

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра космічної радіофізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-
педагогічної роботи

Антон ПАНТЕЛЕЙМОНОВ

“ _____ ” _____ 2022 р.

Робоча програма навчальної дисципліни
Радіофізичні методи дослідження геокосмосу
(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 і електроніка
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни за вибором
(обов'язкова / за вибором)
факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

2022 / 2023 навчальний рік

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

“22” липня 2022 року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Цимбал А. М., канд. фіз. - мат. наук, доцент, доцент
(автор, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Програму схвалено на засіданні кафедри космічної радіофізики

Протокол від “19” липня 2022 року № 7

Завідувач кафедри космічної радіофізики

(підпис) Леонід ЧОРНОГОР
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) "Радіофізика і електроніка"

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) Маслов В. О.

(підпис) Вячеслав МАСЛОВ
(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 “21” липня 2022 року № 6

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

(підпис) Олександр БУТРИМ
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Радіофізичні методи дослідження геокосмосу” 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 – засвоєння основ радіофізичних методів дослідження геокосмосу.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни – методи дослідження, основні технічні характеристики радіотехнічних систем для дослідження геокосмосу, методики визначення параметрів навколоземного простору, похибки вимірювань.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

K01. Здатність до абстрактного та системного мислення, аналізу та синтезу.

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

K07. Навички здійснення безпечної діяльності.

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.

1.3. Кількість кредитів – 6.

1.4. Загальна кількість годин – 180.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
1-й	-й
Лекції	
16 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
8 год.	год.
Лабораторні заняття	
24 год.	год.
Самостійна робота	
132 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання –

знати основні технічні характеристики радіотехнічних систем для дослідження геокосмосу, методики визначення параметрів навколоземного простору, можливості методів дослідження для розробки моделей параметрів навколоземного простору та прогнозування “космічної погоди”, похибки вимірювань та їх можливі джерела.

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.

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 інформаційнокомунікаційні 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.

ПР10. Вміти здійснювати пошук, аналізувати та критично оцінювати інформацію з різних джерел.

ПР13. Вміти самостійно виконувати експериментальні дослідження та застосовувати дослідницькі навички за професійною тематикою.

ПР22. Здатність демонструвати розуміння засад охорони праці, електробезпеки та їх застосування

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Методи дослідження нижньої іоносфери

Тема 1. Вступ.

Предмет курсу. Особливості та задачі курсу, його місце в космічній фізиці. Суть радіофізичних методів (РФМ), поняття про області космічного простору, їх основні параметри. Прямі та зворотні задачі.

Тема 2. Метод вертикального зондування.

Суть методу. Історична довідка. Теорія методу. Методика вимірювань. Методика обробки. Можливості методу. Установки для проведення вимірювань; оптимізація їх параметрів. Похибки методу, достоїнства та недоліки методу. Особливості зондування зверху (зі штучних супутників Землі).

Тема 3. Метод часткових відбиттів.

Суть методу. Історична довідка. Механізми часткових відбиттів. Теорія Френеля. Теорія, що базується на розсіянні радіохвиль. Методики диференційного поглинання та диференційної фази (в класичній теорії та теорії Сена-Уіллера). Методики визначення профілей електронної концентрації та частоти зіткнень. Методики визначення швидкості та напрямку дрейфів. Кореляційна методика. Особливості досліджень природних та штучних збурень. Можливості методу; просторово та часова роздільні здатності; похибки. Установки для проведення досліджень методом часткових відбиттів. Достоїнства та недоліки методу.

Тема 4. Метод імпульсної кросмодуляції.

Суть методу. Історична довідка. Метод кросмодуляції 3- родів. Амплітудна та фазова кросмодуляція. Теорія методу. Методики вимірювань. Методики обробки. Можливості методу, висотна та часова роздільні здатності; похибки. Установки для проведення вимірювань; оптимізація їх параметрів. Достоїнства та недоліки методу.

Тема 5. Метод самомодуляції.

Суть методу. Історична довідка. Амплітудна та фазова самомодуляція. Теорія методу. Методики вимірювань. Методики одержання параметрів іоносфери. Можливості методу, висотна та часова

роздільні здатності; похибки. Установки для проведення вимірювань; оптимізація їх параметрів. Достоїнства та недоліки методу.

Тема 6. Метод резонансного розсіяння.

Суть методу. Історична довідка.

Штучні квазіперіодичні неоднорідності. Методика вимірювань. Методики обробки. Можливості методу, висотна та часова роздільні здатності; похибки. Установки для проведення вимірювань; оптимізація їх параметрів. Достоїнства та недоліки методу.

Тема 7. Мезосферно-стратосферно-тропосферні радари.

Суть методу. Методика вимірювань. Методики обробки. Можливості методу, висотна та часова роздільні здатності; похибки. Установки для проведення вимірювань; оптимізація їх параметрів. Достоїнства та недоліки методу.

Тема 8. Метод ефекту Доплера радіосигналів, що відбиваються від іоносфери.

Суть методу. Вертикальне та похиле зондування. Діапазони радіосигналів, що використовуються в методі. Методики вимірювань. Методики обробки. Можливості методу, висотна та часова роздільні здатності; похибки. Установки для проведення вимірювань; оптимізація їх параметрів. Достоїнства та недоліки методу.

Розділ 2. Метод некогерентного розсіяння

Тема 9. Суть методу. Історична довідка.

Основи теорії некогерентного розсіяння. Потужність розсіяних сигналів. Спектр потужності та автокореляційна функція некогерентно розсіяних сигналів. Іонна компонента спектра. Вплив температурної нерівноважності, іонного складу, магнітного поля, зіткнень, дрейфу електронів відносно іонів та дрейфу плазми на характеристики розсіяних сигналів. Електронна компонента спектру. Підсилення плазмової лінії фотоелектронами.

Тема 10. Особливості досліджень іоносферних збурень.

Вимірювання характеристик некогерентно розсіяних сигналів. Установки некогерентного розсіяння. Використання багатопозиційних та однопозиційних установок. Можливості методу для досліджень неоднорідностей іоносфери та області D. Похибки методу. Достоїнства та недоліки методу. Основні підсумки.

Розділ 3. Методи дослідження іоносфери з використанням радіосигналів штучних супутників землі і ракет

Тема 11. Метод ефекту Доплера.

Суть методу. Історична довідка. Теорія ефекту Доплера. Ефект Доплера на когерентних частотах. Навігаційні супутникові системи. Остаточні похибки вимірювань. Методики одержання електронної концентрації та електронного вмісту іоносфери. Похибки методу. Можливості коректування глобальних моделей іоносфери по вимірюванням доплерівського зміщення частоти. Радіотехнічні системи для реєстрації ефекту Доплера на когерентних частотах.

Тема 12. Метод ефекту Фарадея.

Суть методу. Історична довідка. Теорія ефекту Фарадея. Диференційний ефект Фарадея. Зв'язок між ефектами Доплера та Фарадея. Методики одержання електронного вмісту іоносфери. Похибки методу. Установки для реєстрації ефекту Фарадея.

Тема 13. Дослідження іоносфери по реєстраціях ефектів Доплера та Фарадея геофізичних та метеорологічних ракет.

Суть методу. Історична довідка. Методики одержання вертикальних профілів параметрів іоносфери (електронна концентрація, електронний вміст, їх горизонтальні градієнти). Особливості досліджень параметрів нижньої іоносфери.

Розділ 4. Методи дослідження неоднорідностей електронної концентрації. Світові центри дослідження навколосемного простору, їх діагностичні засоби

Тема 14. Методи дослідження неоднорідностей іоносфери.

Класифікація неоднорідностей. Методи рознесеного прийому радіосигналів. Дослідження неоднорідностей методом вертикального зондування. Дослідження неоднорідностей методом часткових відбиттів. Дослідження неоднорідностей методом доплерівського зондування. Дослідження неоднорідностей методом ефекту Доплера та Фарадея радіосигналів ШСЗ. Дослідження неоднорідностей за допомогою зондів на ШСЗ.

Тема 15. Світові центри досліджень навколоземного простору.

Особливості проведення вимірювань. Комплексність, діапазонність. Реалізація цих особливостей в експериментах. Технічні характеристики комплексів. Можливості комплексів в дослідженнях іоносфери. Особливості досліджень іоносферних збурень. Можливості досліджень геокосмосу при проведенні міжнародних експериментів.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів 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. Методи дослідження нижньої іоносфери												
Разом за розділом 1	68	8		16		44						
Розділ 2. Метод некогерентного розсіяння												
Разом за розділом 2	27	3				24						
Розділ 3. Методи дослідження іоносфери з використанням радіосигналів штучних супутників землі і ракет												
Разом за розділом 3	53	3	8	8		34						
Розділ 4. Методи дослідження неоднорідностей електронної концентрації. Світові центри дослідження навколоземного простору, їх діагностичні засоби												
Разом за розділом 4	32	2				30						
Усього годин	180	16	8	24		132						

4. Теми практичних занять

6

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методики одержання електронного вмісту іоносфери за реєстраціями ефекту Фарадея	4
2	Методики одержання електронного вмісту іоносфери за реєстраціями ефекту Доплера	4
	Разом	8

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення електронної концентрації за іонограмами	8
2	Визначення електронної концентрації області D іоносфери методом часткових відбиттів	8
3	Визначення електронного вмісту іоносфери за реєстраціями радіосигналів середньорбітних навігаційних ШСЗ	8
	Разом	24

6. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Метод самомодуляції	22
2	Метод резонансного розсіяння	22
3	Мезосферно-стратосферно-тропосферні радари.	24
4	Дослідження іоносфери по реєстраціях ефектів Доплера та Фарадея геофізичних та метеорологічних ракет	34
5	Світові центри досліджень навколоземного простору	30
	Разом	132

7. Індивідуальні завдання

Не передбачені

8. Методи контролю

Вибіркові опитування, перевірка домашніх завдань, перевірка виконання завдань для самостійної роботи, захист лабораторних робіт, екзамен.

9. Схема нарахування балів

Умовою допуску до екзамену є виконання всіх домашніх завдань, завдань для самостійної роботи на позитивну оцінку, захист лабораторних робіт,

Поточний контроль, самостійна робота					Екзамен	Сума
Виконання домашніх завдань	Результати опитування впродовж практичних занять	Оцінка за виконання самостійних завдань	Оцінка за виконання лабораторних робіт	Разом		
Розділ 3	Розділ 3	Розділ 1-4	Розділ 1, 3	60	40	100
10	10	20	20			

T1, T2 ... T54 – 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

10. Рекомендована література

Основна література

1. Robert W. Schunk, Andrew F. Nagy. Ionospheres. Physics, Plasma Physics, and Chemistry. – Cambridge University Press. – 2009. – 628 p.
2. Kenneth Davies. Ionospheric Radio. – The Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom. – 2008. – 580 p.
3. Michael C. Kelley. The Earth's Ionosphere. Plasma Physics and Electrodynamics. – ELSEVIER. – 2009. – 580 p.
4. Budden K. G. Radio Waves in the Ionosphere. – CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. – 2009. – 562 p.
5. K. Davies. Ionospheric Radio. – The Institution of Engineering and Technology. – 1990. – 600 p.
6. U.R.S.I. Handbook of Ionogram Interpretation and Reductions. – Report UAG-23. –1972. –324 p.
7. Черногор Л. Ф. Нелінійна радіофізика. Навчальний посібник для фізичних факультетів. – Х.– 2016. – 204 с.
8. Л. М. Логачова, Т. І. Бугрова. Поширення земних радіохвиль та мобільний зв'язок. – Запоріжжя, – ЗНТУ. – 2019. – 236 с.

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

1. *Global Ionosphere Radio Observatory (GIRO)*-<https://giro.uml.edu> (вертикальне іоносферне зондування).
2. *The International GNSS Service (IGS)* – <https://igs.org>,
www.aiub.unibe.ch/download/CODE/ (супутникове радіозондування)
3. EISCAT Scientific Association – <https://eiscat.se> (некогерентне розсіяння).

Додаток до робочої програми навчальної дисципліни
“Радіофізичні методи дослідження геокосмосу”

(назва дисципліни)

Дію робочої програми продовжено: на 2022_/2023_ н. р.

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

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ініціали)

«____» _____ 2022 р.

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

_____ (підпис)

Олександр БУТРИМ

(прізвище, ініціали)

«____» _____ 2022 р.