



Нелінійні хвилі та солітони

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	11 Математика та статистика
Спеціальність	111 Математика
Освітня програма	Математика
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЕКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Д. ф.-м. н., професор Герасимчук В.С. https://mph.kpi.ua/osobovij-sklad.html
Розміщення курсу	Електронний кампус КПІ, група в Telegram

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Цілі дисципліни	Метою дисципліни є знайомство майбутніх фахівців-математиків з основними положеннями нелінійної математичної фізики – сучасною теорією нелінійних хвиль та солітонів. Дана дисципліна є теоретичною основою сукупності знань та вмінь, що формують сучасний математичний апарат дослідника-природознавця. Набуті знання дозволять слухачам розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницької діяльності
Компетентності	ФК1: здатність самостійно вести науково-дослідну діяльність у галузі математики та нелінійної математичної фізики з використанням сучасних теорій, методів та інформаційно-комунікаційних технологій; ФК2: здатність адаптувати й узагальнювати результати сучасних досліджень в галузі математики для розв'язання наукових і практичних проблем; ФК5: здатність застосовувати аналітичні та чисельні методи теорії солітонів для дослідження теоретичних і прикладних проблем сучасної математики; ФК7: здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

Програмні результати навчання	<i>ЗН7: знати сучасні тенденції, напрямки розвитку та наукові ідеї нелінійної математичної фізики;</i> <i>ЗН8: знати передові концептуальні та методологічні положення в галузі науково-дослідної та професійної діяльності, а також на межі предметних галузей;</i> <i>УМ5: уміти розв'язувати теоретичні та прикладні математичні проблеми з використанням базових знань математики та базових загальних знань з різних природничих та соціальних наук;</i> <i>УМ11: організовувати і проводити науково-дослідну діяльність за обраним математичним напрямом, самостійно виконувати науково-дослідну роботу у галузі математики та нелінійної математичної фізики, а саме самостійно виявляти, формулювати теоретичні та прикладні математичні проблеми та розв'язувати їх з використанням сучасних теорій, методів та інформаційно-комунікаційних технологій;</i> <i>УМ12: адаптувати, інтерпретувати та узагальнювати результати сучасних математичних досліджень для розв'язання теоретичних та прикладних проблем.</i>
--------------------------------------	---

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Освітній компонент "Нелінійні хвилі та солітони" є одним із завершальних курсів професійної підготовки докторів філософії спеціальності "Математика" необхідних для написання дисертації третього освітньо-кваліфікаційного рівня.

Цей курс підсумовує раніше засвоєні спеціальні дисципліни в напрямку нелінійної математичної фізики і дає систематизоване викладення основних положень теорії солітонів, її численних теоретичних та практичних застосувань. Ця дисципліна має глибокі логічні зв'язки з попередніми дисциплінами навчального плану підготовки бакалаврів, магістрів та докторів філософії, такими як «Лінійна алгебра», «Аналітична геометрія», «Математичний аналіз», «Диференціальні та інтегральні рівняння», «Динаміка та аналітична механіка», «Спеціальні функції», «Математична фізика», «Функціональний аналіз», «Динамічні системи», «Основи теорії солітонів», тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль включає наступні теми

Розділ 1. Лінійні та нелінійні хвилі

Тема 1.1. Основні принципи розповсюдження лінійних хвиль. Фазова та групова швидкість. Дисперсія

Тема 1.2. Задача Коші для рівняння дифузії: осцилюючий розв'язок та кноїдальні хвилі

Тема 1.3. Нелінійність і дисперсія середовища як необхідна умова існування солітонів

Тема 1.4. Нелінійні рівняння з дисипацією: рівняння Бюргерса. Перетворення Коула-Хопфа.

Розділ 2. Солітони. Прямі методи інтегрування солітонних рівнянь

Тема 2.1. Канонічні інтегровні моделі нелінійної теорії хвиль: рівняння Кортевега-де Вріза (КдВ), рівняння синус-Гордона, нелінійне рівняння Шредінгера (НРШ)

Тема 2.2. Задача Фермі-Паста-Улама та солітон Забускі-Крускала

Тема 2.3. Білінійна форма інтегровних нелінійних рівнянь у частинах похідних. Метод Хіроті

Тема 2.4. Побудова N-солітонних розв'язків за допомогою перетворення Беклунда

Розділ 3. Метод оберненої задачі розсіювання (МОЗР)

Тема 3.1. Знаходження рівняння КдВ із необхідної та достатньої умов сумісності пари Лакса

Тема 3.2. Схема інтегрування нелінійних рівнянь у частинах похідних МОЗР на прикладі рівняння КдВ

Тема 3.3. Пряма й обернена задачі розсіювання

Тема 3.4. Загальні відомості з квантової теорії розсіювання. Залежність даних розсіювання від часу

Тема 3.5. Неперервний і дискретний спектри задачі на власні значення

Тема 3.6. Рівняння Гельфанда-Левітана-Марченка

Тема 3.7 Обчислення даних розсіювання за заданим потенціалом рівняння Шредінгера

Тема 3.8 Аналітичні властивості власних функцій і даних розсіювання

Тема 3.9 Безвідбиткові потенціали. Знаходження N -солітонних розв'язків за допомогою МОЗР

Розділ 4. Рівняння Клейна-Гордона та пов'язані з ним моделі

Тема 4.1. Модель Скірма в теорії поля. Рівняння синус-Гордона

Тема 4.2. Лоренц-інваріантні розв'язки рівняння синус-Гордона. Топологічні солітони

Тема 4.3. Застосування методу Хіроти та перетворення Беклунда до рівняння синус-Гордона

Тема 4.4. Взаємодія солітонів рівняння синус-Гордона. Бризери.

Заплановано практичні заняття для поглибленого вивчення окремих розділів курсу.

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. Базова література

1. Whitham G.B. *Linear and Nonlinear Waves* – John Wiley & Sons, Inc., 1999. – 636 p.
2. Dodd R.K., Eilbeck J.C., Gibbon J.D., Morris H.C. *Solitons and Nonlinear Wave equations*– Academic Press, Inc., 1984. – 630 p.
3. Newell Alan. *Solitons in Mathematics and Physics*. – Society for Industrial and Applied Mathematics, 1985. – 260 p.
4. Scott Alwyn. *Nonlinear Science. Emergence and Dynamics of Coherent Structures*. – Oxford University Press, 2003. – 496 p.
5. Герасимчук В.С., Ребенчук Т.В., Герасимчук І.В. Метод оберненої задачі розсіювання та його застосування: навч. посібник; друге видання, випр. та доповнене – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 112 с.

2. Допоміжна література

6. Косевич А.М., Ковалев А.С. *Введение в нелинейную физическую механику*. – К.: Наук. думка, 1989. – 304 с.
7. Lamb G.L. (Jr.). *Elements of Soliton Theory*. – John Wiley & Sons, New York, 1980. – 302 p.
8. Захаров В.Е., Манаков С.В., Новиков С.П., Питаевский Л.П. *Теория солитонов: метод обратной задачи*. – М.: Наука, 1980. – 319 с.
9. Ablowitz Mark J., Segur Harvey. *Solitons and the Inverse Scattering Transform*. – Society for Industrial and Applied Mathematics, 1981. – 425 с.
10. Кудряшов Н.А. *Методы нелинейной математической физики*. – М.: МИФИ, 2008. – 352 с.
1. Лэм Дж. *Введение в теорию солитонов*. – М.: Мир, 1983. – 294 с.
2. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф. *Справочник по нелинейным уравнениям математической физики: Точные решения*. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 432 с.
3. Gardner G.; Green J.; Kruskal M. and Miura R. A method for solving the Korteweg-de Vries equation, *Phys. Rev. Letters*, 19 (1967), 1095-1098.
4. Lax P. Integrals of nonlinear equations of evolution and solitary waves, *Comm. Pure Appl. Math.* 21 (1968), 467-490.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Основні теми навчального плану можуть бути засвоєні за допомогою електронного конспекту лекцій розміщеного в електронному кампусі

6. Самостійна робота аспіранта

Вивчення дисципліни включає наступні види самостійної роботи:

- підготовка до практичних занять та лекцій,
- виконання розрахунково-графічної роботи з елементами комп'ютерного моделювання,
- виконання модульної контрольної роботи.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Рекомендовані методи навчання: вивчення основної та допоміжної літератури за тематикою лекцій, розв'язування стандартних і проблемних задач на практичних заняттях та при виконанні домашніх завдань. Важливим аспектом якісного засвоєння матеріалу, опрацювання методів та алгоритмів розв'язування завдань дисципліни є самостійна робота. Вона включає опрацювання літератури, огляд літератури за темою, підготовку до занять та до іспиту.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: фронтальний (усний, письмовий), МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Рейтингова система оцінювання включає всі види тестування: контрольні роботи, якість виконання РГР. Кожний аспірант отримує свій підсумковий рейтинг по дисципліні.

Рейтинг аспіранта з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- написання модульної контрольної роботи;
- виконання розрахунково-графічної роботи;
- відповіді на екзамені.

Система рейтингових (вагових) балів та критеріїв оцінювання:

Метод оцінювання	Кількість	Мінімальна оцінка в балах	Максимальна оцінка в балах
Модульна контрольна робота	1	12	20
Розрахунково-графічна робота	1	18	30
Стартовий рейтинг		30	50
Іспит	1		50
Підсумковий рейтинг		60	100

Сума стартових балів та балів за екзамен переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Стартовий рейтинг менше 30 балів	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, докт. фіз.-мат. наук Герасимчук В.С.

Ухвалено кафедрою математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ (протокол № 1 від 01.07.2021р.)

Погоджено Методичною комісією ФМФ (протокол № 13 від 01.07.2021р.)