

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан радиофизического факультета
д.ф.-м.н., профессор
Матросов В.В.
" ____ " _____ 20 ____ г.

Рабочая программа дисциплины
Акустика океана – численные методы

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

Направленность образовательной программы
Информационные системы и технологии

Квалификация (степень)
бакалавр

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2022 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Акустика океана – численные методы» относится к дисциплинам вариативной части основной образовательной программы по направлению **02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»** на 4 курсе в 8 семестре.

Целью освоения дисциплины является изучение физических основ современной акустики океана. Основное внимание уделяется наглядной интерпретации основных принципов анализа явлений в океанической среде. На примере океанической среды приводятся наиболее востребованные в настоящее время методы расчета полей в неоднородных и ограниченных средах.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (Код компетенции, этап формирования)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ПК-1 – способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.</i> Этап формирования юазовый	31 (ПК-1) Знать основы фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач теории распространения звуковых волн в неоднородных средах 32 (ПК-1) Знать основные способы обработки данных научных экспериментов У1 (ПК-1) Уметь применять навыки, приобретенные в ходе обучения, для решения частных задач в области акустики природных сред В1 (ПК-1) Владеть простейшими базовыми навыками решения задач в области гидроакустики В2 (ПК-1) Владеть способностью интерпретации данных современных научных исследований в области акустики океана решения задач в области гидроакустики

3. Структура и содержание дисциплины «Акустика океана – численные методы»

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 23 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (22 часа занятия лекционного типа, 1 час - мероприятия текущего контроля успеваемости), 49 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	В том числе															
	Всего (часы)			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы									Самостоятельная работа обучающегося, часы			
				тьюторского Занятия			тьюторского Занятия			тьюторского Занятия						Всего
	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	
1. Физические характеристики океана, влияющие на акустические поля.	10						4						4			6
2. Лучевая теория распространения звука в океане – численная реализация	32	4					10						10			22
3. Методы расчета характеристик звуковых волн при отражении звука от поверхности и дна океана	29	8					8						8			21
В т.ч.текущий контроль	1						1						1			
Промежуточная аттестация – зачёт																

Содержание разделов дисциплины

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКЕАНА, ВЛИЯЮЩИЕ НА АКУСТИЧЕСКИЕ ПОЛЯ
 - 1.1. Введение. Акустика океана как отрасль океанологии: прямые и обратные задачи.
 - 1.2. Неоднородность океанической среды. Физические свойства морской воды.
 - 1.3. Стратификация океана. Типичные вертикальные профили скорости звука и солёности. Формула Медвина. Различные способы измерения скорости звука в морской среде.
 - 1.4. Затухание и рассеяние звука в море. Коэффициент затухания. Формулы Шулкина-Марша, Торпа, Киблуайта, Шихи-Холи.
 - 1.5. Физические характеристики поверхности и дна океана, влияющие на распространение звука в морской среде.
 - 1.6. Крупномасштабные неоднородности океана.
2. ЛУЧЕВАЯ ТЕОРИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА В ОКЕАНЕ – ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ
 - 2.1. Уравнение Гельмгольца. Плоские и сферические волны.
 - 2.2. Рефракция лучей в слоистой среде: закон Снеля, радиус кривизны и кривизна луча. Трёхмерная рефракция.
 - 2.3. Траектория луча в плоскостойкой среде. Кусочно-линейная аппроксимация скорости звука.
 - 2.4. Интенсивность звука, фактор фокусировки, каустики.

2.5. Геометроакустическое приближение: уравнение переноса и уравнение эйконала. Приближение ВКБ для плоскостойкой среды.

3. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ЗВУКОВЫХ ВОЛН ПРИ ОТРАЖЕНИИ ЗВУКА ОТ ПОВЕРХНОСТИ И ДНА ОКЕАНА

3.1. Коэффициенты отражения и прозрачности на границе двух жидких сред.

3.2. Отражение плоской звуковой волны от жидкого слоистого дна.

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий курса «Акустика океана – численные методы» являются лекции с применением технологий интерактивного обучения (презентаций) и самостоятельная работа студента.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение отдельных тем рабочей программы и решение домашних заданий по практике. *Цель самостоятельной работы* - подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения аудиторных занятий и в конце курса при проведении зачета по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

Список контрольных вопросов:

1. Неоднородность океанической среды: регулярные и нерегулярные неоднородности (типичные профили распределения солёности, температуры и давления).
2. Влияние объёмных неоднородностей на распространение звука в океане.
3. Стратификация океана. Зависимость скорости звука от глубины. Плоско-слоистая модель океанической среды. Формула Медвина.
4. Типичные виды профилей скорости звука: подводный звуковой канал, приповерхностный звуковой канал, двухосевой канал, антиволноводное распространение, однородный волновод. "Зональная структура" поля в ПЗК.
5. Затухание звука в морской среде.
6. Влияние поверхности океана на распространение звука. Рассеяние волны на взволнованной поверхности. Когерентная и некогерентная компоненты рассеянной волны.
7. Влияние морского дна на распространение звука. Поглощение звуковой энергии в дне. Донная реверберация и засветка зоны тени.
8. Особенности обработки данных модельных и натурных экспериментов в гидроакустике
9. Уравнение Гельмгольца - основное уравнение акустики океана. Сферическая и плоская волны – точное решение уравнения Гельмгольца в однородной среде.
10. Причины рефракции лучей в слоистой среде. Вывод закона Снеллиуса для двух жидких полупространств и непрерывно слоистой среды. Расчет кривизны луча и радиуса кривизны.
11. Решение уравнения эйконала и уравнения переноса вдоль траектории луча.
12. Алгоритм расчета поля в плавно-неоднородной среде методом геометрической акустики.
13. Отражение и преломление плоских волн на границах раздела двух жидких сред. Закон Снеллиуса.
14. Формулы Френеля для коэффициентов отражения и прохождения.

15. Анализ различных предельных случаев (прозрачность границы, полное внутреннее отражение и т.д.).
16. Прохождение звуковой волны через границу раздела вода-воздух. Закон сохранения энергии и асимметрия границы по давлению.
17. Отражение звуковой волны и прохождение через плоский однородный слой. Формулы Френеля для коэффициентов отражения и прохождения. Полуволновой и четвертьволновой слой.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине,

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код компетенции по ОПОП	Характеристика компетенции	Составляющие компетенции		
		знания	умения и навыки	владение опытом и личностная готовность к профессиональному совершенствованию
ПК-1	Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	Знать основы фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач теории распространения звуковых волн в неоднородных средах	Умение и навык решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Опыт решения стандартных задач на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
		Знать основные способы обработки данных научных экспериментов	Уметь применять навыки, приобретенные в ходе обучения, для решения частных задач в области акустики природных сред	Владеть способностью интерпретации данных современных научных исследований в области акустики океана решения задач в области гидроакустики

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;

- уровень понимания студентами изученного материала.

Зачет проводится в устной форме. Устная часть зачета заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой, вопросы для промежуточного контроля указаны в пункте 5 настоящей РПД) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Шкала оценивания «зачет - незачет»:

Оценка	Уровень подготовки
Зачтено	Удовлетворительное знание содержания курса: В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами или хотя бы минимальный уровень теоретических знаний. Студент может делать ошибки при ответе, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ.
Не зачтено	Неудовлетворительное знание содержания курса: Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используется индивидуальное собеседование,

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются практические контрольные задания.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенций.

Теоретические вопросы и контрольные задания (ПК-1)

1. Привести уравнения лучевой акустики: уравнение эйконала и уравнение переноса. Уравнение луча.
2. Решение уравнения эйконала и уравнения переноса вдоль траектории луча.
3. Алгоритм расчета поля в плавно-неоднородной среде методом геометрической акустики.
4. Закон Снеллиуса. Формулы Френеля для коэффициентов отражения и прохождения. Анализ различных предельных случаев (прозрачность границы, полное внутреннее отражение и т.д.).
5. Прохождение звуковой волны через границу раздела вода-воздух.
6. Плоская звуковая волна падает на границу раздела двух жидких сред. Рассчитать и построить графики функции коэффициента отражения (по давлению) V в зависимости от угла падения Θ (или от угла скольжения X). Изобразить коэффициент отражения V на комплексной плоскости ($n = \frac{c_1}{c_2} = 0,5$; $m = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 1,5$). ρ_1 и ρ_2 - плотности сред, c_1 и c_2 - скорости звука в средах
7. Привести типичные виды профилей скорости звука: подводный звуковой канал, приповерхностный звуковой канал, двухосевой канал, антиволноводное распространение, однородный волновод. Причина образования подводного звукового канала и "зональной структуры" поля в ПЗК.
8. Записать уравнение Гельмгольца - основное уравнение акустики океана. Показать что сферическая и плоская волны являются точными решениями.
9. Получить закон Снеллиуса для двух жидких полупространств и непрерывно слоистой среды.
10. Определить кривизну луча и радиус кривизны. Получить связь между кривизной луча и градиентом скорости звука.
11. Построить траекторию луча в среде с постоянным градиентом скорости звука $c(z) = c(1+z/H)$.
12. Вывести формулу для траектории луча и для времени пробега вдоль луча в плоскостроистой среде.

13. Определить фактора фокусировки в среде с линейной зависимостью скорости звука от глубины $c(z) = c(1+z/H)$
14. Преимущества кусочно-линейной аппроксимации скорости звука. Вывод выражения для горизонтального расстояния, проходимого лучом в слое.
15. Процедура построения траектории луча в непрерывно слоистой среде.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

- Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,
- Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Акустика океана – численные методы»

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Учебное пособие. Т. 6. Гидродинамика. Физматлит, 2015. – 746 с
2. Акустика в задачах. Под ред. Гурбатов С.Н., Руденко О.В. М: Физматлит, 2009, 336 с.

б) дополнительная литература:

1. Гурбатов С.Н., Руденко О.В., Саичев А.И. Волны и структуры в нелинейных средах без дисперсии. Приложение к нелинейной акустике. М: Физматлит, 2011, 496 с.
2. Щевьев Ю.П. Основы физической акустики. М.: Лань, 2017, 367
3. Бахвалов Н.С., Корнев А.А., Чижонков Е.В. М.: Лаборатория знаний, 2016, 355с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Грязнова И.Ю., Лабутина М.С., Прончатов-Рубцов Н.Р. Теория однократного рассеяния волн и ее приложение к задачам акустики природных сред: Учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. – 80 с.
http://www.unn.ru/books/met_files/Scattering.pdf

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

- аудиторный фонд ННГУ,
- аудитория для работы с мультимедийным проектором.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению **02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»**

Автор _____ к.ф.-м.н., доцент Прончатов-Рубцов Н.В..

Рецензент _____ д.т.н., профессор Орлов И.Я.

Заведующий кафедрой _____ д.ф.-м.н., профессор Гурбатов С.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии Радиофизического факультета. Протокол заседания методической комиссии радиофизического факультета от 25 февраля 2021 № 01/21.