Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра медичної радіофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан факультету

_____________ Андрій НЕТРЕБА

« ___ » _______ 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Нелінійна радіофізика

для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітній рівень	другий (магістрерсткий)
освітня програма	Прикладна фізика та наноматеріали
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2024/2025
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач
Сергій Петрович Радченко, доцент, кандидат фізико-математичних наук, завідувач кафедри медичної радіофізики.

Пролонговано на:

20__/20__ н.р. ___________ (________________) « ___ » _________ 20__ р.

20__/20__ н.р. ___________ (________________) « ___ » _________ 20__ р.

Київ – 2023

Розробник:
Сергій Петрович Радченко, доцент, кандидат фізико-математичних наук, завідувач кафедри медичної радіофізики.

«Затверджую»
Завідувач кафедри медичної радіофізики

_______________ Сергій РАДЧЕНКО

Протокол № ___ від « __ » ______ 2023 року

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № ____ від « ___ » ________ 2023 року

Голова науково-методичної комісії ___________________ Сергій РАДЧЕНКО

« ___ » ________ 2023 року

ВСТУП

1. Мета навчальної дисципліни

Освітня компонента «Нелінійна радіофізика» є обов’язковою дисципліною для студентів освітньої програми «Радіофізика та електроніка», яка викладається в 3 семестрі для студентів 2-го року навчання в обсязі 3 кредитів (90 години), зокрема 61 година самостійної роботи і 29 годин аудиторних занять, з яких 14 годин лекцій, 14 годин практичниз занять і 1 година консультацій. Форма заключного контролю – залік.

Метою дисципліни «Нелінійна радіофізика» є ознайомити студентів з нелінійною природою фізичних явищ і процесів, навчити їх практичним навичкам застосування методики опису та дослідження нелінійних властивостей фізичних явищ, процесів та систем, зокрема в галузі радіофізики та електроніки, продемострувати взаємозв’язок стохастичних процесів та процесів самоорганізації з нелінійними системами.

2. Попередні вимоги для вивчення навчальної дисципліни:

Умовою успішного навчання та опанування матеріалу дисципліни є наявність базових знань про перебіг фізичних явищ, процесів у різних системах, та математичний апарам опису явищ, процесів та систем, які є складовими таких дисциплін як «Математична фізика», «Електрика та магнетизм», «Електродинаміка», «Фізична електроніка», «Диференціальні рівняння», «Квантова механіка», «Теорія ймовірностей», «Радіоелектроніка», «Коливання та хвилі» та «Плазмова електроніка».

3. Анотація навчальної дисципліни:

При вивченні студенти:

– отримують короткі теоретичні відомості про нелінійну природу фізичних явищ, процесів та систем, про математичний апарат опису нелінійних властивостей таких об’єктів, критерії вибору аналітичних і числових методів дослідження нелінійної поведінки об’єктів;

– на прикладах проходять формування умінь практичного застосування методик опису та дослідження нелінійних властивостей об’єктів, визначення граничних значень параметрів для затосування особливостей нелінійної поведінки об’єктів.

4. Завдання (навчальні цілі):

– надати студентам розуміння особливостей прояву нелінійної природи фізичних явищ, процесів та систем,

– знань базових методів опису та дослідження нелінійної поведінки об’єктів;

– вмінь визначати граничні значення параметрів для затосування особливостей нелінійної поведінки об’єктів.

Успішне засвоєння курсу «Нелінійна радіофізика» забезпечує набуття студентами

<u>загальних компетентностей:</u>

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
ЗК 4. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
ЗК 5. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
ЗК 7. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
ЗК 10. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
ЗК 13. Здатність працювати автономно.

фахових компетентностей:

ФК 9. Здатність до постійного поглиблення знань в галузі прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.
ФК 10. Здатність розуміти і використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу станів та властивостей фізичних систем.
ФК 11. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання для опису фізичних об'єктів, пристроїв та процесів.
ФК 12. Здатність використовувати знання про фізичну природу об'єктів у роботах по створенню нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів і речовин, зокрема, наноматеріалів.

5. Результати навчання.

Вивчення дисципліни «Нелінійна радіофізика» дозволить студентам на основі знань нелінійної природи фізичних явищ, процесів та систем у подальшій професійній роботі через самостійне вивчення фахової наукової літератури опановувати нову апаратуру та технології, в тому числі із суміжних галузей, для розв'язання виробничих задач і практичного вирішення науково-технічних задач.

Результат навчання		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	**знати:**			40
1.1	Нелінійна природа фізичних явищ, процесів і систем, механізми нелінійних явищ.	лекції, практичні заняття, самостійна робота	оцінювання виконання завдань практичних заняттях, результатів самостійної роботи	4
1.2	Математичний апарат опису нелінійних властивостей об’єктів.	лекції, практичні заняття, самостійна робота	оцінювання виконання завдань практичних заняттях, результатів самостійної роботи	4
1.3	Методи дослідження нелінійних властивостей об’єктів на основі відомих розв'язків лінійних задач.	лекції, практичні заняття, самостійна робота	оцінювання виконання завдань практичних заняттях, результатів самостійної роботи	12
1.4	Нелінійна взаємодія хвиль. Властивості процесів в ударних хвилях, практичне застосування нелінійної взаємодії хвиль.	лекції, практичні заняття, самостійна робота	оцінювання виконання завдань практичних заняттях, результатів самостійної роботи	6

Результат навчання		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.5	Нелінійні явища в плазмовій електроніці.	лекції, практичні заняття, самостійна робота	оцінювання виконання завдань практичних заняттях, результатів самостійної роботи	6
1.6	Нелінійні ефекти в квантових системах.	лекції, практичні заняття, самостійна робота	оцінювання виконання завдань практичних заняттях, результатів самостійної роботи	8
2	**вміти:**			40
2.1	Опановувати та знаходити матеріали за вказаною тематикою	лекції, практичні заняття, самостійна робота	оцінювання виконання завдань практичних заняттях, результатів самостійної роботи	8
2.2	Обрати метод теоретичного опису нелінійних властивостей об'єктів.	лекції, практичні заняття, самостійна робота	оцінювання виконання завдань практичних заняттях, результатів самостійної роботи	8
2.3	Оцінити величини збурень, межі застосування та точність опису нелінійних властивостей об'єктів.	лекції, практичні заняття, самостійна робота	оцінювання виконання завдань практичних заняттях, результатів самостійної роботи	8
2.4	Визначити необхідні значення параметрів перебігу нелінійних процесів.	лекції, практичні заняття, самостійна робота	оцінювання виконання завдань практичних заняттях, результатів самостійної роботи	8
2.5	Оцінити можливість використання граничничного переходу для опису нелінійних процесів.	лекції, практичні заняття, самостійна робота	оцінювання виконання завдань практичних заняттях, результатів самостійної роботи	8
3	**комунікація**			10
3.1	Розподіляти акценти при пошуку матеріалів для виконання завдання самостійна робота та підготовки до розв'язання завдань практичних занять.	лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, здача лабораторних робіт	10
4	**автономність та відповідальність**			10
4.1	Оптимально планувати роботу при самостійному вивченні матеріалу, підготовці до практичних занять.	лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання доповіді та обговорення	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання / Програмні результати навчання ОП	Код												
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	4.1
ПРН 1. Глибокі знання в галузі сучасної прикладної фізики і фізики наноматеріалів.	+	+	+	+	+	+							
ПРН 2. Розуміння технологій та теоретичних та експериментальних методів дослідження властивостей речовин і матеріалів.	+		+	+	+	+			+	+	+		
ПРН 7. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН 8. Знаходити прогресивні та інноваційні рішення проблем і завдань при виконанні науково-технічних проектів;.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН 9. Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.		+	+				+	+	+	+	+		
ПРН 11. Розробляти фізичні основи створення нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів, речовини, технологій.	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН 17. Об'єктивна самооцінка отриманих результатів та спроможність забезпечувати їх надійність.		+	+					+	+	+	+		
ПРН 18. Розв'язувати складні наукові, дослідницькі та інженерно-технічні задачі в області прикладної фізики та фізики наноматеріалів, які вимагають поглиблених знань у галузі фізики, математики, комп'ютерних технологій.	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+		
ПРН 19. Проводити наукові дослідження в галузі прикладної фізики та ефективно використовувати їх результати для вирішення комплексних проблем або вивчення складних явищ на основі інтердисциплінарних знань.	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання:

- **Семестрове оцінювання**. Передбачено оцінювання результатів: розв’язання домашніх завдань (в межах самостійної роботи, як відповідей на додаткові завдання лекційної частини); результатів виконання завдань практичних занять; модульних контрольних робіт. Умови допуску до заліку – студент повинен набрати під час семестру не менше ніж 30 балів.

- **Письмові контрольні роботи.** У курсі дві письмові модульні контрольні роботи, які проводяться після завершення блока лекцій та відповідних практичних занять.
- **Контроль самостійної роботи студентів** виконується під час проведення підсумкового контролю та модульних контрольних робіт, до переліку завдань яких вводяться відповідні питання з тематики СРС, під час перевірки відповідей на додаткові завдання у лекційній частині, домашні завдання.
- **Підсумкове оцінювання.** Проводиться у форма письмового заліку. Максимальна оцінка при правильному виконанні всіх завдань – 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, при цьому частина, отримана за результатами навчання 2 [вміння] і 4 [автономність та відповідальність] не може бути меншою ніж 50% загальної оцінки. У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання здійснюються у відповідності до «Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу» (nmc.univ.kiev.ua/docs/POLOJENNIA-2010-1.doc).

7.2. Організація оцінювання

Графік оцінювання.

Форма оцінювання	Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання
Модульна контрольна робота 1	Жовтень
Модульна контрольна робота 2	Листопад
Залік	Грудень

Розподіл балів.

Контроль (максимальна кількість балів)		
поточний		**підсумковий**
Модульна контрольна робота		Залік
№1	№2	
30	30	40

1.3. Шкала відповідності оцінок

Підсумковий контроль: Письмові відповіді при складанні заліку із обов'язковою співбесідою – 40 балів. Задання залікової роботи містить 4 питання, з яких два теоретичних завдання по 8 балів кожне, два практичних завдання по 12 балів кожне.

Критерії оцінювання та максимальний бал.

Характеристика роботи (теоретичне/практичне завдання)	Оцінка, бали
Повна правильна відповідь	8/12
Частково повна відповідь (правильна відповідь з кількома помилками)	6/9
Відповідь з помилками (неповна відповідь, значна кількість помилок)	4/6
Відповідь з суттєвими помилками (але містить правильні елементи)	3/4
Відповідь не зараховано (робота неміститить правильної відповідь)	0/0

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Maks, %
Зараховано / Passed	60-100%
Не зараховано / Fail	0-59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№	Назва	Кількість годин		
		Лекції	Прак-тичні	Сам. робота
	Змістовий модуль №1			
1.	Вступ, нелінійна природа фізичних явищ, процесів і систем, механізми нелінійних явищ.	2	–	3
2.	Математичний апарат опису нелінійних властивостей об’єктів.	2	–	8
3.	Методи дослідження нелінійних властивостей об’єктів на основі відомих розв'язків лінійних задач.	2	4	16
	Змістовий модуль №2			
4.	Нелінійна взаємодія хвиль. Властивості процесів в ударних хвилях, практичне застосування нелінійної взаємодії хвиль.	4	3	10
5.	Нелінійні явища в плазмовій електроніці.	2	3	10
6.	Нелінійні ефекти в квантових системах.	2	4	14
	ВСЬОГО	**14**	**14**	**61**

9. Самостійна робота студентів (СРС).

1. Нестаціонарні процеси самовпливу хвиль.
2. Методи дослідження ударних хвиль.
3. Нелінійні хвилі в плазмі.
4. Практичне застосування нелінійних явищ.
5. Підходи до розв’язання нелінійних стохастичних задач.

10. Рекомендована література.

Основні джерела:

1. Вакарчук І. О. Квантова механіка. –Л.: ЛНУ ім. Івана Франка, 2012. – 872 с.
2. Анісімов І. О. Коливання та хвилі: підручник / І. О. Анісімов. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2009. – 399 с.
3. Wilson H. J. Introduction to perturbation methods https://www.ucl.ac.uk/~ucahhwi/LTCC/section2-3-perturb-regular.pdf.
4. Mohazzabi P. Theory and examples of intrinsically nonlinear oscillators // American Journal of Physics 72(4), 2004: 492-498, DOI:10.1119/1.1624114.
5. B. Yang, D. Stipanovic, Eds., Nonlinear Systems - Recent Developments and Advances. IntechOpen, 2023. doi: 10.5772/intechopen.100717. https://www.intechopen.com/books/11499.
6. Вакал Є. С. Методи математичної фізики в прикладах і задачах : навчальний посібник / Є. С. Вакал, А. В. Ловейкін. – К.: Видавець Кравченко Я. О., 2020. – 188 с. https://www.mechmat.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2021/04/vakal_lovejkin_metody-matematychnoi-fizyky-v-prykladakh-i-zadachakh.pdf.

Додаткові джерела:

7. Ababneh Mohammad, Salah M., Alwidyan K. Linearization of nonlinear dynamical systems: A comparative study. Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering. 5, 2011. p. 567-571.
8. Elishakoff, I., Crandall, S.H. Sixty years of stochastic linearization technique. Meccanica 52, 299–305 (2017). https://doi.org/10.1007/s11012-016-0399-x (https://core.ac.uk/download/pdf/78071413.pdf).
9. Gajic Z. Linearization of Nonlinear Systems https://www.ece.rutgers.edu/~gajic/psfiles/linearization.pdf.
10. Tsai, J.S.H., Lu, F.-C., Provence, R.S., Shieh, L.S., and Han, Z., "A new approach for adaptive blind equalization of chaotic communication: The optimal linearization technique" Computers and Mathematics with Applications, 58, 1687-1698, 2009.
11. Kamran Iqbal. Linearization of Nonlinear Models. University of Arkansas at Little Rock https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Industrial_and_Systems_Engineering/Introduction_to_Control_Systems_(Iqbal)/01%3A_Mathematical_Models_of_Physical_Systems/1.07%3A_Linearization_of_Nonlinear_Models.
12. Gatland Ian R. Theory of a nonharmonic oscillator // American Journal of Physics 59(2), 1991, DOI:10.1119/1.16597.
13. Amore, P. & Valdovinos, M. & Ornelas, G. & Barajas, S.. (2007). The nonlinear pendulum: Formulas for the large amplitude period. Revista Mexicana de Fisica E. 53. https://www.researchgate.net/publication/253117973_The_nonlinear_pendulum_Formulas_for_the_large_amplitude_period.
14. Методи математичної фізики / С. С. Піх, О. М. Попель, А. А. Ровенчак, І. І. Тальянський. — Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2011. — 404 с. http://ktf.lnu.edu.ua/books/MMF.pdf.

11. Словник термінів.

Термін	Переклад	Пояснення (приклади)
Eikonal equation	Рівняння ейконалу (ейконал – фаза світлового поля, виражена як оптична довжина ходу променів даного пучка)	An eikonal equation (from Greek image[1]) is a non-linear first-order partial differential equation that is used in problems of wave propagation.
Method of small perturbations	Метод малих збурень	The linearization of the appropriate equations governing a system by the assumption of a steady state, with departures from that steady state limited to small perturbations[2].

[1] The Oxford English Dictionary https://www.oed.com/search/dictionary/?scope=Entries&q=eikonal

[2] Method of small perturbations https://glossary.ametsoc.org/wiki/Method_of_small_perturbations

Термін	Переклад	Пояснення (приклади)
Nonlinear problem	Нелінійна задача	Nonlinear problems play a central role in physics as an interactions of matter and fields are generally nonlinear.
Shock wave	Ударна хвиля	A shock wave (also spelled shockwave), or shock, is a type of propagating disturbance that is characterized by an abrupt, nearly discontinuous, change in pressure, temperature, and density of the medium.
Slowly varying envelope approximation (SVEA)	Метод повільних амплітуд	Method is based on the assumption that the envelope of a forward-travelling wave pulse varies slowly in time and space compared to a period or wavelength.
Stochastic linearization technique	Метод статистичної лінеаризації	Stochastic linearization technique is a method of solving nonlinear stochastic boundary value problems. It allows obtaining estimates of the response of the system when exact solution is unavailable; in contrast to the perturbation technique, its realization does not demand smallness of the parameter.