files/physics/plazma/>