

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА
в аспирантуру
по научным специальностям
1.3.7 Акустика

1. Основы акустики

1.1. Основные уравнения акустических полей в газах, жидкостях и твердых телах

Основные характеристики акустических полей в газах и жидкостях. Система уравнений гидродинамики идеальных жидкостей. Линеаризация уравнений гидродинамики в задачах линейной акустики. Волновое давление. Скорость звука. Основные типы волн. Волны в поглощающих средах. Энергетические характеристики звуковых полей. Уравнения движения твердой упругой среды. Скалярный и векторный потенциалы. Продольные и поперечные волны.

1.2. Основы теории излучения и распространения акустических волн

Основные характеристики излучающих систем. Сопротивление излучения. Характеристики направленности, коэффициент концентрации. Сферический излучатель. Общее решение для сопротивления излучения. Частные случаи. Цилиндрический излучатель. Общее решение для сопротивления излучения. Частные случаи. Круглая поршневая диафрагма в экране. Общее решение для сопротивления излучения. Анализ поля в дальней зоне, на оси излучателя. Характеристики излучения системы дискретных точечных излучателей, расположенных вдоль отрезка прямой. Излучение отрезка прямой. Компенсированная излучающая антенна. Взаимное сопротивление излучения системы излучателей.

1.3. Распространение акустических волн при наличии плоских границ раздела сред

Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела жидких и твердых сред. Постановка задачи. Граничные условия. Явление полного внутреннего отражения. Прохождение и отражение плоских волн при взаимодействии с пластиной. Поверхностные волны (Волны Рэлея). Методы возбуждения. Нормальные волны в пластинах. Способы возбуждения.

1.4. Распространение звука в трубах и рупорах

Распространение звука в круглой трубе произвольного размера. Общее решение, анализ. Возбуждение звука в трубе. Резонанс для труб конечной длины. Распространение звука в трубе прямоугольного поперечного сечения. Рупорные антенны. Анализ решения для экспоненциального, катеноидального, конического рупора. Входное сопротивление рупора. Направленность рупора. Акустические элементы рупоров. Резонатор Гельмгольца. Акустические трансформаторы. Звукопроводы, акустические фильтры.

1.5. Колебания стержней

Продольные колебания стержней, уравнение колебаний, условие резонанса, способы возбуждения. Крутильные колебания стержней, уравнения колебаний, условие резонанса, способы возбуждения. Изгибные колебания. Базовая теория, поправки Рэля и Тимошенко, условия резонанса. Колебания стержней переменного сечения. Концентраторы.

1.6. Колебания мембран и пластин

Уравнения колебаний мембран. Круглая и прямоугольная мембраны. Колебания пластин. Круглая и прямоугольная пластины. Толщинные и радиальные колебания пластин. Изгибные колебания тонких пластин. Уравнения колебаний. Решение и анализ решения задачи о колебаниях пластин, заземленных по контуру.

1.7. Дифракция звуковых волн

Основы дифракционных явлений. Постановка и методы решения дифракционных задач. Метод разделения переменных. Дифракция на жесткой и гибкой сферах. Анализ решений. Интегральная формула Кирхгофа. Приближенное решение дифракционных задач с помощью формулы Кирхгофа.

1.8. Основы общей теории электроакустических преобразователей

Преобразователи электрической, электромагнитной, электростатических систем; принцип действия. Уравнения преобразователя. Основные соотношения в режимах двигателя и генератора. Анализ решения.

Преобразователи пьезоэлектрической системы. Пьезоэффект. Уравнение пьезоэффекта. Типы пьезокристаллов. Пьезокерамика. Пластинчатый преобразователь. Стержневой преобразователь. Сферический преобразователь. Основные соотношения для характеристик.

Преобразователи магнитострикционной системы. Явление магнитострикции. Уравнения пьезомагнетизма.

Электрокинетические, пьезорезистивные и другие типы преобразователей.

Преобразователи с одной механической стороной. Преобразователь как четырехполюсник. Уравнение преобразователя. Схемы аналоги. Преобразователь с двумя механическими сторонами. Преобразователь как шестиполюсник. Уравнение преобразователя. Схемы аналоги.

Приемники звука. Чувствительность и направленные свойства приемников при работе на частотах резонанса и ниже резонанса.

1.9. Акустоэлектроника и акустооптика

Возбуждение и прием поверхностных волн. Встречно-штыревые преобразователи. Линии задержки и фильтры на основе поверхностных волн в кристаллах.

Дифракция света на ультразвуке. Дифракция Рамана-Ната. Дифракция Брэгга. Акустооптика жидких кристаллов. Рассеяние Манделъштама-Бриллюэна.

1.10. Основы нелинейной акустики

Плоские, сферические и цилиндрические нелинейные волны. Взаимодействие нелинейных волн. Параметрические антенны. Нелинейные акустические эффекты в кристаллах.

2. Квантовые магнитные явления. Магнитный резонанс

Магнитные дипольные моменты ядра и электрона, электрический квадрупольный момент ядра. Спиновые системы. Вектор макроскопической намагниченности. Поведение вектора макроскопической намагниченности в постоянном магнитном поле. Воздействие переменного магнитного поля на спиновую систему.

Уравнение Блоха. Уравнение Блоха во вращающейся системе координат. Динамическая магнитная восприимчивость и ее компоненты. Анализ стационарного решения уравнения Блоха (форма, интенсивность и ширина спектральной линии). Эффективное магнитное поле, действующее по вращающейся системе координат.

Действие радиоимпульса на вектор макроскопической намагниченности.

Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Уровни энергии. Частоты переходов. Интенсивность сигналов ЯМР.

Ядерная магнитная релаксация. Основные представления о релаксационных процессах. Вероятность релаксационных переходов и скорость релаксации в ядерном магнитном резонансе. ЯМР-релаксация при наличии быстрого движения.

Механизмы ядерной магнитной релаксации.

ЯМР в жидкостях. Специфика сигналов ЯМР в жидкостях. Интенсивность, ширина и форма линии, времена релаксации. Экранирование ядер электронной оболочкой. Учет косвенных спин-спиновых взаимодействий.

Ядерный магнитный резонанс в твердых телах. Спектры ЯМР с учетом прямых магнитных диполь-дипольных взаимодействий. Второй момент линии в кристаллах с жесткой решеткой и его изменения при наличии подвижности отдельных ядер или групп ядер.

Квадрупольные взаимодействия и их влияние на спектры ЯМР поли- и монокристаллов. Методики определения тензора градиентов электрического поля по спектрам ЯМР.

ЯМР высокого разрешения в твердых телах. Вращение под магическим углом. Примеры импульсных последовательностей.

Основные особенности ЯМР в магнитоупорядоченных веществах: локальные магнитные поля на ядрах, явление усиления радиочастотного поля. Модели коэффициента усиления в доменах и доменных границах, мембранная модель.

Ядерный магнитный резонанс в слабых полях. Применения ЯМР в слабых магнитных полях.

Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Электронный парамагнетизм, классы объектов, изучаемых методом ЭПР.

Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР). Ядерный электрический квадрупольный момент и его взаимодействие с градиентом напряженности электрического поля. Энергетические уровни, определяемые квадрупольными взаимодействиями, и их изменения под действием внешних электрических и магнитных полей.

Измерение времен ядерной магнитной релаксации. Диффузное затухание сигналов спинового эха и измерение коэффициентов самодиффузии. Применение импульсных градиентов магнитного поля для изучения медленной диффузии.

Квантовое усиление электромагнитных колебаний.

Квантовые генераторы. Квантовые усилители.

Литература.

1. Исакович М.А. Общая акустика.-М.: Наука, 1973.
2. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах.- М.: Наука, 1973.
3. Шендеров Е.Л. Волновые задачи гидроакустики.- Л.: Судостроение, 1972.
4. Римский-Корсаков А.К. Электроакустика.- М.: Связь, 1973.
5. Сverdлин Г.М. Прикладная гидроакустика.-Л. Судостроение, 1976.
6. Лепендин Л.Ф. Акустика.-М.: Высшая школа, 1978.
7. Виноградова М.Е., Руденко О.В., Сухоруков А.Н. Теория волн.- М.: Наука, 1990.
8. Шутилов В.А. Основы физики ультразвука – Л.: Изд-во ЛГУ.
9. Викторов И.А. Звуковые поверхностные волны в твердых телах.- М.: Наука, 1981.
10. Новиков Б.К., Руденко О.В., Тимошенко В.И. Нелинейная гидроакустика.- Л.: Судостроение, 1981.
11. Смартышев М.Д., Добровольский Ю.Ю. Гидроакустические антенны. – Л.: Судостроение, 1984.
12. Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику.- М.: Наука, 1984.
13. Агранат Б.А., Дубровин М.Н., Хавский Н.Н. Эскин Г.И. Основы физики и техники ультразвука.- М.: Высшая школа, 1987.
14. Щевьев Ю.П. Физические основы архитектурно-строительной акустики – СПб: Издво СПГУКиТ, 2000.
15. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 Т., Под общ. Ред. В.В.Клюева, Т.№: Ультразвуковой контроль/ И.Н.Ермолов, Ю.В. Ланге.- М.: Машиностроение, 2004.
16. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. - М.: Физматлит, 2001.