Нелинейная физика

Лекторы:
Алексей Юлин

Язык:
Русский
Трудоемкость:
4 з.е.
Форма контроля:
Экзамен

Пререквизиты:
Математический анализ
Дифференциальные уравнения
Математическая физика
Линейная алгебра

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
14		
*1 академический час = 45 минутам		

Курс является междициплинарным, основной его целью является разбор методов нелинейной динамики в контексте различных физических задач. В первой части курса рассматриваются линейные и нелинейные колебания сосредоточенных систем. В частности рассматриваются колебания систем с медленно и быстро меняющимися параметрами, параметрический резонанс, нелинейный резонанс, эффект синхонизации и другие важные элементы теории колебаний. Также студенты знакомятся с методом медленно меняющихся амплитуд и другими методами возмущений, являющимися эффективнысм средствами анализа нелинейных систем. Ознакомление студентов с основами теории бифуркаций также включено в эту часть курса. Вторая часть курса посвящена волнам. В этой части рассматриваются квазилинейные волны, метод характеристик, возникновение разрывов в решении и формирование ударных волн. Далее метод медленно меняющихся амплитуд обобщается на случай волн (нелинейное уравнение Шредингера и его аналоги). В курсе рассматриваются нелинейные плоские волны и исследуется их динамическая устойчивость. Также в курс включено рассмотрение трехволнового взаимодействия. Локализованные волны (кинки и солитоны) рассматриваются на примере уравнений синус-Гордон и нелинейное уравнение Шредингера. В курс включены местоды квазичастичного описания динамики локализованных волн. В заключительной части курса рассматривается динамика активных распределенных систем (лазеров) в рамках модели Гинзбурга-Ландау и Свифта-Хоенберга.

Содержание курса

8 семестр

Нелинейная физика

Структура курса

Разделы	**Лекции (ак. ч.)**	**Практика (ак. ч.)**
1. Введение		
Линейные и нелинейные колебания. Типы движений, геометрическая интерпретация, фазовое пространство.	2	
2. Методы возмущений на примере линейный осцилятора с потерями		
Метод разложения по малому параметру. Резонансное нарастание малых поправок и метод медленно меняющихся амплитуд.	2	
3. Динамика систем с параметрами, зависящими от времени.		
Адиабатический инвариант (медленно меняющиеся параметры), движение при наличии быстрых осцилляций параметров (маятник Капицы, пондеромоторная сила), парметрический резонанс (уравнение Хилла). Описание параметрического резонанса в терминах метода медленно меняющихся амплитуд.	2	
4. Нелинейный осциллятор		
Фазовые портреты нелинейных осцилляторов, описание в рамках метода медленно меняющихся амплитуд	2	
5. Устойчивость и классификаация состояний равновесий.		
Динамическая и структурная устойчивости, линейная устойчивость, состояния равновесия типа узел, седло, центр и фокус. Релаксационные колебания.	2	2
6. Элементы теории бифуркаций		
Седлоузловая бифуркация, бифуркация вилки, транскритическая бифуркация, бифуркация Андонова-Хопфа, бифуркация петли сепаратрисы.	2	
7. Синхрониация		
Эффект синхронизации, синхронизация ротатора внешним периодическим сигналом, синхронизация нелинейного осциллятора в пиближении Курамото-Сивашинского, анализ бифуркация при синхронизации нелинейного осциллятора в рамках приближения медленно меняющихся амплитуд.	2	2
8. Линейные волны		
Линейные волны, дисперсия, приближение медленно меняющихся амплитуд для волн.	2	
9. Квазилинейные волны		
Квазилинейные волны, метод характеристик, образование разрывов в решении, сильные и слабые разрывы, определение скорости двидения разрывов при наличии интеграла движения, слияние разрывов, формирование ударных волн.	2	
10. Нелинейные волны		
Вывод нелинейного уравнения Шредингера, плоские нелинейные волны, модуляционная неустойчивость. Трехволновое взаимодействие.	2	2
11. Локализованные волны		
Кинки на примере уравнения синус-Гордон, солитоны огибающей не примере нелинейного уравнения Шредингера. Квазичастичное приближение для описания слабовзаимоедйствущих солитонов.	2	
12. Пространственная динамика активных систем		
Вывод уравнения Гинзбурга-Ландау и уравнения Свифта-Хоенберга для широкоапертурных лазеров. Неустойчивость решений, формирование паттернов и локализованных структур.	2	

В ходе обучения проводится лабораторная работа «Колебания физического маятника с упругим подвесом», а так же 3 практических занятия по темам лекций.

Рекомендуемые ресурсы

1. Пухов А.А. Лекции по колебаниям и волнам, Лекции по колебаниям и волнам: учебное пособие. В двух частях. Ч. 2. Волны. - МФТИ, 2019 - 206 с.
2. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн - НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика". - 2000 - 560 с.
3. Рыскин Н.М., Трубецков Д.И. Нелинейные волны - Учеб. пособие для вузов. —М.: Наука. Физматлит, 2000. —272 с.
4. S.H. Strogatz, Nonlinear Dynamics And Chaos: With Applications To Physics, Biology, Chemistry, And Engineering (Studies in Nonlinearity), CRC Press 1st edition (December 29, 2000), p. 512

Политика оценивания

Оценочные средства дисциплины: практическая работа, лабораторная работа, практическое задание, устный экзамен.

Для успешной сдачи устного экзамена в конце семестра, студент должен предварительно иметь зачет по трем практическим работам и по лабораторной работе.
На экзамене студенты должны ответить на вопрос в билете и решить задачу. За ответ на вопрос студент получает от 10 до 40 баллов, за решение задачи тоже от 20 до 50 баллов. В конце экзамена студенту предлагаются дополнительные вопросы из программы курса. Ответ на эти вопросы оценивается от 0 до 10 баллов.

Максимальное количество баллов за курс - 100.

Оценка 3 - "удовлетворительно - от 40 до 60 баллов
Оценка 4 - "хорошо" - от 60 до 80 баллов
Оценка 5 - "отлично" - от 80 до 100 баллов
За существенные ошибки в решении задачи/ответе на вопрос оценка за этот пункт снижается в 2 раза, за несущественные — на четверть.

Тип самостоятельных заданий

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
С помощью метода возмущений проанализировать стабилизацию параметрического резонанса в случае, когда резонансная частота зависит от амплитуды колебаний. Система описывается уравнением
$\partial_t^2 x+\gamma\partial_t x+(1+\alpha \cos(2+\delta t))x+x^3=0$.