

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Нелінійна фізика

напряму підготовки 6.040203 - фізика

спеціальний курс кафедри теоретичної фізики
імені академіка І.М.Ліфшиця
фізичного факультету

Кредитно-модульна система
організації навчального процесу

Розробник: **Ковальов Олександр Семенович, доктор фіз-мат. наук, професор**

Харків – 2012

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів 1,5	Напрямок підготовки 6.040203 - фізика	денна форма навчання
Модулів немає	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	Рік підготовки: IV–й
Загальна кількість годин - 54		Семестр 7–й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 1		Лекції 36 год.
		Практичні немає
		Самостійна робота 18 год.
	Вид контролю: залік	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 1:2

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: сформувати уявлення студентів про нелінійні явища, зокрема нелінійні коливання фізичних систем, солітони, вихори.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: якісні, наближені та точні методи дослідження нелінійних систем.

вміти: досліджувати нелінійні хвилі в пружних і магнітовпорядкованих середовищах.

3. Програма навчальної дисципліни

7-й семестр

Тема 1. Вступ.

Тема 2. Якісне вивчення динамічних систем з 1-м ступенем свободи. Метод фазової площини. Особливі точки.

Тема 3. Асимптотичні методи теорії малих коливань. Метод прямого розкладання. Секулярні члени. Поліпшена теорія збурень

Тема 4. Наближені методи вирішення слабо-нелінійних рівнянь. Резонансне наближення. Метод Крилова – Боголюбова. Узагальнення метода Крилова – Боголюбова. Метод різних часових масштабів. Граничні цикли.

Тема 5. Точні рішення для нелінійних коливань. Еліптичні функції Якобі і точні рішення рівняння Дюффінга.

Тема 6. Рівняння динаміки симетричного вовчка та магнітного моменту.

Тема 7. Нелінійний прямий резонанс і нелінійний параметричний резонанс. Хаос в гомоклічних структурах.

Тема 8. Системи з півторами ступенями вільності. Дивний атрактор Лоренца і динамічний хаос.

Тема 9. Системи з двома ступенями вільності. Два пов'язані нелінійні осцилятори і пов'язані нелінійні ротатори. Точки біфуркації і несиметричні розв'язки. Точки біфуркації.

Тема 10. Інтегровні та неінтегровні системи з двома ступенями вільності. Ланцюжок Тоди. Система Хенона – Хейлеса і динамічний хаос.

Тема 11. Система пов'язаних нелінійних осциляторів. Якісний розгляд.

Тема 12. Нелінійна ланцюжки з великим числом ступенів вільності. Якісний аналіз локалізованих станів. Перехід до довгохвильового наближення.

Тема 13. Виведення рівнянь Буссінеска, Кортевега – де Фріза, нелінійного хвильового рівняння і нелінійного рівняння Шредінгера з проблеми одновимірних нелінійних ланцюжків. α - і β - моделі Фермі-Паста-Улама. Модель Абловіца – Ладіка.

Тема 14. Виведення нелінійного рівняння Шредінгера в задачах нелінійної оптики і в задачі про одновимірний Бозе - газ.

Тема 15. Виведення рівняння Кортевега – де Фріза для хвиль великої амплітуди на поверхні мілкої воли.

Тема 17. Виведення сінусоїдального рівняння Гордона в теорії дислокацій та краудіонів.

Тема 18. Лінійні хвилі в системах з розподіленими параметрами. Закони дисперсії лінійних хвиль. Вплив дисперсії на розповсюдження хвиль і їх еволюцію. Розпливання хвильових пакетів. Вплив нелінійності на динаміку хвиль.

Тема 19. Нелінійні закони дисперсії. Модуляційна стійкість нелінійних хвиль. Розвиток модуляційної нестійкості нелінійних хвиль в диспергувальному середовищі.

Тема 20. Однопараметричні солітони стаціонарного профілю. Солітони рівнянь Буссінеска та Картевега – де Фріза. Аналіз солітонів на фазовій площині.

Тема 21. Топологічні солітони сінусоїдального рівняння Гордона, рівняння φ -4 та рівняння Ландау – Ліфшиця. Дислокації, краудіони та доменні границі.

Тема 22. Двопараметричні солітони згинаючої. Солітони нелінійного рівняння Шредінгера і модифікованого рівняння Кортевега – де – Фріза.

Тема 23. Двопараметричні солітони сінусоїдального рівняння Гордона та розсіяння солітонів на прикладі цього рівняння.

Тема 24. Малоамплітудні солітони згинаючої та асимптотичні методи їх дослідження. Метод Тамма – Данкова та різниця солітонів в інтегрованих і неінтегрованих системах.

Тема 25. Стійкість динамічних солітонів згинаючої.

Тема 26. Солітони згинаючої як зв'язані стани багатого числа елементарних збуджень. Квазикласичне квантування солітонів згинаючої та однопараметричних солітонів. Солітони як квазічастки і гамільтонова динаміка солітонів.

Тема 27. Адіабатична теорія збурень для солітонів. Вплив загасання та зовнішніх полів на динаміку солітонів.

Тема 28. «Солітонна екзотика»: темні солітони, солітони в системах з насичувальною нелінійністю, компактони і пікони, дискретні солітони («брізери»), алгебраїчні солітони.

Тема 29. Точні багатосолітонні розв'язки сінусоїдального рівняння Гордона. Узагальнений принцип суперпозиції. Метод Хіроти на прикладі рівняння Кортевега – де Фріза. Багатосолітонні, розв'язки нелінійного рівняння Шредінгера.

Тема 30. Перетворення беклунда, метод одягання Дарбу. Точне рішення нелінійних рівнянь в приватних похідних методом оберненої задачі теорії розсіювання.

Тема 31. Багатовимірні солітони згинаючої, нелінійне каналювання хвиль, нелінійні поверхневі хвилі і релеївські солітони. Нелінійні інтегро-діференціальні рівняння і їхні солітонні розв'язки.

Тема 32. Рівняння Гросса- Пітаєвського і вихорі в надплинному гелії. Магнітні вихорі в легкоплощинному феромагнетичу. Магнітні скірміони та тривимірні топологічні солітони. Метод колективних змінних і багатовихорова динаміка.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7
7 семестр						
Тема 1		1				
Тема 2		1				0,5
Тема 3		1				0,5
Тема 4		1				0,5
Тема 5		1				0,5
Тема 6		1				0,5
Тема 7		1				0,5
Тема 8		1				0,5
Тема 9		1				0,5
Тема 10		1				0,5
Тема 11		1				0,5
Тема 12		1				0,5
Тема 13		1				0,5
Тема 14		1				0,5
Тема 15		1				0,5
Тема 16		2				1
Тема 17		1				0,5
Тема 18		2				1
Тема 19		1				0,5
Тема 20		1				0,5
Тема 21		2				1
Тема 22		2				1
Тема 23		1				1
Тема 24		1				0,5
Тема 25		1				0,5

Тема 26		1				0,5
Тема 27		1				0,5
Тема 28		1				0,5
Тема 29		1				0,5
Тема 30		1				0,5
Тема 31		1				0,5
Тема 32		1				0,5
Усього годин	54	36				18
Екзамен						

5. Теми практичних занять

Практичні заняття учбовим планом не передбачені.

6. Самостійна робота

Назва теми	Кількість годин
1	2
Тема 2. Якісне вивчення динамічних систем з 1-м ступенем свободи. Метод фазової площини. Особливі точки.	0,5
Тема 3. Асимптотичні методи теорії малих коливань. Метод прямого розкладання. Секулярні члени. Поліпшена теорія збурень.	0,5
Тема 4. Наближені методи вирішення слабо-нелінійних рівнянь. Резонансне наближення. Метод Крилова – Боголюбова. Узагальнення метода Крилова – Боголюбова. Метод різних часових масштабів. Граничні цикли.	0,5
Тема 5. Точні рішення для нелінійних коливань. Еліптичні функції Якобі і точні рішення рівняння Дюффінга.	0,5
Тема 6. Рівняння динаміки симетричного вовчка та магнітного моменту.	0,5
Тема 7. Нелінійний прямий резонанс і нелінійний параметричний резонанс. Хаос в гомоклінних структурах.	0,5
Тема 8. Системи с півторами ступенями вільності. Дивний атрактор Лоренца і динамічний хаос.	0,5
Тема 9. Системи з двома ступенями вільності. Два пов'язані нелінійні осцилятори і пов'язані нелінійні ротатори. Точки біфуркації і несиметричні розв'язки. Точки біфуркації.	0,5
Тема 10. Інтегровні та неінтегровні системи з двома ступенями вільності. Ланцюжок Тоди. Система Хенона – Хейлеса і динамічний хаос.	0,5
Тема 9. Системи з двома ступенями вільності. Два пов'язані нелінійні осцилятори і пов'язані нелінійні ротатори. Точки біфуркації і несиметричні розв'язки. Точки біфуркації.	0,5
Тема 10. Інтегровні та неінтегровні системи з двома ступенями вільності. Ланцюжок Тоди. Система Хенона – Хейлеса і динамічний хаос.	0,5
Тема 11. Система пов'язаних нелінійних осциляторів. Якісний розгляд.	0,5
Тема 12. Нелінійна ланцюжки з великим числом ступенів вільності. Якісний аналіз локалізованих станів. Перехід до довгохвильового наближення.	0,5
Тема 13. Виведення рівнянь Буссінеска, Кортевега – де Фріза, нелінійного хвильового рівняння і нелінійного рівняння Шредінгера з проблеми одновимірних нелінійних ланцюжків. α - і β - моделі Фермі-Паста-Улама. Модель Абловіца – Ладіка.	0,5

Тема 14. Виведення нелінійного рівняння Шредінгера в задачах нелінійної оптики і в задачі про одновимірний Бозе - газ.	1
Тема 15. Виведення рівняння Кортевега – де Фріза для хвиль великої амплітуди на поверхні мілкої воли.	0,5
Тема 17. Виведення сінусоїдального рівняння Гордона в теорії дислокацій та краудіонів.	1
Тема 18. Лінійні хвилі в системах з розподіленими параметрами. Закони дисперсії лінійних хвиль. Вплив дисперсії на розповсюдження хвиль і їх еволюцію. Розпливання хвильових пакетів. Вплив нелінійності на динаміку хвиль.	0,5
Тема 19. Нелінійні закони дисперсії. Модуляційна стійкість нелінійних хвиль. Розвиток модуляційної нестійкості нелінійних хвиль в диспергувальному середовищі.	0,5
Тема 20. Однопараметричні солітони стаціонарного профілю. Солітони рівнянь Буссинеска та Картевега – де Фріза. Аналіз солітонів на фазовій площині.	1
Тема 21. Топологічні солітони сінусоїдального рівняння Гордона, рівняння φ -4 та рівняння Ландау – Ліфшиця. Дислокації, краудіони та доменні границі.	1
Тема 22. Двопараметричні солітони згинаючої. Солітони нелінійного рівняння Шредінгера і модифікованого рівняння Кортевега – де – Фріза.	1
Тема 23. Двопараметричні солітони сінусоїдального рівняння Гордона та розсіяння солітонів на прикладі цього рівняння.	0,5
Тема 24. Малоамплітудні солітони згинаючої та асимптотичні методи їх дослідження. Метод Тамма – Данкова та різниця солітонів в інтегрованих і неінтегрованих системах.	0,5
Тема 25. Стійкість динамічних солітонів згинаючої.	0,5
Тема 26. Солітони згинаючої як зв'язані стани багатого числа елементарних збуджень. Квазикласичне квантування солітонів згинаючої та однопараметричних солітонів. Солітони як квазічастки і гамільтонова динаміка солітонів.	0,5
Тема 27. Адіабатична теорія збурень для солітонів. Вплив загасання та зовнішніх полів на динаміку солітонів.	0,5
Тема 28. «Солітонна екзотика»: темні солітони, солітони в системах з насичувальною нелінійністю, компактони і пікони, дискретні солітони («брізери»), алгебраїчні солітони.	0,5
Тема 29. Точні багатосолітонні розв'язки сінусоїдального рівняння Гордона. Узагальнений принцип суперпозиції. Метод Хіроти на прикладі рівняння Кортевега – де Фріза. Багатосолітонні . розв'язки нелінійного рівняння Шредінгера.	0,5
Тема 30. Перетворення беклунда, метод одягання Дарбу. Точне рішення нелінійних рівнянь в приватних похідних методом оберненої задачі теорії розсіювання.	0,5
Тема 31. Багатовимірні солітони згинаючої, нелінійне каналювання хвиль, нелінійні поверхневі хвилі і релеївські солітони. Нелінійні інтегро-діференційні рівняння і їхні солітонні розв'язки.	0,5
Тема 32. Рівняння Гросса- Пітаєвського і вихорі в надплинному гелії. Магнітні вихорі в легкоплощинному феромагнетизмі. Магнітні скірміони та тривимірні топологічні солітони. Метод колективних змінних і багатовихорова динаміка.	0,5

7. Методи навчання

Лекції, самостійна робота.

8. Методи контролю

Залік.

9. Розподіл балів, які отримують студенти**Екзамен**

Підсумковий семестровий контроль (екзамен)	Сума
100	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	відмінно
80-89	B	добре
70-79	C	
60-69	D	задовільно
50-59	E	
1-49	FX	незадовільно

10. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Навчальні посібники, монографії, наукові статті.
3. Мультимедійні презентації деяких лекцій.

11. Рекомендована література**Базова**

1. Косевич А.М., Ковалев А.С. Введение в нелинейную физическую механику. - К.: Наукова думка, 1989. - 320 с.
2. Найфэ А. Введение в методы возмущений. – М.Мир, 1984. – 535 с.
3. Бхатнагар П. Нелинейные волны в одномерных дисперсных системах. – М. Мир, 1983. – 135с.
4. Карпман В.И. Нелинейные волны в диспергирующих средах. – М. Наука, 1973. – 175 с.
5. Лэм Дж.Л. Введение в теорию солитонов. – М.Мир, 1983. – 294 с.
6. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. – М. Наука, 1984. – 432 с.
7. Инфельд Э., Роуланс Дж. Нелинейные волны, солитоны, хаос. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 480 стр.

Допоміжня

1. Арнольд В.И. Математические методы классической механики. - М. Наука, 1974. - 426 с.
2. Додд Р., Эйлбек Дж., Гиббон Дж., Моррис Х. Солтоны и нелинейные волновые уравнения. – М. Мир, 1988. – 697 с.
3. Борисов А.Б. Начала нелинейной динамики. – Екатеринбург. ИФМ УрО РАН., 2010. – 408 с.
4. Косевич А.М., Иванов Б.А., Ковалев А.С. Нелинейные волны намагниченности. Динамические и топологические солитоны. - К.: Наукова думка, 1983. - 190 с.