|  |  |
| --- | --- |
|  | «Утверждаю»Декан физического факультетаМГУ имени М.В. Ломоносовапрофессор Н.Н. Сысоев\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. |

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

1. Код и наименование дисциплины (модуля).

Избранные вопросы современной акустики

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки:

03.06.01 – Физика и астрономия

Направленность программы:

01.04.06 – Акустика

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП.

Вариативная часть ООП. Электив.

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

|  |  |
| --- | --- |
| **Формируемые компетенции**  ***(код компетенции)*** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)** |
| **УК-1**  Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. | **З1 (УК-1)**  ЗНАТЬ  основные современные научные достижения в профессиональной области, основные методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских задач, в том числе и в междисциплинарных областях.  **У1 (УК-1)**  УМЕТЬ  проводить анализ литературных данных в рамках поставленной исследовательской (практической, образовательной) задачи, выявлять основные вопросы и проблемы, существующие в современной науке.  **В1 (УК-1)**  ВЛАДЕТЬ  навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских, практических и образовательных задач в своей профессиональной области, в том числе в междисциплинарных областях. |
| **ПК-1:01.04.06**  Способность самостоятельно проводить научные исследования в области акустики и применять полученные результаты для решения практических задач. | **З1 (ПК-1:01.04.06)**  ЗНАТЬ  основные законы, теоретические модели и современные методы исследований  и математического моделирования в области акустики.  **У1 (ПК-1:01.04.06)**  УМЕТЬ  использовать полученные знания для анализа результатов научных исследований и решения практических задач в области акустики.  **В1 (ПК-1:01.04.06)**  ВЛАДЕТЬ  разработкой методов научного исследования для получения новых фундаментальных знаний в области акустики и способами применения этих знаний для создания прикладных технологий и решения практических задач. |

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачётные единицы, в том числе 32 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 76 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).

Отсутствуют.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),**  **форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Всего**  **(часы**) | В том числе | | | |
| **Контактная работа  (работа во взаимодействии с преподавателем)**  **Виды контактной работы, часы** | | | **Самостоятельная работа обучающегося,**  **часы**  *(виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)* |
| Занятия лекционного типа\* | Занятия семинарского типа\* | **Всего** |  |
| Тема 1. Общие представления об акустической томографии океана. Мезомасштабные и глобальные схемы томографии и мониторинга океана. Океанологические объекты и акустические явления, важные для томографии океана. | 7 | 2 |  | 2 | 5 |
| Тема 2. Лучевая томография океана, пределы ее применимости. Возможности линеаризации задачи. Проблема разрешения лучей. Пространственная и временная селекция. Проблема синхронизации часов. | 8 | 2 |  | 2 | 6 |
| Тема 3. Модовая томография океана. Проблема разрешения мод. Пространственная и временная селекция. Импульсная и фазовая томография, метод согласованного поля. Задачи томографии океана как некорректные задачи. Метод регуляризации и другие способы устранения неустойчивости обратной задачи. | 7 | 2 |  | 2 | 5 |
| Тема 4. Акустическая термометрия и халинометрия Арктического бассейна. Ключевые районы и объекты. Осуществлённые и планируемые эксперименты. Эксперименты ATOC и ACOUS. Акустический мониторинг проливов. | 8 | 2 |  | 2 | 6 |
| Тема 5. Возможности акустической томографии и мониторинга глубоководных и придонных структур (бентического фронта). Особенности бентического фронта в Тихом и Атлантическом океане, его влияние на распространение звука в океане, «неканонические» каустики. Проблема регуляризации задачи. Особенности схемы лучевой томографии придонного фронта. | 7 | 2 |  | 2 | 5 |
| Тема 6. Динамическая томография океана. Воздействие подводных течений на антенны и связанные с этим проблемы. Методы повышения устойчивости антенн к воздействию течений. Акустическое позиционирование антенн. Алгоритмы, устойчивые к отклонению антенн на течениях. | 8 | 2 |  | 2 | 6 |
| Тема 7. Задачи геоакустической инверсии. Метод согласованного поля в задачах геоакустической инверсии. Глобальное потепление, «климат» Мирового океана и проект глобального акустического мониторинга океана. | 7 | 2 |  | 2 | 5 |
| **Текущая аттестация в форме занятия семинарского типа.** | **2** |  | **2** | **2** |  |
| Тема 8. Пьезоэлектрические излучатели. Теория электромеханического преобразователя. Оптимизация преобразования электрической энергии в акустическую в пьезоэлектрическом преобразователе. Предельные давления, создаваемые современными пьезоизлучателями. Использование пьезокомпозитных и пьезополимерных материалов для улучшения характеристик источников и приемников ультразвука. | 7 | 2 |  | 2 | 5 |
| Тема 9. Магнитострикционные источники: принцип действия и основные разновидности. Преимущества и недостатки по сравнению с пьезоэлектрическими источниками. Применение концентраторов для повышения амплитуды волны. Области применения магнитострикционных преобразователей. | 8 | 2 |  | 2 | 6 |
| Тема 10. Оптоакустические источники. Основные механизмы генерации звука оптическим излучением. Метод передаточных функций для описания теплового механизма преобразования «свет-звук». Лазерная генерация коротких акустических видеоимпульсов. | 7 | 2 |  | 2 | 5 |
| Тема 11. Электрогидравлические источники мощных импульсов. Физические процессы, происходящие при электрическом разряде в жидкости. Использование электрогидравлических источников в современной литотрипсии для разрушения почечных камней. | 8 | 2 |  | 2 | 6 |
| Тема 12.   Взрывные источники. Основные сведения о взрывчатых веществах. Физика взрыва. Параметры ударной волны, возникающей при взрыве. | 7 | 2 |  | 2 | 5 |
| Тема 13.  Излучение мощных акустических импульсов при коллапсе парогазовых пузырьков. Акустическая и гидродинамическая кавитация. Задача Рэлея о коллапсе пустой полости. Экстремальные явления, происходящие при коллапсе пузырьков. Сонолюминесценция. Описание динамики пузырьков с учетом излучения ими ударных волн. | 8 | 2 |  | 2 | 6 |
| Тема 14. Генерация акустических волн большой амплитуды сверхзвуковыми источниками. Волна звукового удара: ее параметры и особенности нелинейного распространения в атмосфере. Возбуждение звука движущимся объемным источником. Волновой резонанс. Генерация звука сверхзвуковой струей. Газоструйные и гидродинамические излучатели: свистки, генератор Гартмана, сирены. | 7 | 4 |  | 4 | 3 |
| **Промежуточная аттестация – зачёт.** |  | | | | **2** |
| **Итого** | **108** |  | | | **76** |

9. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю).

9.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости:

Дайте общую характеристику основных океанологических объектов акустической томографии океана.

Охарактеризуйте пределы применимости лучевой томографии океана.

Опишите основные пьезоматериалы, используемые в современной гидроакустике.

Опишите физические процессы, происходящие при электрическом разряде в жидкости

9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации:

Что такое опорный луч в задаче лучевой томографии океана?

В чем заключаются отличия импульсной и фазовой томографии океана?

Запишите уравнения пьезоэффекта.

Сформулируйте принцип действия магнитострикционных излучателей. Их основные разновидности.

Определите тепловой и пробойный механизмы генерации акустических импульсов.

Оцените необходимую точность синхронизации часов в схеме лучевой томографии мезомасштабных вихрей океана.

Получите основные соотношения лучевой томографии океана.

Оцените длительность распространения сигналов в задаче глобального акустического мониторинга океана.

Напишите уравнения для связи электрической напряженности поля в пьезокерамике с механической деформацией.

Решить задачу. Дано: билинейный профиль скорости звука в море, источник расположен на глубине минимума скорости звука. Найти углы выхода поверхностного и донного лучей.

Построить приближенные распределения давления первой и второй мод в толще дна для волновода Пекериса и показать, как меняется глубина проникновения моды в дно по мере увеличения порядка моды.

Выведите формулу для КПД оптоакустического преобразователя.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)** | | | | |
| **Оценка**  **РО и соотв. виды оценочных средств** | **незачёт** | **зачёт** | | |
| **Знания**  *(виды оценочных средств: устные и письменные опросы, тестирующие знание основных законов и соотношений, и т. п. )* | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания |
| **Умения**  *(виды оценочных средств: устные и письменные опросы, тестирующие знание принципов получения основных законов и соотношений, написание и защита рефератов на заданную тему, практические контрольные задания и т. п.)* | Отсутствие умений | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера) | Успешное и систематическое умение |
| **Навыки  (владения, опыт деятельности)**  *(виды оценочных средств: решение новых (не разобранных на лекциях или в литературе) задач, вывод новых соотношений и т. п.)* | Отсутствие навыков (владений, опыта) | Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта) | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач |

10. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной литературы:

1. Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. – М.: Наука, 2007.
2. Гончаров В.В. и др. Акустическая томография океана. – Нижний Новгород, 1997.
3. Кацнельсон Б.Г., Петников В.Г.Акустика мелкого моря. – М.: Наука, 1997.
4. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1986.
5. Римский-Корсаков А.В. Электроакустика. – М.: Связь, 1973.
6. Кайно Г. Акустические волны. – М.: Мир, 1990.
7. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. Линейные и нелинейные волны. – М.: URSS, 2019.
8. Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику. – М.: Наука, 1984.
9. Физическая акустика (под ред. У. Мэзона). – М.: Мир, 1966-1978.
10. Глозман И.А. Пьезокерамика. – М.: Энергия, 1972.
11. Источники мощного ультразвука (под ред. Л.Д. Розенберга). - М.: Наука, 1967.
12. Зарембо Л.К., Красильников В.А. Введение в нелинейную акустику. М.: Наука, 1965.
13. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах, М.: Наука, 1973.

Перечень дополнительной учебной литературы:

1. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / под ред. И.П. Голяминой. – М.: Советская энциклопедия, 1979.
2. Бергман Л. Ультразвук. – М.: ИЛ, 1956.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. *Сайт журнала «Акустический журнал»* [*http://www.akzh.ru/*](http://www.akzh.ru/)
2. *Сайт журнала «Техническая акустика»* [*http://www.ejta.org/ru*](http://www.ejta.org/ru)

Описание материально-технической базы:

аудиторный фонд физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

11. Язык преподавания.

Русский.

12. Преподаватель (преподаватели).

проф. Сапожников О.А., доц. Андреев В.Г., доц. Кравчун П.Н., доц. Шанин А.В.