

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Нелинейная динамика

2. Лекторы.

2.1. д.ф.-м.н., академик РАН, профессор Руденко Олег Владимирович, кафедра акустики, rudenko@acs366.phys.msu.ru, тел. 939-29-36

2.2. к.ф.-м.н., ст. научн. сотрудник Гусев Владимир Андреевич, кафедра акустики, vgusev@bk.ru, тел. 939-29-43

3. Аннотация дисциплины.

Курс состоит в систематическом изложении базовых знаний по современной нелинейной динамике, в первую очередь, нелинейных волновых и колебательных процессов, важных для акустики и ее практических применений. Даются сведения об основных типах нелинейных моделей сосредоточенных и распределенных систем и методы их анализа. Рассмотрены основные математические подходы к исследованию таких моделей и решению соответствующих нелинейных дифференциальных уравнений. Большое внимание уделено практическим аспектам теории и ее приложению к актуальным задачам в гидро-, аэро-, геоакустике и смежных областях физики.

4. Цели освоения дисциплины.

В результате освоения дисциплины обучающийся приобретёт знания по современной нелинейной динамике и физике, умение решать ряд задач нелинейной физики волновых и колебательных явлений, актуальных для гидро-, аэро, геоакустики, использовать полученные знания в различных областях современной нелинейной акустики.

5. Задачи дисциплины.

Задачами курса являются: (1) систематическое изложение основ современной нелинейной динамики; (2) ознакомление с методами решения задач нелинейной динамики, важных для акустических приложений; (3) знакомство с конкретными прикладными задачами нелинейной динамики волновых и колебательных процессов и примерами из практической деятельности.

6. Компетенции.

6.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

М-ОНК-2; М-ИК-2; М-ПК-8;

6.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

М-ИК-3; М-ПК-1; М-ПК-2; М-ПК-3; М-ПК-5; М-ПК-6; М-СПК-17.

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен

знать основы нелинейной динамики, особенно в приложении к задачам акустики и нелинейных волновых и колебательных процессов;

уметь применять полученные знания к решению задач нелинейной акустики;

владеть методами решения основных задач нелинейной динамики;

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр				Всего
	1	2	3	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов			72		72
Аудиторная работа:					
Лекции, акад. часов			36		36
Семинары, акад. часов					
Лабораторные работы, акад. часов					
Самостоятельная работа, акад. часов			36		36
Вид промежуточной аттестации (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)			экзамен		

N раздела, название раздела	N темы	Название темы	Структура и содержание дисциплины				Форма текущего контроля успеваемости
			Содержание темы	Аудиторная нагрузка, отводимая на лекционный материал темы, ак.ч.	Названия семинаров по теме. Аудиторная нагрузка, отводимая на каждый семинар темы, ак.ч.	Самостоятельная работа: название темы самостоятельной работы; трудоемкость темы, ак.ч.	
1. Нелинейные динамические системы	1	Общая характеристика нелинейных динамических систем	<i>История развития и роль нелинейной динамики в современном мире. Нелинейные колебания и волны в системах различной природы. Нелинейные разделы в естественных науках: физике (акустике, радиофизике, оптике), биологии, науках о Земле.</i>	1 ак.ч.	Основные понятия нелинейной динамики. Определение динамической системы и ее основных характеристик. 1 ак.ч.	Основные понятия нелинейной динамики. Определение динамической системы и ее основных характеристик. 2 ак. ч.	Об ДЗ
2. Основные типы и методы исследования нелинейных динамических систем	1.	Неустойчивость и хаос в динамических системах	<i>Нелинейные динамические системы. Точечные отображения. Фракталы, фрактальная размерность. Неустойчивости. Переход к хаосу в гамма-тоновых и диссипативных системах.</i>	1 ак. ч.	Точечные отображения. Неустойчивость и динамический хаос. Странный аттрактор. 1 ак. ч.	Точечные отображения. Неустойчивость и динамический хаос. Странный аттрактор. 3 ак. ч.	Об, ДЗ
	2.	Динамика сосредоточенных систем	<i>Нелинейная динамика сосредоточенных систем с одной и несколькими степенями свободы; современные проблемы нелинейной теории колебаний.</i>	1 ак. ч.	Критерии устойчивости, предельные циклы. Бифуркации в нелинейных системах. 1 ак. ч.	Критерии устойчивости, предельные циклы. Бифуркации в нелинейных системах. 3 ак. ч.	Об, ДЗ, КР
	3.	Нелинейные волновые процессы	<i>Основные типы нелинейных волн и структур в распределенных системах: римановы и ударные волны, солитоны, волны в возбудимых средах (автоволны), ячеистые многомерные структуры.</i>	1 ак. ч.	Устойчивые нелинейные волновые структуры и поля различной природы. 1 ак. ч.	Устойчивые нелинейные волновые структуры и поля различной природы. 3 ак. ч.	Об, ДЗ, К
3. Практические приложения нелинейной динамики и теории нелинейных волновых процессов	1.	Нелинейные задачи в радиофизике и оптике.	<i>Нелинейные электромагнитные поля в материальных средах, нелинейная поляризация, применения нелинейной оптики, метаматериалы.</i>	1 ак. ч.	Особенности нелинейных волновых процессов в диспергирующих средах. 1 ак. ч.	Особенности нелинейных волновых процессов в диспергирующих средах. 3 ак. ч.	Об, ДЗ
	2	Современные проблемы нелинейной акустики.	<i>Актуальные задачи и практические приложения акустических волн большой интенсивности.</i>	1 ак. ч.	Новые подходы к исследованию пространственно-временной структуры интенсивных волн и волновых пучков. 1 ак. ч.	Новые подходы к исследованию пространственно-временной структуры интенсивных волн и волновых пучков. 3 ак. ч.	Об, ДЗ, КР
	3	Проблемы газодинамики, аэроакустические взаимодействия.	<i>Нелинейные процессы в газобразных средах, взаимодействие аэродинамических потоков и акустических мод, аэродинамическая генерация звука.</i>	1 ак. ч.	Генерация звука аэродинамическим потоком. 1 ак. ч.	Генерация звука аэродинамическим потоком. 3 ак. ч.	Об, ДЗ
	4	Нелинейная гидрофизика; взаимодействие волн и течений в атмосфере и океане.	<i>Нелинейные процессы в водной оболочке Земли, крупномасштабные движения и течения. Волновые взаимодействия на границе океана и атмосферы и динамика совместных волновых движений в них.</i>	1 ак. ч.	Нелинейные крупномасштабные волновые движения в Мировом океане. 1 ак. ч.	Нелинейные крупномасштабные волновые движения в Мировом океане. 3 ак. ч.	Об, ДЗ, К

	5	Нелинейная сейсмика; нелинейные проблемы в физике Земли.	<i>Нелинейные волновые процессы в земной коре. Приложение нелинейной акустики к восстановлению свойств и структуры земной коры, а также мониторингу сейсмической активности.</i>	1 ак. ч.	Особенности распространения различных акустических мод большой интенсивности в природных средах. 1 ак. ч.	Особенности распространения различных акустических мод большой интенсивности в природных средах. 3 ак. ч.	Об, ДЗ
	6	Нелинейные процессы в биологических и химических системах.	<i>Нелинейная динамика биологических и химических систем. Приложения к эволюции популяций, нейронным цепям и активным средам.</i>	1 ак. ч.	Эволюция популяций и сообществ. Модели типа "хищник-жертва" 1 ак. ч.	Эволюция популяций и сообществ. Модели типа "хищник-жертва" 3 ак. ч.	Об, ДЗ, КР
	7	Техногенные и природные катастрофические процессы.	<i>Применение нелинейных волновых процессов для диагностики и мониторинга состояния среды для предотвращения катастроф и разрушений.</i>	1 ак. ч.	Нелинейная акустическая диагностика. Критерии прочности материалов. 1 ак. ч.	Нелинейная акустическая диагностика. Критерии прочности материалов. 2 ак. ч.	Об, ДЗ
	8	Использование нелинейных явлений в науке, технике и технологиях.	<i>Прикладные задачи, связанные с применением нелинейных явлений в различных сферах деятельности.</i>	1 ак. ч.	Современные технологии, основанные на нелинейных явлениях. 1 ак. ч.	Современные технологии, основанные на нелинейных явлениях. 2 ак. ч.	Об, ДЗ
4. Математические методы анализа нелинейных динамических систем	1	Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний.	<i>Основные методы решения уравнений нелинейных колебаний: метод Крылова-Боголюбова, многих масштабов. Вывод укороченных уравнений.</i>	1 ак. ч.	Применение асимптотических методов к решению уравнений нелинейных колебаний. 1 ак. ч.	Применение асимптотических методов к решению уравнений нелинейных колебаний. 3 ак. ч.	Об, ДЗ, КР
	2	Аналитические методы решения нелинейных волновых задач.	<i>Основные методы решения уравнений, описывающих нелинейные волновые процессы. Вывод эволюционных уравнений.</i>	1 ак. ч.	Методы построения точных решений нелинейных уравнений. 1 ак. ч.	Методы построения точных решений нелинейных уравнений. 3 ак. ч.	Об, ДЗ, К
	3	Метод неперывных групп Ли и точно решаемые нелинейные задачи.	<i>Применение теории групп Ли к построению точных решений нелинейных уравнений на основе поиска симметрий дифференциальных уравнений. Обобщение нелинейных моделей на основе расширения класса допустимых симметрий.</i>	1 ак. ч.	Симметричный анализ уравнений Бюргерса и Хохлова-Заболотской. 1 ак. ч.	Симметричный анализ уравнений Бюргерса и Хохлова-Заболотской. 3 ак. ч.	Об, ДЗ

Предусмотрены следующие формы текущего контроля успеваемости.

1. Домашнее задание (ДЗ);
2. Контрольная работа (КР);
3. Коллоквиум (К);
4. Обсуждение (Об).

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. Обязательная дисциплина.
2. Вариативная часть, блок профессиональной подготовки, дисциплина магистерской программы.
3. Курс связан с рядом дисциплин, преподаваемых на физическом факультете. К началу изучения курса студент должен владеть знаниями общей физики, основ геофизики, механики сплошных сред, теоретической

механики, теоретических основ акустики, теории колебаний, теории волн, нелинейной акустики, с которыми он методически связан.

3.1. Дисциплины, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины: общая физика, основы геофизики, механика сплошных сред, теоретическая механика, введение в акустику, теоретические основы акустики, теория колебаний, теория волн, физическая акустика, физическая акустика твердого тела, нелинейная акустика.

10. Образовательные технологии

Изложение в основном ведётся традиционным способом (с использованием фломастеров, мела и доски), а также применяются современные информационные технологии, компьютерные презентации, электронные ресурсы. Курс дается в виде лекций, сопровождаемых самостоятельным решением задач с обязательным написанием реферата по одному из актуальных направлений нелинейной динамики и его защитой в аспирантской аудитории. Во время проведения коллоквиума проводится общая дискуссия по темам соответствующих разделов курса. Преподавание дисциплины проводится в форме авторского курса по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Примерный список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации:

1. Понятие динамической системы. Ее основные характеристики.
2. Динамика нелинейных систем с сосредоточенными параметрами. Фазовый портрет. Особые точки, предельные циклы, аттракторы.
3. Консервативность, автономность нелинейных динамических систем.
4. Автоколебательные системы. Релаксационные колебания.
5. Критерии устойчивости динамической системы. Неустойчивость и бифуркации.
6. Динамический хаос и переход к нему в динамической системе. Стохастическая динамика.
7. Фракталы. Фрактальная размерность аттрактора. Порог фрактальности.
8. Устойчивые волновые структуры в нелинейной акустике и гидродинамике. Ударные волны. Солитоны. Ячеистые многомерные структуры.
9. Нелинейные волновые процессы в возбудимых и активных средах.
10. Нелинейные волны в идеальной среде без дисперсии. Разрывные волны. Пилообразные волны.
11. Нелинейные волны в диссипативной среде. Уравнение Бюргера. Формирование ударных волн.
12. Многомерные нелинейные волны. Нелинейные ограниченные волновые пучки. Гауссовские пучки.
13. Нелинейные волны в средах с дисперсией. Физические причины появления дисперсии в акустике. Слабая и сильная дисперсия. Уравнение Кортевега-де Вриза.
14. Нелинейные волны в средах с дисперсией. Метод обратной задачи теории рассеяния.
15. Особенности электромагнитных полей большой интенсивности. Нелинейная поляризация. Нелинейная оптика.
16. Взаимодействие акустических волн и аэродинамических потоков. Генерация звука потоком.
17. Крупномасштабные нелинейные волновые процессы в Мировом океане. Взаимодействие волновых процессов в океане и атмосфере Земли.
18. Нелинейная гидроакустика. Нелинейные акустические поля в океане. параметрические антенны.
19. Особенности распространения различных акустических мод большой интенсивности в земной коре. Возможности восстановления внутренней структуры.
20. Нелинейные волновые процессы в природных средах - горных породах, пористых, гранулированных средах.
21. Нелинейная неразрушающая диагностика материалов и дефектоскопия.
22. Особенности нелинейных процессов в биологических и химических системах. Модели эволюции популяций типа "хищник-жертва".
23. Асимптотические методы решения уравнений нелинейных колебаний. Уравнение Ван-дер-Поля. Метод Крылова-Боголюбова, метод многих масштабов. Укороченные уравнения.
24. Аналитические методы решения нелинейных волновых уравнений. Вывод эволюционных уравнений.

25. Применение непрерывных групп Ли для построения точных решений нелинейных уравнений. Инвариантные решения и преобразования.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

12.1. При изучении курса основное внимание следует уделять физическим механизмам изучаемых явлений, их связи с нелинейными волновыми явлениями как в акустике, так и в других разделах физики, вопросам практического значения и применения изучаемых явлений.

12.2. Литература

Основная литература

1. П.С.Ланда. Нелинейные колебания и волны. –М., Наука, Физматлит, 1997.
2. Н.В.Карлов, Н.А.Кириченко. Колебания, волны, структуры. –М., Наука, Физматлит, 1997.
3. Г.М. Заславский, Р.З. Сагдеев. Введение в нелинейную физику: От маятника до турбулентности и хаоса. М.: Наука, 1988.
4. М.И.Рабинович, Д.И.Трубецков. Основы теории колебаний и волн. - М.: Наука. 1987.
4. А.А.Андронов, А.А.Витт, С.Э.Хайкин. Теория колебаний. -М.: Наука, 1981.
6. Н.Н. Боголюбов, Ю.А. Митропольский. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. - М.: Наука, 1974.
7. Н.Н. Моисеев. Асимптотические методы нелинейной механики. - М.: Наука, 1981.
8. В.В.Мигулин, В.И.Медведев, Е.Р.Мустель, В.Н.Парыгин. Основы теории колебаний. - М.: Наука, 1988.
9. М.Б.Виноградова, О.В.Руденко, А.П.Сухоруков. Теория волн. - М.: Наука, 1990.
10. N.H.Ibragimov. Introduction to Modern Group Analysis. – Ufa: Tau, 2000.

13. Материально-техническое обеспечение

13.1. Помещения - учебная аудитория. Лекционные и семинарские занятия по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями к материально-техническим условиям реализации ООП (п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика»). Аудиторный фонд для проведения учебных занятий включает достаточное количество аудиторий для проведения лекций и семинарских занятий с количеством посадочных мест не менее 12 в каждой аудитории.

13.2. Оборудование – ПК, проектор, доступ к Интернету, доска, фломастеры или мел.

Специализированные компетенции профильной направленности обучения (специализированные компетенции магистерской программы)	
М-СПК-17	Способность свободно применять на практике профессиональные знания по динамике нелинейных систем в различных областях науки и техники и нелинейным волновым процессам большой интенсивности, необходимые для решения научно-исследовательских и научно-инновационных задач нелинейной физики и прикладных исследований в геофизике, радиофизике и оптике, медицине и биологии и других смежных областях; способность организовывать и планировать исследования нелинейных динамических систем различной природы, ставить конкретные задачи научных исследований в области нелинейной динамики, решать их с помощью современных математических методов, оборудования и информационных технологий, применять навыки оформления их результатов в научных публикациях, статьях и докладах.