

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР ім. Б.І. ВЕРКІНА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.О. Директора
ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна
НАН України



М.І. Глушук

« 7 » 07 2020 р.

СИЛАБУС

навчальної дисципліни


Сучасні проблеми теоретичної фізики конденсованого стану

(назва навчальної дисципліни)

з галузі знань «10 Природничі науки»
за спеціальністю «104 Фізика та астрономія»

РОЗРОБНИК/-И:

доктор фізико-математичних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України Ковальов Олександр Семенович


підпис

доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України Богдан Михайло Михайлович

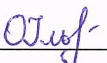

підпис

Погоджено Науковою радою з проблеми «Теоретична фізика конденсованого стану» ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України 02.06 2020 р., протокол № 206

Голова Ради

 / О. С. Ковальов /

Вчений секретар Ради

 / О. О. Ільїнська

Затверджено Вченою радою Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України, 07.07. 2020 р., протокол № 5.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР ім. Б.І. ВЕРКІНА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

СИЛАБУС
навчальної дисципліни
СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ КОНДЕНСОВАНОГО СТАНУ
2020-2021 навчальний рік

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|---|--|
| Назва | СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ КОНДЕНСОВАНОГО СТАНУ |
| Адреса викладання | м. Харків, пр. Науки, 47 |
| Рівень вищої освіти | Третій освітньо-науковий рівень |
| Галузі знань | 10 «Природничі науки»; |
| Шифр та назва спеціальності | 104 Фізика та астрономія, |
| Викладач /-чі/ | д.ф.-м.н., проф. Ковальов О.С., д.ф.-м.н.,с.н.с. Богдан М.М. |
| Контактна інформація викладача (-ів) | kovalev@ilt.kharkov.ua bogdan@ilt.kharkov.ua |
| Графік занять | За розкладом |
| Консультації по курсу відбуваються | Вівторок 16.00-17.00. пр. Науки, 47, теор.корпус, к. 401; он-лайн консультації через Skype або Wiber (для узгодження часу писати на електронну пошту kovalev@ilt.kharkov.ua , bogdan@ilt.kharkov.ua) |
| Сторінка курсу | https:// |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|--|--|
| Інформація про навчальну дисципліну | Дисципліна «Сучасні проблеми теоретичної фізики конденсованого стану» є нормативною навчальною дисципліною, яка входить до циклу загальної підготовки за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» на третьому /освітньо-науковому/ рівні підготовки доктора філософії з фізики. Дана дисципліна викладається у 3-4 семестрах підготовки в обсязі 4 кредитів за Європейською кредитно-трансферною системою /ECTS/. |
| Анотація | Курс «Сучасні проблеми теоретичної фізики конденсованого стану» є курсом зі спеціалізації, який узагальнює та систематизує знання аспірантів, отримані у інших курсах, а також знайомить з новими ідеями та методами сучасної теоретичної фізики в галузі фізики конденсованого стану, зокрема нелінійних явищ в фізиці кристалічної ґратки, магнітовпорядкованих середовищ та гідродинамічних явищ. |
| Мета та цілі | Метою вивчення дисципліни «Сучасні проблеми теоретичної фізики конденсованого стану» є формування у майбутнього науковця широкого погляду на сучасні проблеми теоретичної фізики, пов'язані з нелінійними явищами в конденсованих середовищах (в першу чергу – в твердих тілах) і явищами, пов'язаними зі складною структурою цих середовищ. Метою є також ознайомлення аспірантів із стандартними сучасними підходами, моделями та методами теоретичного дослідження таких складних об'єктів. Метою є також довести до аспірантів уявлення про різноманітні прояви нелінійної динаміки, як до єдиного природного явища, яке може бути досліджено загальними стандартними методами сучасної «нелінійної фізики». Освітньою ціллю курсу є формування вміння у аспірантів за допомогою викладених загальних підходів вирішувати конкретні задачі теоретичної і експериментальної фізики, в яких суттєвим чином проявляються нелінійні властивості конкретних фізичних систем конденсованого стану. |
| Загальний обсяг у кредитах Європейської кредитно-трансферної системи /ECTS/ | 4 кредити |
| Загальна кількість годин | 120 годин |
| Структура | 36 години аудиторних: з них 30 годин лекцій, 6 годин семінарських занять, 84 години самостійної роботи. |
| Очікувані результати навчання | У результаті вивчення курсу аспірант повинен знати: <ul style="list-style-type: none"> - основні відомі прояви нелінійних явищ у природі та експериментах; - якісні, наближені і точні методи аналізу нелінійних динамічних систем; - методи розв'язання звичайних нелінійних диференціальних рівнянь ; |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|---------------------------------------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - основи теорії еліптичних функцій і інтегралів; - характеристики нелінійних коливань; - нелінійну динаміку систем з кінцевим числом ступенів вільності; - моделі одновимірних дискретних та неперервних динамічних систем; - методи виведення типових нелінійних еволюційних рівнянь в різних фізичних явищах; - характеристики лінійних і нелінійних хвиль в системах з розподіленими параметрами; - фізичну причину просторової локалізації збуджень в нелінійних системах; - основні типи солітонних збуджень в нелінійних системах; - квазікласичну трактовку існування солітонних збуджень; - основу теорії топологічних станів в нелінійних системах; - солітонну теорію збурень; - основи теорії динамічного хаосу в нелінійних системах; - основні області впровадження теорії нелінійних явищ в фізиці конденсованого стану, зокрема в фізичних експериментах; - експериментальні дані в області нелінійної оптики, акустики та спінтроніки; <p>Та вміти запроваджувати отриману інформацію з теорії нелінійних явищ в конденсованих середовищах в своїх майбутніх теоретичних та експериментальних дослідження в цій області «нелінійної фізики».</p> |
| Ключові слова | <p>Нелінійні коливання, нелінійні хвилі, якісні методи аналізу динамічних систем, нелінійне рівняння Шредінгера, рівняння Ландау-Ліфшиця, синусоїдальне рівняння Клейна-Гордона, рівняння Буссінеска, закони дисперсії хвиль, динамічні солітони, топологічні солітони, кінки, дислокації, краудіони, доменні границі, солітонні комплекси, дискретні бризери, гідродинамічні та магнітні вихорі, магнітні скірміони, динамічний хаос, сценарії хаосу, інтегрований хаос, оптичні солітони, рівняння Хасегави та Манакова, солітонна логіка.</p> |
| Програма навчальної дисципліни | <p>Тема 1. Методи дослідження нелінійних коливань, динаміка систем з кінцевим числом ступенів свободи. Тема 2. Нелінійні дискретні системи та системи з розподіленими параметрами. Тема 3. Основні типи нелінійних еволюційних рівнянь. Тема 4. Лінійні і нелінійні хвилі і їх характеристики. Тема 5. Динамічні солітони і їх властивості. Тема 6. Топологія в фізиці конденсованого стану і топологічні солітони.. Тема 7. Динамічний хаос. Тема 8. Нелінійна фізика в експерименті та технологічних прикладеннях. Тема 9. Геометрія і класифікація кристалічних ґраток.</p> |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|--|--|
| | <p>Тема 10. Основні поняття класичної динаміки кристалів. Тема 11. Класична динаміка простих і складних ґраток. Тема 12. Квантова механіка кристалів. Тема 13. Теорія дефектів у кристалах. Тема 14. Нелінійні збудження у кристалічних ґратках. Тема 15. Дискретні кінки і бризери в кристалах.</p> |
| <p>Короткий опис змісту тем</p> | <p>Тема 1. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЛІНІЙНИХ КОЛИВАНЬ. ДИНАМІКА СИСТЕМ З КІНЦЕВИМ ЧИСЛОМ СТУПЕНІВ СВОБОДИ.</p> <p>Нелінійні збудження в природі (вихорі, цунамі, перекидання хвиль). Основи нелінійної динаміки систем з одним ступенем вільності: ангармонійний осцилятор. Метод фазової площини, асимптотичні методи, теорія еліптичних функцій. Нелінійний зсув частоти. Активно-дисипативні нелінійні системи. Нелінійні системи з двома ступенями вільності. Інтеграли руху. Нерівномірне розподілення енергії між ступенями вільності.</p> <p>Тема 2. НЕЛІНІЙНІ ДИСКРЕТНІ СИСТЕМИ ТА СИСТЕМИ З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ.</p> <p>Одновимірні ланцюжки частинок з нелінійним зовнішнім и міжчастинковим параметрами взаємодії. Локалізація енергії в нелінійних ланцюжках. Інтегровні дискретні одновимірні системи. Довгохвильове наближення динаміки нелінійних ланцюжків. Рівняння Буссінеска и модифіковане рівняння Буссінеска.</p> <p>Тема 3. ОСНОВНІ ТИПИ НЕЛІНІЙНИХ ЕВОЛЮЦІЙНИХ РІВНЯНЬ.</p> <p>Слабодиспергуючі середовища. Нелінійні звукові хвилі. Нелінійні гравітаційні хвилі. Виведення рівняння Буссінеска в гідродинаміці. Рівняння Кортвеґа-де-Фріза. Сильно диспергуючі системи. Нелінійні хвилі на глибокій воді. Нелінійне рівняння Шредінґера. Надплинний гелій і рівняння Гросса-Пітаєвського. Нелінійна динаміка магнетиків і рівняння Ландау-Ліфшиця. Теорія пластичності і сінусоїдальне рівняння Клейна-Гордона.</p> |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|------------------|---|
| | <p>Тема 4. ЛІНІЙНІ І НЕЛІНІЙНІ ХВИЛІ І ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ.</p> <p>Характеристики лінійних хвиль: фазова та групова швидкості, закон дисперсії. Нелінійний закон дисперсії. Стійкість нелінійних хвиль різного типу. Еволюція нелінійних хвиль. Асимптотичні методи дослідження нелінійних хвиль.</p> <p>Тема 5. ДИНАМІЧНІ СОЛІТОНІ І ЇХ ВЛАСТИВОСТІ.</p> <p>Однопараметричні динамічні солітони КдФ і рівняння Буссінеска. Двопараметричні солітони нелінійного рівняння Шредінгера. Двопараметричні солітони рівняння Ландау-Ліфшиця. Солітонні інтеграли руху. Квазікласична теорія солітонів. Солітони, як зв'язані стани багатьох елементарних збуджень. Стійкість солітонів. Взаємодія солітонів і багато-солітонні розв'язки.</p> <p>Тема 6. ТОПОЛОГІЯ В ФІЗИЦІ КОНДЕНСОВАНОГО СТАНУ І ТОПОЛОГІЧНІ СОЛІТОНІ.</p> <p>Системі з дискретно та неперервно виродженими основними станами. Одновимірні топологічні солітони: доменні границі та дислокації, хвиля зарядової густини і краудіони. Двовимірні топологічні солітони: вихорі в надплинному гелії і магнітні вихорі в легко площинному феромагнетикі. Вихорі в гідродинаміці. Магнітні скірміони і скірміонні решітки в легковісних магнетиках з взаємодією Дзялошинського. Тривимірні топологічні солітони – скірміони і хопфіони.</p> <p>Тема 7. ДИНАМІЧНИЙ ХАОС.</p> <p>Сценарії динамічного хаосу в кінцевовимірних системах. Гомоклінічні структури в явищі нелінійного резонансу. Дивні атрактори в системах з півторами ступенями вільності. Хаос в гамільтонових системах. Хаос в системах з розподіленими параметрами і активно-дисипативних середовищах. Інтегровний хаос.</p> <p>Тема 8. НЕЛІНІЙНА ФІЗИКА В ЕКСПЕРИМЕНТІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИКЛАДЕННЯХ.</p> |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|------------------|--|
| | <p>Нелінійна оптика. Рівняння Хасегави и Манакова. Оптичні солітони в волоконній оптиці. Оптичні підсилювачі та лінії затримки. Штучні оптичні кристали і фотоніка. Експерименти з магнітними солітонами-булітами. Магнітні лінії затримки. Магнітна пам'ять на основі магнітних баблів і магнітних дотів. Спінтроніка і солітонна логіка на базі доменних границь, магнітних вихорів і скірмайонів</p> <p>Тема 9. ГЕОМЕТРІЯ І КЛАСИФІКАЦІЯ КРИСТАЛІЧНИХ ГРАТОК.</p> <p>Трансляційна симетрія. Прості і складні кристалічні ґратки. Решітки Браве. Класи симетрії. Сингонії. Обернена ґратка. Зони Бріллюена. Дифракція на кристалі. Використання проникаючого випромінювання для визначення структури кристала. Рівняння Лауе. Закон Вульфа-Брегга.</p> <p>Тема 10. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ КЛАСИЧНОЇ ДИНАМІКИ КРИСТАЛІВ.</p> <p>Рівняння малих коливань. Закон дисперсії стаціонарних коливань. Спектр значень квазіхвильового вектора. Нормальні координати коливань кристала. Коливання одновимірного кристала. Поверхні постійної частоти. Густина коливань кристала. Особливості ван Хова. Густина коливань низьковимірних кристалів. Функція Гріна рівняння коливань та її зв'язок з густиною коливань.</p> <p>Тема 11. КЛАСИЧНА ДИНАМІКА ПРОСТИХ І СКЛАДНИХ ГРАТОК.</p> <p>Довгохвильове наближення і макроскопічні рівняння для поля зміщень. Малі коливання лінійного ланцюжка. Коливання сильно анізотропного кристала. Оптичні коливання складної решітки. Аналіз законів дисперсії. Оптичні коливання одновимірного двоатомного кристала. Молекулярні кристали. Перетин спектрів. Кросова ситуація. Зняття виродження спектрів.</p> <p>Тема 12. КВАНТОВА МЕХАНІКА КРИСТАЛІВ.</p> <p>Квантування малих коливань кристала. Зображення чисел заповнення. Основний стан кристала. Фонони. Квантові кристали. Анггармонізм коливань кристала і взаємодія фононів. Ефективний гамільтоніан взаємодії фононів і процеси розпаду. Квантово-механічне визначення функцій Гріна. Корелятор зміщень і середній квадрат зміщення атома. Непружна дифракція на кристалі і відновлення закону дисперсії коливань.</p> |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|-------------------------------------|---|
| | <p>Тема 13. ТЕОРІЯ ДЕФЕКТІВ У КРИСТАЛАХ.</p> <p>Моделі точкових дефектів кристалічної решітки. Локалізація коливань поблизу ізольованого ізотоп-дефекту. Функція Гріна для кристала з точковими дефектами. Локальні коливання при наявності двовимірного (плоского) дефекту. Дислокації і дисклінації.</p> <p>Тема 14. НЕЛІНІЙНІ ЗБУДЖЕННЯ У КРИСТАЛІЧНИХ ГРАТКАХ.</p> <p>Рівняння Буссінеска і поодинокі ударна хвиля в ангармонічному кристалі. Дискретна модель Френкеля-Конторової для краудіонів. Рівняння синус-Гордон. Солітон як частинка в одновимірному кристалі. Гармонічні коливання в 1D кристалі, що містить краудіон (кінк). Урахування вищої дисперсії. Топологічні солітонні комплекси, їх утворення і розпад.</p> <p>Тема 15. ДИСКРЕТНІ КІНКИ І БРИЗЕРИ У КРИСТАЛАХ.</p> <p>Розв'язок континуального рівняння синус-Гордон методом Хіроті. Двосолітонні розв'язки і бризери рівняння синус-Гордон. Нелінійна решітка і дискретне рівняння Тоди. Солітони деформації у решітці Тоди. Нелінійна решітка Хіроті і самодуальна лінія передачі. Дискретні солітони і бризери решітки Хіроті та їх взаємодія. Квазікласичні спектри дискретних бризерів і гамільтонові рівняння для їх динамічних змінних.</p> |
| <p>Теми лекційних занять</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Методи дослідження нелінійних коливань, динаміка систем з кінцевим числом ступенів свободи. - Нелінійні дискретні системи та системи з розподіленими параметрами. - Основні типи нелінійних еволюційних рівнянь. - Лінійні і нелінійні хвилі і їх характеристики. - Динамічні солітони і їх властивості. - Топологія в фізиці конденсованого стану і топологічні солітони. - Динамічний хаос. - Нелінійна фізика в експерименті та технологічних прикладеннях. - Геометрія і класифікація кристалічних ґраток. - Основні поняття класичної динаміки кристалів. |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|------------------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Класична динаміка простих і складних ґраток. - Квантова механіка кристалів. - Теорія дефектів у кристалах. - Нелінійні збудження у кристалічних ґратках - Дискретні кінки і бризери в кристалах |
| Теми семінарських занять | <ul style="list-style-type: none"> - наближені, асимптотичні, якісні, точні та чисельні методи в теорії нелінійних явищ - методи Хіרותи, Беклунда, «одягання» і оберненої задачі теорії розсіювання для інтегровних нелінійних рівнянь - побудова точних бризерних розв'язків нелінійних континуальних і дискретних рівнянь |
| Теми для самостійної роботи | <ul style="list-style-type: none"> - Нелінійні коливання. Нелінійний зсув частоти та субгармоніки. Метод фазової площини. Особливі точки на фазовій площині. Резонансне наближення. Метод Ван-дер Поля. Асимптотичні розкладення. Еліптичні функції Якобі. - Системи зв'язаних нелінійних систем. Поверхня потенційної енергії. Зв'язані нелінійні хвильоводи. Зв'язані магнітні моменти. Зв'язані осцилятори Дюфінга. Головні нелінійні моди. Розподіл енергії між ступенями вільності. - Динамічні рівняння для поздовжніх, поперечних та згинальних коливань нелінійних пружних ланцюжків. Довгохвильове розглядання. Виведення рівнянь Буссінеска і сінусоїдального рівняння Гордону. Закони дисперсії лінійних хвиль. - Виведення рівняння КдФ для нелінійних гравітаційних хвиль на дрібній воді. Виведення нелінійного рівняння Шредінгера для гравітаційних хвиль на глибокій воді. Модель Френкеля-Конторової для дислокацій і краудіонів. - Лінійні і нелінійні закони дисперсії. Дисперсія нелінійних хвиль. Нестійкість нелінійних хвиль стаціонарного профілю. Критерій Лайтхілла. Модуляційна нестійкість нелінійних хвиль. Асимптотичні методи для нелінійних хвиль. - Солітони рівняння КдФ і Буссінеска. Солітони модифікованих рівнянь КдФ і Буссінеска. Солітони нелінійного рівняння Клейна-Гордона. Солітони нелінійного рівняння Шредінгера. - Квазікласична трактовка солітонів згинаючої. Солітони в неінтегровних системах. Багатовимірні солітони нелінійного рівняння Шредінгера. Квазікласична трактовка багатоговимірних солітонів. - Системи з дискретно і безперервно виродженими основними станами. Одновимірні топологічні солітони: кінки, дислокації та доменні границі. Вихорі в гідродинаміці, магнетиках та надплинних системах. Топологічні характеристики багатоговимірних топологічних солітонів. Двовимірні магнітні скірміони в магнетиках з взаємодією Дзялошинського. Тривимірні скірміони (хопфіони). - Динамічний хаос і його характеристики. Прості сценарії хаосу: гомоклінічні структури, дивні |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|---|---|
| | <p>атрактори, хаотичні гамільтонові системи. Солітонний хаос.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Експериментальне спостереження нелінійних поверхневих пружних хвиль. Експериментальне дослідження магнітних солітонів і булітів. Експерименти з оптичними солітонами. Солітони в надплинному гелії. Експерименти з магнітними вихорями, доменними границями і скірміонами. - Одновимірні дискретні моделі Фермі-Паста-Улама. Солітонні розв'язки нелінійних рівнянь з квадратичною і кубічною нелінійністю. Дискретні бризери в β-моделі Фермі-Паста-Улама. Метастабільність довгоживучих дискретних бризерів і процеси їх розпаду. - Нелінійні дискретні моделі кристалів зі складною структурою. Фотонні кристали. Фотоннокристалічні хвильоводи. Одновимірні оптичні решітки атомів в стані конденсату Бозе-Ейнштейна. Нелінійні ґратки з нелокальною міжатомною взаємодією. Нелінійні ґратки типу Кроніґа-Пенні. - Нелінійні ґратки і їх квантові аналоги. Класична і квантова дискретні моделі Абловіца-Ладіка.. Інтеграл руху і квазікласичне квантування солітону Абловіца-Ладіка. Гамільтонові рівняння для параметрів динамічного солітону. Блохівські осциляції дискретного солітона в однорідних полях. - Урахування вищої дисперсії у довгохвильовій динаміці дискретних моделей. Регуляризовані нелінійні рівняння із частинними похідними. Солітони, які вкладені у суцільний спектр. Формування комплексів топологічних солітонів. Безвипромінювальний рух і стійкість солітонних комплексів. |
| Підсумковий контроль, форма | Залік |
| Пререквізити | Вивчення дисципліни передбачає володіння базовими знаннями та навиками з курсів загальної фізики, теоретичної механіки, теорії поля і квантової механіки, теорії суцільних середовищ і гідродинаміки, знання диференціального числення, отриманих під час здобуття ступеня магістра. |
| Постреквізити | Основні положення навчальної дисципліни повинні допомогти аспірантам увійти в сучасну галузь теоретичної фізики – фізики нелінійних явищ, і використати отриманні знання в самостійній роботі по дослідженню цих явищ в першу чергу в конденсованих середовищах. |
| Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу | В процесі навчання використовуються лекції, презентації, методичні матеріали та спеціальна література. |
| Необхідне обладнання | Технічні засоби, необхідні для демонстрації презентацій, необхідна спеціальна література по курсу лекцій. |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|-------------------------------|-------|--|-----------------|---------------------|-------------------------------|---|-------|--|---------|--|--------|--|----------|---|-------|---|-------|--|-------|---|-------|---|-------|---|------------|--|-------|----|--------------|--|------|---|--|--|---------------|--|
| Шкала оцінювання | <p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою:</p> <table border="1" data-bbox="728 236 1948 802"> <thead> <tr> <th data-bbox="728 236 996 300">СУМА БАЛІВ</th> <th data-bbox="996 236 1272 300">ОЦІНКА ЄКТС</th> <th colspan="2" data-bbox="1272 236 1948 300">ОЦІНКА ЗА НАЦІОНАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <th data-bbox="1272 300 1624 363">екзамен</th> <th data-bbox="1624 300 1948 363">залік</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="728 363 996 427">90-100</td> <td data-bbox="996 363 1272 427">A</td> <td colspan="2" data-bbox="1272 363 1948 427">відмінно</td> </tr> <tr> <td data-bbox="728 427 996 491">82-89</td> <td data-bbox="996 427 1272 491">B</td> <td colspan="2" data-bbox="1272 427 1948 491" rowspan="3">добре</td> </tr> <tr> <td data-bbox="728 491 996 555">75-81</td> <td data-bbox="996 491 1272 555">C</td> </tr> <tr> <td data-bbox="728 555 996 619">64-74</td> <td data-bbox="996 555 1272 619">D</td> </tr> <tr> <td data-bbox="728 619 996 683">60-63</td> <td data-bbox="996 619 1272 683">E</td> <td colspan="2" data-bbox="1272 619 1948 683">задовільно</td> </tr> <tr> <td data-bbox="728 683 996 746">35-59</td> <td data-bbox="996 683 1272 746">FX</td> <td colspan="2" data-bbox="1272 683 1948 746" rowspan="2">незадовільно</td> </tr> <tr> <td data-bbox="728 746 996 802">1-34</td> <td data-bbox="996 746 1272 802">F</td> </tr> <tr> <td data-bbox="728 802 996 802"></td> <td data-bbox="996 802 1272 802"></td> <td colspan="2" data-bbox="1272 802 1948 802">не зараховано</td> </tr> </tbody> </table> | | | | СУМА БАЛІВ | ОЦІНКА ЄКТС | ОЦІНКА ЗА НАЦІОНАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ | | | | екзамен | залік | 90-100 | A | відмінно | | 82-89 | B | добре | | 75-81 | C | 64-74 | D | 60-63 | E | задовільно | | 35-59 | FX | незадовільно | | 1-34 | F | | | не зараховано | |
| СУМА БАЛІВ | ОЦІНКА ЄКТС | ОЦІНКА ЗА НАЦІОНАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | екзамен | залік | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90-100 | A | відмінно | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 82-89 | B | добре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75-81 | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 64-74 | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60-63 | E | задовільно | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35-59 | FX | незадовільно | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-34 | F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | не зараховано | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Критерії оцінювання | <table border="1" data-bbox="584 802 2080 1450"> <thead> <tr> <th data-bbox="584 802 728 882">Кількість балів</th> <th data-bbox="728 802 2080 882">Критерії оцінювання</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="584 882 728 1026">90-100</td> <td data-bbox="728 882 2080 1026">У відповіді повністю розкрито зміст питання. Матеріал викладено логічно, аргументовано, мова є грамотною, науковий стиль викладення матеріалу, вільне володіння термінологічним апаратом дисципліни. У відповіді продемонстровано високий рівень володіння матеріалом, що входить до навчальної програми, та продемонстровано високі практичні навички.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1026 728 1201">75-89</td> <td data-bbox="728 1026 2080 1201">Відповідь досить повно розкриває зміст питання або розкриває основні (найважливіші) аспекти у запитанні, слухач володіє термінологічним апаратом дисципліни. У викладеному матеріалі слухач має помилки із аргументацією відповіді, недостатня логічність та послідовність викладення матеріалу. У відповіді продемонстровано високий рівень володіння матеріалом, що було викладено на лекціях, та середній рівень володіння практичним матеріалом.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1201 728 1345">60-74</td> <td data-bbox="728 1201 2080 1345">Відповідь на контрольне питання є неповною, розкриває тільки деякі аспекти навчального матеріалу. Слухач припускається помилок у використанні термінології навчальної дисципліни. Рівень володіння матеріалом, що було викладено на лекціях, додатковим та практичним матеріалом є середнім.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1345 728 1425">35-59</td> <td data-bbox="728 1345 2080 1425">У відповіді допущено суттєві помилки, які свідчать про незнання лекційного матеріалу або обов'язкової літератури; слухач слабо володіє термінологією дисципліни.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1425 728 1450">1-34</td> <td data-bbox="728 1425 2080 1450">Відповідь практично відсутня, слухач демонструє незнання лекційного матеріалу або</td> </tr> </tbody> </table> | | | | Кількість балів | Критерії оцінювання | 90-100 | У відповіді повністю розкрито зміст питання. Матеріал викладено логічно, аргументовано, мова є грамотною, науковий стиль викладення матеріалу, вільне володіння термінологічним апаратом дисципліни. У відповіді продемонстровано високий рівень володіння матеріалом, що входить до навчальної програми, та продемонстровано високі практичні навички. | 75-89 | Відповідь досить повно розкриває зміст питання або розкриває основні (найважливіші) аспекти у запитанні, слухач володіє термінологічним апаратом дисципліни. У викладеному матеріалі слухач має помилки із аргументацією відповіді, недостатня логічність та послідовність викладення матеріалу. У відповіді продемонстровано високий рівень володіння матеріалом, що було викладено на лекціях, та середній рівень володіння практичним матеріалом. | 60-74 | Відповідь на контрольне питання є неповною, розкриває тільки деякі аспекти навчального матеріалу. Слухач припускається помилок у використанні термінології навчальної дисципліни. Рівень володіння матеріалом, що було викладено на лекціях, додатковим та практичним матеріалом є середнім. | 35-59 | У відповіді допущено суттєві помилки, які свідчать про незнання лекційного матеріалу або обов'язкової літератури; слухач слабо володіє термінологією дисципліни. | 1-34 | Відповідь практично відсутня, слухач демонструє незнання лекційного матеріалу або | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Кількість балів | Критерії оцінювання | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90-100 | У відповіді повністю розкрито зміст питання. Матеріал викладено логічно, аргументовано, мова є грамотною, науковий стиль викладення матеріалу, вільне володіння термінологічним апаратом дисципліни. У відповіді продемонстровано високий рівень володіння матеріалом, що входить до навчальної програми, та продемонстровано високі практичні навички. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75-89 | Відповідь досить повно розкриває зміст питання або розкриває основні (найважливіші) аспекти у запитанні, слухач володіє термінологічним апаратом дисципліни. У викладеному матеріалі слухач має помилки із аргументацією відповіді, недостатня логічність та послідовність викладення матеріалу. У відповіді продемонстровано високий рівень володіння матеріалом, що було викладено на лекціях, та середній рівень володіння практичним матеріалом. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60-74 | Відповідь на контрольне питання є неповною, розкриває тільки деякі аспекти навчального матеріалу. Слухач припускається помилок у використанні термінології навчальної дисципліни. Рівень володіння матеріалом, що було викладено на лекціях, додатковим та практичним матеріалом є середнім. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35-59 | У відповіді допущено суттєві помилки, які свідчать про незнання лекційного матеріалу або обов'язкової літератури; слухач слабо володіє термінологією дисципліни. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-34 | Відповідь практично відсутня, слухач демонструє незнання лекційного матеріалу або | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|---------------------------------|--|
| | обов'язкової літератури; не володіє термінологією |
| Питання до іспиту/заліку | <ol style="list-style-type: none"> 1. Намалювати фазовий портрет осцилятора Дюфінга. 2. Намалювати фазовий портрет осцилятора Ван дер Поля. 3. Намалювати фазовий портрет математичного маятника. 4. Знайти нелінійний зсув частоти осцилятора Дюфінга з квадратичною нелінійністю в резонансному наближенні. 5. Знайти перші два члени нелінійного зсуву частоти маятника Дюфінга.. 6. Намалювати поверхню потенційної енергії двох зв'язаних різних маятників Дюфінга. 7. Знайти точку біфуркації двох зв'язаних осциляторів Дюфінга і описати процес біфуркації. 8. Описати всі стаціонарні стани двох зв'язаних ротаторів в моделі DSTM. 9. Знайти стаціонарні стани двох зв'язаних осциляторів в моделі Абловіца-Ладіка. 10. Вивести динамічне рівняння ланцюжка класичних магнітних моментів з урахуванням магнітної анізотропії обміну. 11. Вивести динамічне рівняння ланцюжка зв'язаних математичних маятників. 12. Довгохвильове наближення в теорії нелінійних ланцюжків. Сильнодиспергуючі і слабодиспергуючі системи. 13. Вивести рівняння КдФ для коливання нелінійного ланцюжка. 14. Вивести рівняння Буссінеска для коливання нелінійного ланцюжка. 15. Фазова та групова швидкості хвиль. Дисперсія хвиль. Нелінійна дисперсія. 16. Знайти нелінійний закон дисперсії рівняння Буссінеска 17. Знайти нелінійний закон дисперсії рівняння КдФ. 18. Явище перекидання фронту хвиля на прикладі рівняння КдФ. 19. Вивести рівняння Буссінеска для нелінійних гравітаційних хвиль при малій глибині. 20. Модель Гросса-Пітаєвського і виведення рівняння Гросса-Пітаєвського. 21. Модель Ліба і виведення нелінійного рівняння Шредінгера для одновимірного Бозе-газу з δ – образним потенціалом взаємодії. 22. Квазікласичний підхід до нелінійного рівняння Шредінгера. Інтеграли руху. 23. Виведення нелінійних еволюційних рівнянь з нелінійного закону дисперсії. 24. Критерій стійкості нелінійних хвиль стаціонарного профілю. 25. Хвилі конденсату нелінійного рівняння Шредінгера. Боголюбівський спектр. 26. Солітони рівняння КдФ. 27. Солітони рівняння Буссінеска. 28. Зв'язок рівнянь КдФ и мКдФ і їх розв'язків. Перетворення Міури. |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|------------------|--|
| | <p>29. Солітони згинаючої на прикладі нелінійного рівняння Шредінгера.</p> <p>30. Солітони різного типу синусоїдального рівняння Гордона.</p> <p>31. Магнітні солітони рівняння Ландау-Ліфшиця.</p> <p>32. Солітони згинаючої в нелінійних неінтегровних рівняннях. Приклад нелінійного рівняння Клейна-Гордона.</p> <p>33. Темні солітони ненульового вакууму нелінійного дефокусуєчого рівняння Шредінгера. Солітони в надплинному гелії.</p> <p>34. Солітони Ахмедієва і Кузнецова.</p> <p>35. Знайти чисельно за допомогою Mathematic або Maple двовимірні солітони нелінійного рівняння Шредінгера.</p> <p>36. Знайти чисельно за допомогою Mathematic або Maple тривимірні солітони нелінійного рівняння Шредінгера.</p> <p>37. Вихорові збудження рівняння Гросса-Пітаєвського.</p> <p>38. Знайти чисельно за допомогою Mathematic або Maple вихорові розв'язки нелінійного рівняння Гросса-Пітаєвського.</p> <p>39. Скірміони в феромагнетиках з взаємодією Дзялошинського.</p> <p>40.. Знайти чисельно за допомогою Mathematic або Maple скірміонні розв'язки рівняння Ландау-Ліфшиця.</p> <p>41. Особливі точки і фазові траєкторії системи Лоренца в тривимірному фазовому просторі.</p> <p>42. Знайти чисельно за допомогою Mathematic або Maple спектр нелінійних коливань двох лінійно зв'язаних осциляторів Дюфінга.</p> <p>43. Прості і складні кристалічні решітки. Решітки Браве. Сингонії.</p> <p>44. Поняття оберненої решітки і приведені зони Бріллюєна.</p> <p>45. Використання рентгенівських променів для встановлення структури кристала.</p> <p>46. Рівняння малих коливань. Закон дисперсії стаціонарних коливань і його загальний аналіз.</p> <p>47. Власні коливання кристала і спектр значень квазіхвильового вектора. Циклічні умови Борна-Кармана.</p> <p>48. Коливання одновимірного кристала і ланцюжків атомів кінцевої довжини.</p> <p>49. Нормальні координати коливань кристала. Функція Гамільтона кристала.</p> <p>50. Основні поняття і рівняння теорії пружності та довгохвильове наближення і макроскопічні рівняння для поля зміщень.</p> <p>51. Малі коливання лінійного ланцюжка та коливання сильно анізотропного кристала.</p> <p>52. Аналіз закону дисперсії коливань складної решітки. Оптичні коливання.</p> <p>53. Оптичні коливання одновимірного двоатомного кристала.</p> <p>54. Молекулярні кристали і перетин акустичних и оптичних спектрів.</p> <p>55. Поверхні постійної частоти і густина коливань кристала.</p> |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|---|--|
| | <p>56. Густина коливань низьковимірних кристалів і особливості ван Хова.</p> <p>57. Функція Гріна рівняння коливань і її зв'язок з густиною коливань.</p> <p>58. Гамільтоніан кристала і квантування малих коливань.</p> <p>59. Основний стан кристала і термодинаміка газу фононів.</p> <p>60. Умови стійкості кристала, параметр де Бура і квантові кристали.</p> <p>61. Нелінійність коливань кристала, ефективний гамільтоніан взаємодії і процеси розпаду фононів.</p> <p>62. Квантово-механічне визначення функції Гріна.</p> <p>63. Корелятор зміщень і середній квадрат зміщення атома.</p> <p>64. Непружна дифракція на кристалі і відновлення закону дисперсії коливань.</p> <p>65. Локалізація коливань поблизу ізольованого ізотоп-дефекту. Функція Гріна для кристала з дефектами.</p> <p>66. Локальні коливання поблизу двовимірного дефекта. Дислокації і дисклінації.</p> <p>67. Знаходження розв'язку рівняння Буссінеска для надзвукового солітона в ангармонічного кристалі.</p> <p>68. Дискретна модель Френкеля-Конторової для краудіонів в кристалі і рівняння синус-Гордон.</p> <p>69. Розв'язок континуального рівняння синус-Гордон методом Хіרותи. Двосолітонні розв'язки і бризер.</p> <p>70. Солітон-кінк як частинка в одновимірному кристалі і малі коливання в кристалі, що містить краудіон.</p> <p>71. Однопараметричні дискретні солітони решіток Тоди і Хіרותи.</p> <p>72. Дискретні бризери решітки Хіרותи і їх квазікласичні спектри.</p> |
| <p>Література для вивчення дисципліни:</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика, М.: Наука, 1965. – 203 с. 2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика, М.: Наука, 1986. – 730 с. 3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости, М.: Наука, 1987. – 245 с. 4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика, М.: Наука, 1963. – 702 с. 5. Косевич А.М. Основы механики кристаллической решетки, М.: Наука, 1972. – 280 с. 6. Косевич А.М. Теория кристаллической решетки. Физическая механика кристаллов, Харьков: Вища школа, 1988. – 304 с. 7. Kosevich A.M. The Crystal Lattice. Phonons, Solitons, Dislocations, Superlattices, Weinheim: WILEY-VCH, 2005. – 343 p. 8. Косевич А. М. Механіка кристалічної ґратки, Харків: Акта, 2006. – 305 с. 9. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э., Теория колебаний, М.: ФМЛ, 1959. – 915 с. 10. Неймарк Ю.И., Ланда П.С. Стохастические и хаотические колебания, М.: Наука, 1987. – 424 с. 11. Крылов Н.М., Боголюбов Н.Н., Введение в нелинейную механику, М.: РХД, 2004. – 350 с. |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|------------------|--|
| | <p>12. Блэкьер О., Анализ нелинейных систем, М.: Мир, 1969. – 400 с.</p> <p>13. Найфэ А., Введение в методы возмущений, М.: Мир, 1984. – 535 с.</p> <p>14. Уизем Дж., Линейные и нелинейные волны, М.: Мир, 1977. – 622 с.</p> <p>15. Рабинович М.И., Трубецков Д.И., Введение в теорию колебаний и волн, М.: Наука, 1984. – 430 с.</p> <p>16. Борисов А.Б. Начала нелинейной динамики, Екатеринбург, 2010. – 407 с.</p> <p>17. Лэм Дж.Л., Введение в теорию солитонов, М.: Мир, 1983. – 294 с.</p> <p>18. Додд Р., Эйлбек Дж., Гиббон Дж., Моррис Х., Солитоны и нелинейные волновые уравнения, М.: Мир, 1988. – 794 с.</p> <p>19. Абловиц М., Сигур Х., Солитоны и метод обратной задачи рассеяния, М.: Мир, 1987. – 477 с.</p> <p>20. Ньюэлл А. Солитоны в математике и физике, М.: Мир, 1989. – 323 с.</p> <p>21. Тода М. Теория нелинейных решеток, М.: Мир, 1982. – 262 с.</p> <p>22. Косевич А.М., Ковалев А.С., Введение в нелинейную физическую механику, Киев: Наукова думка, 1989. – 300 с.</p> <p>23. Косевич А.М., Иванов Б.А., Ковалев А.С. Нелинейные волны намагниченности. Динамические и топологические солитоны, Киев: Наукова думка, 1983. – 192 с.</p> <p>24. Борисов А.Б. Киселев В.В. Нелинейные волны, солитоны и локализованные структуры в магнетиках, т.1, Квазиодномерные магнитные солитоны, Екатеринбург, 2009. – 510 с.</p> <p>25. Борисов А.Б. Киселев В.В. Нелинейные волны, солитоны и локализованные структуры в магнетиках, т.1, Топологические солитоны, Екатеринбург, 2011. – 415 с.</p> <p>26. Шамсутдинов М.А., Ломакин И.Ю., Назаров В.Н. и др., Ферро- и антиферромагнитодинамика, Нелинейные колебания, волны и солитоны, М.: Наука, 2009. – 420 с.</p> <p>27. Ахмедиев Н.Н., Анкевич А. Солитоны. Нелинейные импульсы и пучки, М.: ФМЛ, 2003. – 304 с.</p> <p>28. Ахмедиев Н., Анкевич А. Диссипативные солитоны М.: ФМЛ, 2008. – 504 с.</p> <p>29. Kivshar Yu.S., Agraval G.P., Optical solitons, Academic press, Amsterdam, 2003, 540 p.</p> <p>30. Braun O.M., Kivshar Yu.S., The Frenkel-Kontorova model, Springer, Berlin, 2004, 446 p.</p> <p>31. Manton N., Sutcliffe P., Topological solitons, Cambridge University Press, 2004, 492 p.</p> <p>32. Kevrekidis P.G., Frantziskakis D.J., Carretero-Gonzales R., The Defocusing Nonlinear Schrodinger equation, Philadelphia, SIAM, 2015, 425 p.</p> <p>33. Boling Guo, Shijin Ding, Landau-Lifshitz equation, World Scientific, Singapore, 2008, 403 p.</p> <p>34. Osborn A.R. Nonlinear Ocean Waves, Academic Press, Amsterdam 2010, 900 p.</p> <p>35. Kartashov Y.V., Malomed B.A., Torner L., Solitons in nonlinear lattice, Rev. Mod. Phys., v.83, 2011, 247-305.</p> <p>36. Anderson J.O., Theory of the weakly interacting Bose-gas, Rev. Mod Phys., v.76, 2004, 599-639.</p> <p>37. Nagaosa N., Tokura Y., Topological properties and gynamocs of magnetic skermions, Nature</p> |

| <i>Назва п/п</i> | <i>Коротка інформація</i> |
|-----------------------------|--|
| | <p>nanotechnology, v.8, 2013, 899-911.</p> <p>38. Zutic I., Fabian J., Das Sarma S., Spintronics: Fundamentals and applications, Rev. Mod. Phys., v.76, 2004, 323-386.</p> <p>39. Lapine M., Shadrivov I.V., Kivshar Yu.S., Nonlinear metamaterials, Rev. Mod. Phys., v.86, 2014, 1093-1117.</p> <p>40. Flach S. , Gorbach A.V., Discrete breathers – Advances in theory and applications, Phys. Rep., v. 467, 2008, 1-116.</p> |
| Додаткова література | <p>https://www.taylorfrancis.com/books/9780203647417 – Encyclopedia of Nonlinear Science – Енциклопедія нелінійної науки.</p> <p>https://www.routledge.com/Encyclopedia-of-Nonlinear-Science-1st-Edition/Scott/p/book/9781138012141</p> <p>http://www.ma.hw.ac.uk/solitons/ – School of Mathematical and Computer Sciences, Heriot-Watt University Edinburgh, Scotland – Школа математичних і комп'ютерних наук, Університет Геріот-Ватт, Единбург, Шотландія.</p> <p>https://physics.anu.edu.au/nonlinear/ – Nonlinear Physics Centre, Australian National University, Canberra, Australia – Центр нелінійної фізики, Австралійський національний університет, Канберра, Австралія.</p> <p>https://www.ibs.re.kr/eng/sub02_03_08.do – Center for Theoretical Physics of Complex Systems, Institute for Basic Science, Daejeon, South Korea – Центр теоретичної фізики складних систем, Інститут фундаментальної науки, Теджон, Південна Корея.</p> <p>https://www.itp.ac.ru – Інститут теоретичної фізики ім. Л.Д.Ландау РАН, Чорноголовка, РФ.</p> <p>http://bitp.kiev.ua/ – Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України, Київ, Україна.</p> |
| Опитування | Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу. |