

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Акустика океана. Общая гидроакустика.

2. Лекторы.

2.1. Старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук Сергеев Сергей Николаевич, кафедра акустики, sergeev@aes.msui.ru

2.2. Доцент, кандидат физико-математических наук Шуруп Андрей Сергеевич, кафедра акустики, andrey.shurup@gmail.com

3. Аннотация дисциплины.

Предметом курса является изложение основ распространения звука в океане и в шельфовой зоне. Актуальность курса определяется тем, что только звуковые волны способны распространяться в морской среде на большие (сотни и тысячи километров) без заметного затухания, что делает акустические методы единственными возможными для мониторинга в реальном времени обширных акваторий в целях: научных, экономических (поиск месторождений полезных ископаемых, мониторинг окружающей среды, мониторинг изменения климата и др.), экологических (исследование и снижение антропогенных шумов и их влияние на морскую среду). По результатам обучения студенты смогут построить и численно промоделировать картину распространения звука в различных представлениях (лучевое, модовое) в условиях глубокого океана и шельфовой зоны; учесть влияние различных неоднородностей (течения, подводные вихри, температурные неоднородности), дна и поверхности на характер подводного распространения звука, ознакомиться с современными методами гидроакустики.

4. Цели освоения дисциплины.

Изучить теорию волновых процессов в сложных средах (среда включает дно, водный слой, ледовый покров) с целью получения исходной информации для построения высокоинформативных систем исследования морских природных объектов, могущих представлять научный, экологический и экономический интерес.

5. Задачи дисциплины.

1. Систематическое изложение базовых теоретических представлений о распространении звука в океане.

2. Изучение характерных особенностей влияния подводных объектов, могущих представлять интерес, на характер звуков полей. Наметить пути восстановления этих объектов.

6. Компетенции

6.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

М-ОНК-2; М-ИК-2;

Предполагается, что слушатели владеют базовыми методами математической физики, знают основы акустики и волновой физики.

6.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

М-ОНК-2; М-ИК-2; М-ИК-3; М-ПК-1; М-ПК-2; М-ПК-3; М-ПК-5; М-ПК-6; М-СПК-5

Прослушавшие курс смогут строить модели и производить компьютерное моделирование акустических полей в сложных природных средах.

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен знать теорию распространения звука в глубоком океане и шельфовой зоне в лучевом и модовом представлении; уметь делать оцен-

ки основных параметров, описывающих акустическое поле, для разных типов океанических волноводов; владеть навыками расчёта полей; иметь опыт в постановке простейшего гидроакустического эксперимента.

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр				Всего
	1	2	3	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов			72		72
Аудиторная работа:					
Лекции, акад. часов			36		36
Семинары, акад. часов					
Лабораторные работы, акад. часов					
Самостоятельная работа, акад. часов			36		362
Вид промежуточной аттестации (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)			зачет		

№ раздела, название раздела	№ 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	1	Введение в предмет	<i>Особенности распространения звука под водой. Характерные пространственные и временные масштабы, частоты. Подводный волновой канал</i>	1 ак.ч.	1. Профиль скорости звука (гидрология) на различных широтах. 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
2	2	Лучевая картина распространения звука под водой	Лучевая картина в мелком море с постоянной глубиной	1 ак.ч.	2. Построение лучевой картины в мелком изоскоростном волноводе методом мнимых источников	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
			Глубокое море, подводный звуковой канал. Качественные лучевая картина звукового поля. Границы применимости лучевого подхода. Каустики.	1 ак.ч.	3. Уравнение траектории луча и время распространения 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
			Полярная гидрология: лучевая картина звукового поля	1 ак.ч.	4. Расчёт времени прихода лучей в шельфовой зоне северных морей 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
			Уравнение эйконала применительно к горизонтально стратифицированному океану	1 ак.ч.	5. Построение траекторий лучей в глубоком океане 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
			Распространение лучей в береговом клине	1 ак.ч.	6. Построение лучевой картины в береговом клине. 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 2 ак.ч.	Кр
3	3	Модовая картина распространения звукового поля	Волновое решение задачи о распространении звука в слое с идеальными границами. Моды. Фазовая и групповая скорости. Дисперсионные кривые.	1 ак.ч.	7. Расчёт профилей мод, фазовых и групповых скоростей. 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
			Жидкая модель дна; учёт потерь на границе. Затухание мод. Дисперсионные кривые.	1 ак.ч.	8. Расчёт затухания при взаимодействии с дном. 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
			Полярная гидрология: модовая картина звукового поля	1 ак.ч.	9. Расчёт профилей мод в полярных регионах. 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
			Качественная картина мод в глубоком океане.	1 ак.ч.	10. Аналитические и приближённые методы расчёта мод. 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
			Распространение мод в береговом клине	1 ак.ч.	11. Построение модовой картины в	Работа с лекционным материалом и чтение	

					береговом клине. 1 ак.ч.	рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
		Разрешимость лучей и мод в океаническом волноводе.	1 ак.ч.		12. Линейная модовая антенна. 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	Кр
4	Компьютерное моделирование в гидроакустике	Комбинированный метод описания звукового поля: вертикальные моды - горизонтальные лучи.	1 ак.ч.		13. Влияние неоднородностей скорости звука (температуры) и течений воды на характер распространения звукового поля. 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
		Метод ВКБ. Высокочастотная асимптотика. Взаимосвязь лучевого и волнового подходов.	1 ак.ч.		14. Построение модообразующих лучей. 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 8 ак.ч.	
		Параболическое уравнение.	1 ак.ч.		15. Численные модели звуковых полей 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 2 ак.ч.	Дз
5	Восстановление неоднородностей морской среды	Обратные волновые задачи акустической томографии.	1 ак.ч.		16. . Выбор базиса, построение матрицы возмущений и процедура восстановления неоднородностей. 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
6	Шумы океана	Поверхностные и объёмные шумы океана. Томография океана с использованием собственных шумов океана в качестве сигнала.	1 ак.ч.		17. Антропогенные шумы и экологическая безопасность деятельности человека в океане. 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	
7	Обзор современных задач акустики океана	Обзор современных задач акустики океана	1 ак.ч.		18. Решение прикладных задач. 1 ак.ч.	Работа с лекционным материалом и чтение рекомендованной литературы 4 ак.ч.	

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. Дисциплина является обязательной.
2. Вариативная часть, профессиональный блок, дисциплина профиля.
3. Изложение опирается на знания, полученные студентами ранее в дисциплинах по математической физике и в вводном курсе кафедры «Введение в акустику». Кроме того, имеется связь с отдельными темами параллельно читаемого курса «Теория волн» и «Применение ультразвука в медицине».
 - 3.1. Дисциплины, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины:
Математический анализ, методы математической физики, общая физика.
 - 3.2. Указать дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее.
Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа.

10. Образовательные технологии

- Изложение в основном ведётся традиционным способом, с использованием. Отдельные части курса сопровождаются презентациями с использованием компьютерного проектора,

для демонстрации особенностей распространения подводных акустических полей применяются компьютерные симуляторы. Последняя часть курса преподаётся в форме авторского курса по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Вопросы к зачету по спецкурсу «Акустика океана, часть 1»:

1. Особенность мониторинга океана акустическими методами: дальности, частоты, затухание. Влияние границ и профиля скорости звука на акустическое поле. Сезонные изменения скорости звука. Характерные неоднородности: рефракционные, кинетические (течения, вихри), внутренние волны.
2. Мелкое море с постоянной глубиной: лучевая картина звукового поля
3. Мелкое море с постоянной глубиной: модовая картина звукового поля. Фазовая и групповая скорости мод
4. Глубокое море, подводный звуковой канал. Качественные лучевая и модовая картины звукового поля. Уравнение траектории луча и время распространения
5. Полярная гидрология: лучевая картина звукового поля
6. Полярная гидрология: модовая картина звукового поля
7. Уравнение эйконала применительно к горизонтально стратифицированному океану
8. Волновод Пекериса: жидкая модель дна, учёт потерь на границе. Затухание мод. Фазовая и групповая скорости мод
9. Распространение звукового поля в береговом клине: лучевая картина звукового поля
10. Распространение звукового поля в береговом клине: модовая картина звукового поля
11. Метод ВКБ. Высокочастотная асимптотика, лучевой подход
12. Влияние рефракционной и кинетической неоднородностей на звуковое поле. Пути восстановления этих неоднородностей
13. Акустическая томография океана: схема расположения антенн, выбор базиса в горизонтальной и вертикальной плоскостях, восстановление рефракционной неоднородности

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Литература

Основная литература

1. Рожин Ф.В., Тонаканов О.С. Общая гидроакустика. М.: Изд-во МГУ, 1988.
2. Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. М.: Наука, 2007.

Дополнительная литература

3. Бреховских Л.М., Годин О.А. Акустика неоднородных сред, в двух томах. М.: Наука, 2007.
4. Акустика в задачах. П/р С.Н. Гурбатова и О.В. Руденко. Глава 3: Акустика неоднородных сред. М.: Физматлит, 2009.

Периодическая литература

1. Акустический журнал.
2. Journal of the Acoustical Society of America.

Интернет-ресурсы

<http://acoustics.phys.msu.ru>, <http://www.akin.ru>

13. Материально-техническое обеспечение

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

Учебная аудитория физического факультета.
Проектор.