

Рабочая программы дисциплины

1. Название дисциплины: Введение в теорию дифракции акустических волн.

2. Лекторы.

2.1. д.ф.-м.н., доцент Шанин Андрей Владимирович, кафедра акустики, andrey_shanin@mail.ru, тел. 939-30-81.

...

3. Аннотация дисциплины.

Курс посвящен дифракции волн, прежде всего акустических. Задачи дифракции ставятся как краевые задачи математической физики. Обсуждается решение элементарных задач методом разделения переменных. Вводится понятие фазового интеграла и приводятся основные приемы оценки фазовых интегралов. Описываются основные приближенные методы теории дифракции (ГГД, ФТД, РГГД) и их модификации. Обсуждается метод параболического уравнения теории дифракции, в частности, в применении к задаче о распространении над искривленной поверхностью. Дается представление о канонических задачах дифракции.

4. Цели освоения дисциплины.

Цели освоения дисциплины следующие: научиться корректно ставить и решать (если возможно, аналитически, в остальных случаях - асимптотически) типичные задачи рассеяния акустических волн на препятствиях.

5. Задачи дисциплины.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен научиться решать типовые задачи рассеяния волн.

6. Компетенции.

6.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

ПК-1

Студент должен обладать знаниями в рамках стандартного университетского курса по математическому анализу, теории функций комплексной переменной, дифференциальным уравнениям, теории волн, теоретических основ акустики.

6.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

ПК-2

Способность свободно владеть профессиональными знаниями о современных методах решения задач излучения и дифракции акустических волн, необходимых для решения научно исследовательских и научно- инновационных задач фундаментальной и прикладной акустики, радиофизики и оптики; способность к самостоятельной корректной постановке локальных исследовательских задач при решении прикладных и теоретических проблем, решать их с помощью современных математических методов и оформлять их результаты в виде отчетов, докладов и журнальных статей; организовывать и планировать теоретические и численные исследования.

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен

- иметь представление об основных теоретических методах современной теории дифракции,

- уметь корректно ставить дифракционную задачу, выбирать метод для ее решения, получать формальное решение и проводить асимптотические оценки решения.
- иметь опыт самостоятельного решения задач.

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр				Всего
	1	2	3	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов	...	34	...	...	34
Аудиторная работа:
Лекции, акад. часов	...	17	...	...	17
Семинары, акад. часов	...	17	...	...	17
Лабораторные работы, акад. часов
Самостоятельная работа, акад. часов	...	38	...	...	38
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. Введение	1	Основные уравнения	Линеаризованные уравнения гидродинамики. Акустический потенциал Волновое уравнение. Уравнение Гельмгольца. Функция Грина. Поле монопольного источника. «Мягкая» и «жесткая» граница. Метод отражений в простейшем случае.	1 час	Линеаризованные уравнения гидродинамики. Акустический потенциал Волновое уравнение. Уравнение Гельмгольца. Функция Грина. Поле монопольного источника. «Мягкая» и «жесткая» граница. Метод отражений в простейшем случае. 1 час	Вывод функции Грина в 1D, 2D и 3D случае, 2 часа	ДЗ, КР
2. Преобразование Фурье	2	Разложение по плоским волнам	Преобразование Фурье уравнения Гельмгольца. Разложение по плоским волнам. Вывод функций Грина 2D и 3D с помощью разделения переменных. Метод перевала.	2 часа	Преобразование Фурье уравнения Гельмгольца. Разложение по плоским волнам. Вывод функций Грина 2D и 3D с помощью разделения переменных. Метод перевала. 2 часа	Преобразование Фурье. 4 часа	ДЗ, КР
	3	Техника вычисления преобразования Фурье	Интегралы типа Фурье. Фазовые интегралы в теории дифракции	2 часа	Интегралы типа Фурье. Фазовые интегралы в теории дифракции 2 часа	Оценка интегралов типа Фурье. 4 часа	ДЗ, КР
3. Слоистые среды	4	Импедансные границы и слоистые среды	Импедансные граничные условия. Отражение плоской волны от импедансной границы. Отражение от границы раздела двух сред. Понятие импеданса среды, формула Френеля. Слоистая среда как последовательное соединение четырехполосников.	1 час	Импедансные граничные условия. Отражение плоской волны от импедансной границы. Отражение от границы раздела двух сред. Понятие импеданса среды, формула Френеля. Слоистая среда как последовательное соединение четырехполосников. 1 час	Слоистые среды, 2 часа	ДЗ, КР

4. Волны в трубах	5	Волны в трубах	Метод двух микрофонов. ЛИВ-системы (отступление). Дисперсионная диаграмма периодической системы. Полосы пропускания и непропускания. Уравнение Вебстера. Рупор.	1 час	Метод двух микрофонов. ЛИВ-системы (отступление). Дисперсионная диаграмма периодической системы. Полосы пропускания и непропускания. Уравнение Вебстера. Рупор. 1 час	2 часа	ДЗ, КР
	6	Постановка задач дифракции	Математическая постановка задач дифракции. Условия излучения и краевые условия. Формула Грина. Граничное интегральное уравнение. Приближение Кирхгофа. Теорема взаимности.	1 час	Математическая постановка задач дифракции. Условия излучения и краевые условия. Формула Грина. Граничное интегральное уравнение. Приближение Кирхгофа. Теорема взаимности. 1 час	приближение Кирхгофа, 2 часа	
6. Фазовые интегралы. Приближение Кирхгофа	7	Понятие фазового интеграла	Решение задачи дифракции на полосе в приближении Кирхгофа. Вклад точки перевала и конечных точек. Первая зона Френеля. Краевые волны. Понятие зоны полутени.	1 час	Решение задачи дифракции на полосе в приближении Кирхгофа. Вклад точки перевала и конечных точек. Первая зона Френеля. Краевые волны. Понятие зоны полутени.. 1 час	зона полутени, 2 часа	ДЗ, КР
	8	Блик и зона полутени	Решение задачи дифракции на сфере в приближении Кирхгофа. Блик и эффективная площадь рассеяния сферы. Эффективная площадь рассеяния как площадь первой зоны Френеля. Асимптотики интеграла Френеля. Описание зоны полутени с помощью интеграла Френеля	2 часа	Решение задачи дифракции на сфере в приближении Кирхгофа. Блик и эффективная площадь рассеяния сферы. Эффективная площадь рассеяния как площадь первой зоны Френеля. Асимптотики интеграла Френеля. Описание зоны полутени с помощью интеграла Френеля. 2 часа.	Интеграл Френеля, 4 часа	ДЗ, КР
7. Параболическое уравнение теории дифракции	9	Вывод ПУ	Вывод ПУ; границы применимости ПУ; лирическое отступление: почему линза выполняет преобразование Фурье; решение ПУ и функция Грина; дифракция на полуплоскости и интеграл Френеля; уравнения Фокса-Ли; чем ПУ лучше уравнения Гельмгольца?	1 час	Вывод ПУ; границы применимости ПУ; лирическое отступление: почему линза выполняет преобразование Фурье; решение ПУ и функция Грина; дифракция на полуплоскости и интеграл Френеля; уравнения Фокса-Ли; чем ПУ лучше уравнения Гельмгольца? 1 час	параболическое уравнение ТД, 2 часа	ДЗ, КР
	10	Распространение	Параболическое уравнение вблизи поверхности цилиндра	2 часа	Параболическое уравнение вблизи	метод Фока, 4 часа	ДЗ, КР

		над выпуклой поверхностью	дра; вогнутая цилиндрическая граница: моды шепчущей галереи; поле в окрестности каустики; Фазовый набег при прохождении каустики; асимптотики функции Эйри на комплексной плоскости.		поверхности цилиндра; вогнутая цилиндрическая граница: моды шепчущей галереи; поле в окрестности каустики; Фазовый набег при прохождении каустики; асимптотики функции Эйри на комплексной плоскости. 2 часа		
8. Приближенные и лучевые методы	11	Приближенные и лучевые методы ГД	Иерархия моделей для описания дифракционных полей в сложных ситуациях. Краткая характеристика следующих "теорий дифракции": геометрической оптики, физической оптики, геометрической теории дифракции, физической теории дифракции, равномерной теории дифракции, SUTD, метода В.А. Боровикова. Понятие дифракционного коэффициента (диаграммы направленности решения канонической задачи). Основные канонические задачи дифракции.	1 час	Иерархия моделей для описания дифракционных полей в сложных ситуациях. Краткая характеристика следующих "теорий дифракции": геометрической оптики, физической оптики, геометрической теории дифракции, физической теории дифракции, равномерной теории дифракции, SUTD, метода В.А. Боровикова. Понятие дифракционного коэффициента (диаграммы направленности решения канонической задачи). Основные канонические задачи дифракции. 1 час	ГТД, 2 часа	ДЗ, КР

9. Канонические задачи	12	Дифракция на полуплоскости	<p>Постановка задачи дифракции на полуплоскости. Применение метода отражений и формулировка задачи на разветвленной (многолистной) поверхности. Симметризация задачи (постановка Неймана, Дирихле, Зоммерфельда). Вид интегрального представления Зоммерфельда. Ограничения, накладываемые на трансформанту. Свойства поля в представлении Зоммерфельда. Вид трансформанты Зоммерфельда для задачи на двухлистной поверхности. Диаграмма направленности. Равномерное представление поля. Формулы ФО, ГТД, ФТД и UGTD для задачи о дифракции на полуплоскости.</p>	1 час	<p>Постановка задачи дифракции на полуплоскости. Применение метода отражений и формулировка задачи на разветвленной (многолистной) поверхности. Симметризация задачи (постановка Неймана, Дирихле, Зоммерфельда). Вид интегрального представления Зоммерфельда. Ограничения, накладываемые на трансформанту. Свойства поля в представлении Зоммерфельда. Вид трансформанты Зоммерфельда для задачи на двухлистной поверхности. Диаграмма направленности. Равномерное представление поля. Формулы ФО, ГТД, ФТД и UGTD для задачи о дифракции на полуплоскости.</p>	метод Зоммерфельда, 2 часа	<i>ДЗ, КР</i>
	13	Дифракция на конусах	<p>Постановка задачи дифракции на конусе. Решение соответствующей задачи на сфере с вырезом. Разделение переменных. Представление решения в виде ряда. Преобразование Ватсона. Формула Смьшляева. Оценки роста трансформанты. Понятие оазиса.</p>	1 час	<p>Постановка задачи дифракции на конусе. Решение соответствующей задачи на сфере с вырезом. Разделение переменных. Представление решения в виде ряда. Преобразование Ватсона. Формула Смьшляева. Оценки роста трансформанты. Понятие оазиса.</p>	дифракция на конусах, 2 часа	<i>ДЗ, КР</i>

Предусмотрены следующие формы текущего контроля успеваемости.

домашнее задание (ДЗ);
 самостоятельная работа (КР);

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. Дисциплина "по выбору".
2. Вариативная часть, профессиональный блок, научно-исследовательский семинар.
3. Курс содержит дополнения к курсам "Теория волн" и "Теоретические основы акустики".

3.1. Перечислить дисциплины и практики, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины.

Математический анализ, теория функций комплексной переменной, дифференциальные уравнения, методы математической физики, теор. основы акустики.

3.2. Указать дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее. Перечень
Научно-исследовательская практика.

10. Образовательные технологии

Указать образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы и дающие наиболее эффективные результаты освоения дисциплины.

Изложение ведётся традиционным способом (с использованием мела и доски).

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Пример домашнего задания:

1. Оценить сечение рассеяния идеально отражающего цилиндра с радиусом, много большим длины волны
2. Вывести коэффициент прохождения низкочастотной акустической волны через тонкую тяжелую пластину

Пример заданий для контрольной работы

1. На трубе сечением S имеется утолщение сечением D и длиной L . Найти коэффициент отражения и коэффициент пропускания такой системы для поршневой моды.
2. Выписать поле во втором приближении ряда Шварцшильда для дифракции на щели.

Задачи к экзамену:

Теоретические вопросы к экзамену:

1. Уравнение Гельмгольца, волновое уравнение, линеаризованные уравнения Эйлера. Акустический потенциал
2. Понятие импеданса среды, отражение от плоской границы двух сред, формула Френеля.
3. Функция Грина источника, расположенного на границе двух сред. Оценка излученной волны методом перевала.

4. Возбуждение волны в среде с импедансной границей. Формула Вейля - Ван дер Поля.
5. Отражения от слоистой среды. Интеграл Фурье-Бесселя.
6. Поле в волноводе. Частота отсечки.
7. Отражение поршневой моды от конца тонкой трубы
8. Метод двух микрофонов.
9. Дисперсионная диаграмма периодической системы. Полосы пропускания и непропускания.
10. Математическая постановка задач дифракции. Условия излучения и краевые условия.
11. Формула Грина. Граничное интегральное уравнение.
12. Приближение Кирхгофа.
13. Теорема взаимности для дифракционной задачи.
14. Решение задачи дифракции на полосе в приближении Кирхгофа. Понятие зоны полутени.
15. Описание зоны полутени с помощью интеграла Френеля. Приведение стандартного интеграла "полнос вблизи точки перевала" к интегралу Френеля.
16. Вывод параболического уравнения; границы применимости параболического уравнения.
17. Параболическое уравнение вблизи поверхности цилиндра, волны соскальзывания.
18. ПУ для вогнутой цилиндрической границы. Моды шепчущей галереи.
19. Приближения ГО и ФО.
20. Приближения ГТД и РГТД.
21. Приближение ФТД и его сравнение с ГТД.
22. Решение задачи о дифракции на полуплоскости.
23. Формула Смьшляева для дифракции на конусах.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. С.Солимено, Б.Крозиньяни, П.Ди Порто. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения. М.:Мир, 1989, 664 с.
2. Х.Хёнл, А.Мауэ, К.Вестпфаль. Теория дифракции. М.:Мир, 1964., 428 с.

3. Е.Л.Шендеров. Излучение и рассеяние звука. Л.:Судостроение, 1989, 304 с.

Дополнительная литература

1. В.М. Бабич, В.С. Булдырев. Асимптотические методы в задачах дифракции коротких волн. М.: Наука, 1972, 456 с.

2. В.А. Боровиков, Б.Е. Кинбер, Геометрическая теория дифракции. М.: Связь, 1978, 248 с.

3. В.А. Фок. Проблемы дифракции и распространения электромагнитных волн. М.: Сов. радио, 1970, 520 с.

Интернет-ресурсы

Видеозапись лекций по распространению и рассеянию волн:

http://acoustics.phys.msu.ru/teachers/shanin_files/diffraction_video.htm

13. Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».