

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики
Российской академии наук» (ИПФ РАН)**

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора по научной работе

_____ М.Ю. Глявин

« ____ » _____ 20__ г.

Рабочая программа дисциплины

Современные проблемы акустики океана

Уровень высшего образования
Подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки / специальность
03.06.01 Физика и астрономия

Направленность образовательной программы
01.04.06 Акустика

Квалификация (степень)
Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

20__

1. Место и цели дисциплины в структуре образовательной программы (ОП)

Дисциплина «Современные проблемы акустики океана» относится к числу профильных дисциплин вариативной части образовательной программы, является дисциплиной по выбору аспиранта, преподается на втором году обучения в четвертом семестре.

Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у аспирантов современных представлений о распространении звуковых волн в океане, формирование умения применять современные методы акустики океана на практике;
- формирование у аспирантов профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» и направленностью подготовки 01.04.06 «Акустика»

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

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
<p>ПК-2</p> <p><i>способность проводить научные исследования и решать научно-исследовательские задачи, соответствующие направленности подготовки, используя специализированные знания в области физики и астрономии, современные методы исследований и информационные технологии, с учетом отечественного и зарубежного опыта</i></p> <p>(этап освоения – базовый)</p>	<p>З1 (ПК-2) Знать основные явления и эффекты, возникающие при распространении акустических волн в океане произвольной глубины.</p> <p>У1 (ПК-2) Уметь пользоваться основными подходами для описания излучения и распространения акустических волн в океане от произвольных источников.</p> <p>В1 (ПК-2) Владеть навыками решения задач, основанными на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях по теории распространения акустических волн в океане.</p>
<p>ПК-3</p> <p><i>способность свободно ориентироваться в разделах физики, необходимых для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (в соответствии с направленностью подготовки)</i></p> <p>(этап освоения – базовый)</p>	<p>З1 (ПК-3) Знать теоретические основы организации научно-исследовательской деятельности, методы сбора информации для решения поставленных исследовательских задач, методы анализа данных, необходимых для проведения конкретного исследования</p> <p>У1 (ПК-3) Уметь планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские и производственно-технические исследования с применением современной аппаратуры, оборудования и компьютерных технологий; самостоятельно выполнять лабораторные, вычислительные физические исследования при решении научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств</p> <p>В1 (ПК-3) Владеть навыками работы на современной аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований; способностью самостоятельно с применением современных компьютерных технологий анализировать, обобщать и систематизировать результаты; навыками публикации результатов научных исследований в рецензируемых научных изданиях</p>

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 38 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, в т.ч. мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 70 составляет самостоятельная работа обучающегося.

Структура дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Физические характеристики океана, влияющие на акустические поля.	18	6		6	12
Лучевая теория распространения звука в океане.	18	6		6	12
Отражение звука от поверхности и дна океана.	18	6		6	12
Распространение звука в условиях мелкого моря.	18	6		6	12
Распространение звука в подводном звуковом канале.	18	6		6	12
Методы расчета звуковых полей в переменных по трассе акустических волноводах.	16	6		6	10
в т.ч. текущий контроль			4		
Промежуточная аттестация — Зачет				2	
Итого				108	

Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
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.	Лекции, сам.раб.
2	Лучевая теория распространения звука в океане.	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.	Лекции, сам.раб.
3	Отражение звука от поверхности и дна	3.1. Коэффициенты отражения и прозрачности на границе двух жидких сред.	Лекции, сам.раб.

	океана.	3.2. Отражение плоской звуковой волны от жидкого слоистого дна. 3.3. Звуковое поле точечного источника, расположенного вблизи свободной поверхности. 3.4. Поле точечного источника, расположенного вблизи дна. Разложение сферической волны на плоские волны. 3.5. Боковая волна. Отражение от слоисто-неоднородного пространства. Каустики.	
4	Распространение звука в условиях мелкого моря.	4.1. Лучевое представление поля точечного источника в однородном изоскоростном слое. Понятие "мнимых" источников. 4.2. Интегральное представление поля в слое. 4.3. Представление поля в слое в виде нормальных мод. Коэффициенты возбуждения. Затухающие и распространяющиеся моды. Концепция Бриллюэна. 4.4. Связь между различными представлениями поля в однородном волноводе. 4.5. Распространение звуковых волн в двуслойной жидкости (волновод Пекериса).	Лекции, сам.раб.
5	Распространение звука в подводном звуковом канале.	5.1. Модель глубокого моря. Канонический подводный звуковой канал. 5.2. Простейшая лучевая теория ПЗК. Коэффициент захвата энергии в ПЗК. 5.3. Выражение для поля точечного источника в ПЗК в виде суммы нормальных волн. 5.4. Интегральное представление поля в ПЗК.	Лекции, сам.раб.
6	Методы расчета звуковых полей в переменных по трассе акустических волноводах.	6.1. Метод поперечных сечений. Адиабатическое приближение. Примеры использования лучевого инварианта. 6.2. Метод Барриджа-Вайнберга - горизонтальные лучи и вертикальные моды. Звуковое поле в клиновидной области. 6.3. Метод параболического уравнения.	Лекции, сам.раб.

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий дисциплины «Современные проблемы акустики океана» являются занятия лекционного типа с применением технологий интерактивного обучения (презентаций), проблемный метод изложения материала, диалоговая форма проведения занятий и самостоятельная работа аспиранта.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Используются следующие виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки ИПФ РАН, в компьютерном классе с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе аудиторных занятий по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, доступные ресурсы в Интернет по тематике курса, а также конспекты и презентации лекций.

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), и уровня их сформированности

Описание показателей и критериев оценивания компетенций приведены в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Для оценивания сформированности компетенций используется промежуточная аттестация в форме зачета. Зачет состоит из индивидуального собеседования и решения практических контрольных заданий. Критерии оценок выполнения задания:

Зачтено	В целом удовлетворительная подготовка, возможно с заметными, но не грубыми ошибками или недочетами. Аспирант дает полный ответ на все теоретические вопросы собеседования, возможно с небольшими неточностями; допускаются негрубые ошибки при ответах на дополнительные вопросы. Полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей, возможно с не всегда полной обоснованностью выводов.
Не зачтено	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Аспирант дает ошибочные ответы как на теоретические вопросы, так и на наводящие и дополнительные вопросы преподавателя, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки.

6.3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

Вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Для оценки сформированности профессиональных компетенций ПК-2, ПК-3:

1. Уравнение Гельмгольца. Плоские и сферические волны.
2. Рефракция лучей в слоистой среде: закон Снелля, радиус кривизны и кривизна луча.
3. Траектория луча в плоскослоистой среде.
4. Интенсивность звука, фактор фокусировки, каустики.
5. Геометроакустическое приближение: уравнение переноса и уравнение эйконала.
6. Приближение ВКБ для плоскослоистой среды.
7. Коэффициенты отражения и прозрачности на границе двух жидких сред.
8. Отражение плоской звуковой волны от жидкого слоистого дна.
9. Звуковое поле точечного источника, расположенного вблизи свободной поверхности.
10. Поле точечного источника, расположенного вблизи дна.
11. Боковая волна.
12. Отражение от слоисто-неоднородного пространства.
13. Лучевое представление поля точечного источника в однородном изоскоростном слое.
14. Интегральное представление поля в слое.
15. Представление поля в слое в виде нормальных мод. Коэффициенты возбуждения. Затухающие и распространяющиеся моды. Концепция Бриллюэна.
16. Связь между различными представлениями поля в однородном волноводе.
17. Распространение звуковых волн в двуслойной жидкости (волновод Пекериса).
18. Модель глубокого моря. Канонический подводный звуковой канал.
19. Простейшая лучевая теория ПЗК. Коэффициент захвата энергии в ПЗК.
20. Выражение для поля точечного источника в ПЗК в виде суммы нормальных волн.
21. Интегральное представление поля в ПЗК.
22. Метод поперечных сечений. Адиабатическое приближение. Примеры использования лучевого инварианта.
23. Метод Барриджа-Вайнберга - горизонтальные лучи и вертикальные моды.
24. Звуковое поле в клиновидной области.
25. Метод параболического уравнения.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Клей К.С., Медвин Г. Акустическая океанография. М.: Мир, 1980. – 582 с. – 4 экз.
2. Акустика океана / Под ред. Дж. Де Санто. М.: Мир, 1982. – 7 экз.

3. М. Б. Каневский, Теория формирования радиолокационного изображения поверхности океана (монография), 2004, 124 стр. – 2 экз.
4. Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. - 264 с. – 2 экз.
5. В.В. Гончаров, В.Ю. Зайцев., В.М. Куртепов, А.Г. Нечаев, А.И. Хилько. «Акустическая томография океана» [Электронный ресурс – Виртуальная библиотека ИПФ РАН] <http://www.iapras.ru/biblio/img/ato.pdf>

б) дополнительная литература:

1. Бреховских Л.М., Гончаров В.В. Введение в механику сплошных сред (в приложении к теории волн). М.: Наука, 1982. - 335 с. – 3 экз.
2. А. Л. Вировлянский, Лучевая теория дальнего распространения звука в океане, Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2006, 164 стр. – 1 экз.
3. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. М.: Наука, 1973. – 343 с. – 1 экз.
4. Бреховских Л.М., Годин О.А. Акустика слоистых сред. М.: Наука, 1989. – 4 экз.
5. Распространение волн и подводная акустика / Под ред. Дж.Келлера и Дж.Пападакиса. М.: Мир, 1980. – 229 с. – 2 экз.
6. Акустика в задачах. Учебное руководство. / Под ред. С.Н.Гурбатова и О.В.Руденко. М.: Наука, 2009. - 336 с. – 3 экз.
7. Формирование акустических полей в океанических волноводах. Реконструкция неоднородностей. *Сборник научных трудов*. Ответственный редактор В. А. Зверев. [Электронный ресурс – Виртуальная библиотека ИПФ РАН] <http://www.iapras.ru/biblio/img/R.pdf>
8. THE FORMATION OF ACOUSTICAL FIELDS IN OCEANIC WAVEGUIDES. Volume1. Editor V. A. Zverev .1998. [Электронный ресурс – Виртуальная библиотека ИПФ РАН]. <http://www.iapras.ru/biblio/new/formakf1.pdf>
9. THE FORMATION OF ACOUSTICAL FIELDS IN OCEANIC WAVEGUIDES. Volume2. Editor V. A. Zverev .1998. [Электронный ресурс – Виртуальная библиотека ИПФ РАН]. <http://www.iapras.ru/biblio/new/formakf2.pdf>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- Специальные помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет";
- Лицензионное программное обеспечение (*Windows, Microsoft Office*);
- Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются (при необходимости) электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, направленность 01.04.06 Акустика.

Автор _____ А.И. Малеханов

Ответственный за направление подготовки _____ Вл.В. Кочаровский

Рецензент _____

Программа принята на заседании Ученого совета отделения геофизических исследований и Центра гидроакустики ИПФ РАН, протокол № ____ от _____ года.

Ученый секретарь ОГИиЦГ _____ М.В. Шаталина

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

ПК-2: способность проводить научные исследования и решать научно-исследовательские задачи, соответствующие направленности подготовки, используя специализированные знания в области физики и астрономии, современные методы исследований и информационные технологии, с учетом отечественного и зарубежного опыта

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания результатов обучения	
	Зачтено	Не зачтено
<u>Знания:</u> Знать основные явления и эффекты, возникающие при распространении акустических волн в океане произвольной глубины	Успешная демонстрация знаний по базовым разделам дисциплины	Отсутствие знаний или фрагментарные знания без положительного результата применения
<u>Умения:</u> Уметь пользоваться основными подходами для описания излучения и распространения акустических волн в океане от произвольных источников.	Успешная демонстрация умений по базовым разделам дисциплины	Отсутствие умений или фрагментарное присутствие умений без положительного результата
<u>Навыки:</u> Владеть навыками решения задач, основанными на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях по теории распространения акустических волн в океане	Успешная демонстрация навыков решения задач на базе полученных в ходе освоения дисциплины знаниях	Отсутствие навыков или фрагментарные навыки без положительного результата применения
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	50 – 100%	0 – 50 %

ПК-3: способность свободно ориентироваться в разделах физики, необходимых для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (в соответствии с направленностью подготовки)

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания результатов обучения	
	Зачтено	Не зачтено
<u>Знания:</u> Знать теоретические основы организации научно-исследовательской деятельности, методы сбора информации для решения поставленных исследовательских задач, методы анализа данных, необходимых для проведения конкретного исследования	Успешная демонстрация знаний по базовым разделам дисциплины	Отсутствие знаний или фрагментарные знания без положительного результата применения
<u>Умения:</u> Уметь планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские и производственно-технические исследования с применением современной аппаратуры, оборудования и компьютерных технологий; самостоятельно выполнять лабораторные, вычислительные физические исследования при решении научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств	Успешная демонстрация умений по базовым разделам дисциплины	Отсутствие умений или фрагментарное присутствие умений без положительного результата
<u>Навыки:</u> Владеть навыками работы на современной аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований; способностью самостоятельно с применением современных компьютерных технологий анализировать, обобщать и систематизировать результаты; навыками публикации результатов научных исследований в рецензируемых научных изданиях Знать закономерности рассеяния волн на неоднородностях показателя преломления среды и ансамбле частиц	Успешная демонстрация навыков решения задач на базе полученных в ходе освоения дисциплины знаниях	Отсутствие навыков или фрагментарные навыки без положительного результата применения
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	50 – 100%	0 – 50 %