

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра космічної радіофізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету радіофізики,
біомедичної електроніки та
комп'ютерних систем



Сергій ШУЛЬГА

25 червня 2025р.

Робоча програма навчальної дисципліни
Поширення радіохвиль в іоносфері та космосі
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий (магістерський)
галузь знань 10 – Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали
(шифр і назва)
освітня програма Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни вибіркова
(обов'язкова / за вибором)
факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

2025 / 2026 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

“ 25 ” червня 2025 року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Розуменко В.Т., доктор фіз.-мат. наук, доцент, професор

(автор, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Програму схвалено на засіданні кафедри космічної радіофізики

Протокол від “ 24 ” червня 2025 року № 14

Завідувач кафедри космічної радіофізики



Леонід ЧОРНОГОР

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) "Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи"

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) Ольга Багацька



Ольга Багацька

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 25 ” червня 2025 року № 6

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем



Олександр БУТРИМ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Поширення радіохвиль в іоносфері та космосі”
складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки
другого (магістерського) рівня вищої освіти
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напряму) 105 Прикладна фізика та наноматеріали

спеціалізації _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни – опанувати основні методи розрахування параметрів радіохвиль, що поширюються в іоносфері та космосі.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни – опанувати основні теоретичні положення та розв’язати запропоновані задачі.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною зі спеціальності
105 – Прикладна фізика та наноматеріали

Загальні компетентності

- K01. Здатність до абстрактного та системного мислення, аналізу та синтезу.
- K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- K04. Здатність бути критичним і самокритичним.
- K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- K06. Навички міжособистісної взаємодії.
- K07. Навички здійснення безпечної діяльності.
- K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- K09. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків.
- K10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.
- K11. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо. Готовність діяти в нестандартних ситуаціях.
- K12. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- K13. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
- K14. Здатність реалізувати свої права і обов’язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.
- K15. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, їх місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

Фахові компетентності

- K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної теоретичної та прикладної фізики.
- K17. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики при вивченні та дослідженні фізичних явищ і процесів.
- K18. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

- K19. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати числові методи для розв'язування фізичних задач і моделювання фізичних систем.
- K20. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи, та керувати колективом у сфері своєї професійної діяльності.
- K21. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- K22. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.
- K23. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних досліджень.
- K24. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів і теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики та інших природничих наук.
- K25. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

1.3. Кількість кредитів – 4.

1.4. Загальна кількість годин – 120.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов'язкова / <u>вибіркова</u>	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	-й
Семестр	
1-й	-й
Лекції	
40 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
8 год.	год.
Лабораторні заняття	
	.
Самостійна робота	
72 год.	год.

1.6. Заплановані результати навчання

- знати основні методи розрахування параметрів радіохвиль, що поширюються;
- вміти скласти систему рівнянь для розрахування параметрів радіохвиль, що поширюються в іоносфері та космосі.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ (ПРН)

Спеціальність: 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

ПР01. 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.

ПР02. Здатність продемонструвати знання сучасного стану справ, тенденції розвитку, найбільш важливі розробки та новітні технології в галузі теоретичної та прикладної фізики, радіофізики та електроніки, ядерної та термоядерної енергетики, космічних досліджень, тощо.

ПР03. Здатність продемонструвати поглиблені знання у вибраній спеціалізації.

- ПР04. Здатність продемонструвати розуміння впливу технічних рішень в суспільному, економічному, соціальному і екологічному контексті.
- ПР05. Вміти вибирати методи і моделювати явища та процеси в динамічних лінійних і нелінійних системах, а також аналізувати отримані результати.
- ПР06. Вміти самостійно планувати та виконувати експерименти, оцінювати отримані результати.
- ПР07. Вміти застосовувати інформаційно-комунікаційні технології та навички програмування для розв'язання типових наукових і інженерних завдань.
- ПР08. Вміти застосовувати отримані знання й практичні навички, адаптувати результати наукових досліджень під час створення нового та експлуатації існуючого радіотехнічного, електронного, електротехнічного устаткування та його складових.
- ПР09. Вміти застосовувати знання і розуміння для розв'язування задач аналізу та синтезу елементів та систем, характерних обраній спеціалізації.
- ПР10. Вміти здійснювати пошук, аналізувати та критично оцінювати інформацію з різних джерел.
- ПР11. Вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди.
- ПР12. Вміти поєднувати теорію та практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціалізації з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів.
- ПР13. Вміти самостійно виконувати експериментальні дослідження та застосовувати дослідницькі навички за професійною тематикою.
- ПР14. Вміти критично проаналізувати основні показники функціонування системи та оцінити використані технічні рішення та обладнання.
- ПР15. Вміти застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з інших дисциплін та враховуючи нетехнічні аспекти, під час розв'язання інженерних задач обраної спеціалізації та проведення досліджень.
- ПР16. Вміти аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованої задачі, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення.
- ПР17. Вміти ефективно спілкуватись на професійному та соціальному рівнях, включаючи усну та письмову комунікацію іноземною мовою.
- ПР18. Вміти представляти та обговорювати отримані результати та здійснювати трансфер набутих знань.
- ПР19. Здатність адаптуватись до нових умов та самостійно приймати рішення.
- ПР20. Здатність усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань.
- ПР21. Здатність відповідально ставитись до виконуваної роботи та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики.
- ПР22. Здатність демонструвати розуміння засад охорони праці, електробезпеки та їх застосування

1.7 Пререквізити: Електродинаміка, Теорія функцій комплексної змінної.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Поширення радіохвиль в однорідному середовищі

Тема 1. Основні рівняння

Тема 2. Матеріальні рівняння

Тема 3. Магнітоіонна теорія. Поляризація. Показники заломлювання та поглинання

Тема 4. Промені, фазова та групова швидкість

Тема 5. Шаруваті середовища. Рівняння Букера четвертого ступеня

Розділ 2. Поширення у шаровому середовищі

Тема 6. В.К.Б. розв'язання

Тема 7. Функція Ейрі

Тема 8. Побудова променів у шаровому середовищі без втрат

Тема 9. Коефіцієнти відбиття та проходження

Тема 10. Промені в ізотропній іоносфері. Типи траєкторій

Тема 11. Промені в анізотропній плазмі

Тема 12. Ефект Доплера. Ефект Фарадея

Розділ 3. Поширення радіохвиль різних діапазонів у атмосфері та іоносфері

Тема 14. Поширення в атмосфері

Тема 15. Поширення в іоносфері

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	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Поширення в однорідному середовищі												
Разом за розділом 1	44	16	3			25						
Розділ 2. Поширення у шаровому середовищі												
Разом за розділом 2	48	18	3			27						
Розділ 3. Поширення радіохвиль різних діапазонів у атмосфері та іоносфері												
Разом за розділом 3	28	6	2			20						
Усього годин	120	40	8			72						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок складових тензора діелектричної проникності на головних осях для плазми з декількома іонами.	2
2	Розрахунки поглинання з використанням рівняння Букера	2
3	Розрахунки електронної концентрації $N(z)$ з $h'(f)$	2
4	Розрахунок еквівалентної висоти $h'(f)$	2
	Разом	8

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні рівняння. Матеріальні рівняння	5
2	Магнітоіонна теорія. Поляризація. Показники заломлювання та поглинання	5
3	Промені, фазова та групова швидкість. Шаруваті середовища. Рівняння Букера четвертого ступеня	9
4	В.К.Б. розв'язок. Функція Ейрі. Побудова променів у шаровому середовищі без втрат.	9
5	Коефіцієнти відбиття та проходження	9

6	Промені в ізотропній іоносфері. Типи траєкторій.	4
7	Промені в анізотропній плазмі.	4
8	Ефект Доплера. Ефект Фарадея	9
9	Поширення радіохвиль в атмосфері	9
10	Поширення радіохвиль в іоносфері	9
	Разом	72

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені

7. Методи навчання

В умовах запровадження в Україні військового стану проведення занять може відбуватися дистанційно або змішаною формою.

Лекції відбуваються в on-line режимі з використанням технології Zoom.

Консультації, практичні заняття, семінари та лабораторні роботи – в аудиторіях і лабораторіях із дотриманням встановлених вимог з безпеки, а у разі *відміни аудиторних занять* – в on-line режимі з використанням технологій Zoom, Skype та Google Meet.

Підсумковий іспит проводиться аудиторно або в on-line режимі.

8. Методи контролю

Вибіркові опитування, перевірка домашніх завдань, перевірка виконання завдань для самостійної роботи, залік.

9. Схема нарахування балів

Умовою допуску до заліку є виконання всіх домашніх завдань, завдань для самостійної роботи на позитивну оцінку.

Поточний контроль, самостійна робота				залік	Сума
Виконання домашніх завдань	Результати опитування впродовж практичних занять	Оцінка за виконання самостійних завдань	Разом		
Розділ 1-3	Розділ 1-3	Розділ 1-3	60	40	100
20	20	20			

T1, T2 ... – теми розділів.

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
------	--------------	---------------

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Знання студентів з теоретичної та практичної підготовки оцінюються за такими критеріями:

— **"зараховано"** — студент

знає зміст навчальної дисципліни,

засвоїв теоретичний матеріал,

використовує теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу,

знає основні положення рекомендованої літератури,

має практичні навички,

логічно мислить і будує відповідь,

— **"не зараховано"** — студент

не знає зміст навчальної дисципліни,

не опанував теоретичний матеріал,

не знає визначень, наукових фактів,

не орієнтується в рекомендованій літературі,

не сформовані практичні навички.

11. Рекомендована література

Основна література

1. Budden K. J. The Propagation of Radio Waves: The Theory of Radio Waves of Low Power in the Ionosphere and Magnetosphere / Oxford – 1988. – XVI – 669 pp.
2. Davies K. Ionospheric radio / London: Peter Peregrinus Ltd. – 1990. – 580 p.
3. Schunk R. W., A. F. Nagy Ionospheres: Physics, Plasma Physics and Chemistry, 2nd edition. / Cambridge University Press – 2009 – 628p.

Допоміжна література

1. Hall P. M., L. W. Barclay, M. T. Hewitt. Propagation of Radiowaves. Ed. / London, Peter Peregrinus Ltd. – 1996. – XX – 446 pp.
2. Davies K. Ionospheric Radio. / London, Peter Peregrinus Ltd. – 1990. – XX – 580 pp.
3. Allnut J. A. Satellite-to-ground radiowave propagation. Printed in Great Britain by BPCC Wheatons Ltd. / Exeter.: Peter Peregrinus Ltd. – 1989 –XI – 421 Pp.
4. Kerr D. E. Propagation of Short Radiowaves Ed. / London, Peter Peregrinus Ltd. – 1996. – XXVII – 737 pp.
5. Booker H. G. Energy in Electromagnetism. / London, Peter Peregrinus Ltd. – 1996. – XIV – 360 pp.

12. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відеолекції, інше методичне забезпечення

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_propagation

Додаток до робочої програми навчальної дисципліни

“Поширення радіохвиль в іоносфері та космосі”

(назва дисципліни)

Дію робочої програми продовжено: на 20____/20____ н. р.

Заступник декана з навчальної роботи факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп’ютерних систем

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«____» _____ 20__ р.

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп’ютерних систем

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«____» _____ 20__ р.