

Рабочая программа дисциплины ООП

Нелинейная акустика

*Лекторы: к.ф.-м.н., ст. науч. сотр. Гусев Владимир Андреевич,
д.ф.-м.н., академик РАН, профессор Руденко Олег Владимирович
(кафедра акустики физического факультета МГУ)*

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	Физическая акустика
Семестр:	8
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	16 часов
Семинаров:	16 часов
Практ. занятий:	8 часов
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Акустические волны большой интенсивности находят все более широкое применение для решения научных и прикладных задач, например, неразрушающего контроля и дефектоскопии, медицинской диагностики и терапии, геофизических исследований. В лекционном курсе излагаются физические основы нелинейной акустики жидких и газообразных сред и основные явления, наблюдаемые при распространении волн конечной амплитуды в однородных и неоднородных сплошных средах. В рамках курса студенты познакомятся с основными математическими моделями нелинейных акустических явлений и методами решения описывающих их уравнений. Овладение материалом курса позволит студентам развить навыки исследования математических моделей и теоретического анализа при решении прикладных задач.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать физические явления, возникающие при распространении акустических волн конечной амплитуды, и основные математические модели нелинейной акустики; уметь применять в самостоятельной работе методы решения уравнений нелинейной акустики

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию конспекта лекций и списка задач для самостоятельного решения. Курс иллюстрируется несколькими задачами практикума.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс тесно связан с такими дисциплинами, как отделенческий курс «Теория волн», «Механика сплошных сред», «Теоретические основы акустики», «Физическая акустика»

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины «Механика сплошных сред, ч.2», «Физическая акустика», «Физическая акустика твердого тела», «Ультразвуковые методы в физике твердого тела», «Акустическая нелинейность твердых тел», «Физика шумов и вибраций. Основы акустической экологии», «Источники звука»

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Руденко О.В., Гурбатов С.Н., Хедберг К.М. Нелинейная акустика в задачах и примерах. М.: Физматлит, 2007.
2. Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику. М.: Наука, 1984.
3. Зарембо Л.К., Красильников В.А. Введение в нелинейную акустику. М.: Наука, 1966.
4. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн.-- 2-е изд., перераб. и доп.-- М.: Наука, 1990.
5. Акустика в задачах. Под. ред. С.Н. Гурбатова и О.В. Руденко. М.: Физ-

матлит, 2009.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. Руденко О.В., Солуян С.И. Теоретические основы нелинейной акустики. М.: Наука, 1975
2. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. М.: Мир, 1977.
3. Новиков Б.К., Руденко О.В., Тимошенко В.И. Нелинейная гидроакустика. Ленинград: Судостроение, 1981.
4. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М.: Наука, 1969.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. Руденко О.В. Гигантские нелинейности структурно-неоднородных сред и основы методов нелинейной акустики // УФН, 2006. Т.176. №1. С.77-95.
2. Гусев В.А., Руденко О.В. Статистические характеристики интенсивной волны за двумерным фазовым экраном // Акуст.Журн, 2006. Т.52. №1. С.30-42.
3. Руденко О.В. К 40-летию уравнения Хохлова-Заболотской. Акустический журнал. 2010. Т.56. №4. С.452-462.

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме контрольной с решением задач. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса и правильность решения задач.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; вопросы и задачи для контрольных работ и коллоквиумов; вопросов к зачётам и экзаменам; темы докладов и рефератов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
ПРОСТЫЕ (РИМАНОВЫ) ВОЛНЫ В АКУСТИКЕ. Принцип суперпозиции. Уравнения гидродинамики в представлении Эйлера и Лагранжа. Методы упрощения нелинейных уравнений. Метод медленно изменяющегося профиля. Уравнение простых (римановых) волн. Малый параметр в нелинейной акустике. Основные нелинейные эффекты в акустике: искажение профиля, генерация гармоник, накопление нелинейных эффектов с расстоянием, образование разрывов и ударных фронтов. Метод характеристик. Графический анализ искажений профиля простой волны. Спектр простой волны. Формула Бесселя-Фубини.	1-3
ФАЗОВЫЙ СИНХРОНИЗМ В АКУСТИКЕ. Волновой резонанс. Резонансное возбуждение акустических волн. Стоячие волны конечной амплитуды.	4
ВОЛНЫ С РАЗРЫВАМИ. Образование разрыва в профиле простой волны. Правило равенства площадей. Уравнение движения разрыва. Абсолютно неупругий характер взаимодействия разрывов. Разрыв в исходном синусоидальном профиле. Пилообразные и N-волны. Величина скачка на фронте слабой ударной волны.	5-6
ВОЛНЫ КОНЕЧНОЙ АМПЛИТУДЫ В ДИССИПАТИВНЫХ СРЕДАХ. Уравнения Навье-Стокса и Бюргерса. Частные точные решения уравнения Бюргерса и методы их получения. Стационарные решения нелинейных уравнений. Понятие об автомодельных решениях. Точное решение уравнения Бюргерса, подстановка Хопфа-Коула. Решение Хохлова. Предельное поведение исходно синусоидального профиля. Решение Фея. Эффект насыщения пиковой амплитуды. Асимптотическое решение уравнения Бюргерса при малой вязкости.	7-8
СФЕРИЧЕСКИ И ЦИЛИНДРИЧЕСКИ СИММЕТРИЧНЫЕ ВОЛНЫ КОНЕЧНОЙ АМПЛИТУДЫ. Нелинейное волновое уравнение в сферических и цилиндрических	9

координатах. Сходящиеся и расходящиеся волны. Условия образование разрыва. Обобщенное уравнение Бюргерса. Двукратное образование ударного фронта.	
НЕЛИНЕЙНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ПУЧКИ. Уравнение Хохлова-Заболотской. Сфокусированные гауссовские пучки. Дифференцирование профиля в фокусе. Приближенные решения уравнения Хохлова-Заболотской, нелинейные эффекты в пучках. Основы теории параметрических излучателей и приемников звука.	10-11
НЕЛИНЕЙНАЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ АКУСТИКА. Уравнения эйконала и переноса. Эволюция пилообразной волны. Изотропизация диаграммы направленности нелинейного волнового пучка. Волны конечной амплитуды в неоднородных средах. Тепловая самофокусировка. Нелинейные волны в трубах и рупорах. Сведение к обобщенному уравнению Бюргерса.	12-13
НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭФФЕКТЫ В СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ. Виды нелинейности: физическая, геометрическая, структурная, граничная и т.д. «Гигантская» нелинейность жидкости с пузырьками. Модельные задачи нелинейной диагностики материалов. Расчет нелинейных параметров упругого слоя при акустическом облучении. Излучение звука поршнем при конечных смещениях.	14
АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ КОНЕЧНОЙ АМПЛИТУДЫ В СРЕДАХ СО СЛАБОЙ ДИСПЕРСИЕЙ. Дисперсия в акустике: волны на поверхности жидкости, понятие о релаксационных процессах. Сильная и слабая дисперсия. Уравнения Кортевега-де-Вриза и Кортевега-де-Вриза-Бюргерса. Решение уравнения Кортевега-де-Вриза методом обратной задачи теории рассеяния.	15
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УДАРНЫХ ВОЛНАХ В ГИДРОДИНАМИКЕ. Законы сохранения на разрыве. Ударная адиабата. Изменение энтропии на фронте слабой ударной волны. Задача о сильном взрыве.	16