

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Акустика океана

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
03.04.02 – Физика

---

Направленность образовательной программы  
Общая и прикладная физика

---

Форма обучения  
Очная

---

Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.03.04 «Акустика океана» относится к части ООП направления подготовки 03.04.02 Физика, формируемой участниками образовательных отношений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции<br>(код, содержание компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции  |  | Наименование оценочного средства   |                                 |
|--|--|--|------------------------------------|---------------------------------|
|  | Индикатор достижения компетенции<br>(код, содержание индикатора)   | Результаты обучения по дисциплине  | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации    |
| <i>ПК-1. Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</i> | <i>ПК-1.1: Демонстрация способности самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</i> | <i>ПК-1.1: Знать основные уравнения, используемые для описания распространения волн в неоднородных подводных звуковых каналах, а также методы решения этих уравнений<br/>Уметь применять изученные методы для расчета звуковых полей в океане, возбужденных тональными и импульсными источниками.<br/>Владеть навыками использования знаний, полученных в ходе освоения дисциплины, для решения задач акустики океана.</i> | <i>Задачи</i>                      | <i>Задачи<br/>Собеседование</i> |

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|  |              |
|--|--------------|
|  | <b>очная</b> |
| <b>Общая трудоемкость</b>  | <b>2</b>     |
| <b>Часов по учебному плану</b>   | <b>72</b>    |
| в том числе  |              |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>                           |              |
| - занятия лекционного типа   | <b>16</b>    |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | <b>16</b>    |
| - КСР  | <b>1</b>     |
| <b>самостоятельная работа</b>  | <b>39</b>    |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Промежуточная аттестация | 0<br>Зачёт |
|--------------------------|------------|

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины                   | Всего (часы) | в том числе  |                           |                            |       |   |
|---|--------------|--|---------------------------|----------------------------|-------|---|
|   |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |                           |                            |       | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|   |              | Занятия лекционного типа   | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего |   |
|   | очная        | очная  | очная                     | очная                      | очная | очная                                     |
| Тема 1. Общие методы описания полей в неоднородных подводных звуковых каналах | 24           | 6  | 6                         | 0                          | 12    | 12  |
| Тема 2. Распространение звука в глубоком море                                 | 20           | 4  | 4                         | 0                          | 8     | 12  |
| Тема 3. Распространение звука в мелком море                                   | 17           | 4  | 4                         | 0                          | 8     | 9   |
| Тема 4. Элементы теории излучения звука                                       | 10           | 2  | 2                         | 0                          | 4     | 6   |
| Аттестация  | 0            |  |                           |                            |       |   |
| КСР   | 1            |  |                           |                            | 1     |   |
| Итого   | 72           | 16   | 16                        | 0                          | 33    | 39  |

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для самостоятельной работы обучающимся предлагается использовать основную и дополнительную литературу и/или электронные Интернет-ресурсы.

#### 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

##### 5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

##### 5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

###### Задача 1.

Найти выражение для траектории луча в плоскослоистом подводном звуковом канале с линейным профилем скорости звука  $c(z) = c_0 + az$ , где  $z$  – вертикальная координата. Поверхность воды и абсолютно отражающее дно волновода находятся на горизонтах  $z = 0$  и  $z = h$  соответственно.

### Задача 2.

Найти собственные функции и собственные числа задачи Штурма-Лиувилля для волновода представляющего жидкий слой толщины  $h$  с постоянной скоростью звука  $c$ , мягкой верхней границей (поверхностью воды) и абсолютно твердой нижней границей (дном).

### Задача 3.

Найти мощность, излучаемую пульсирующей сферой радиуса  $R$ , каждая точка которой колеблется с радиальной скоростью  $v = v_0 \cos(\omega t)$  в среде со скоростью звука  $c$  и плотностью  $\rho$ .

## **Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)**

| <b>Оценка</b> |              | <b>Критерии оценивания</b>  |
|---------------|--------------|---|
| Зачтено       | Превосходно  | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.   |
|               | Отлично      | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.   |
|               | Очень хорошо | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.                 |
|               | Хорошо       | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. |

| Оценка     |                     | Критерии оценивания   |
|------------|---------------------|---|
|            | Удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| Не зачтено | Неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.   |
|            | Плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа. |

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Плохо   | Неудовлетворительно   | Удовлетворительно  | хорошо   | очень хорошо   | отлично  | превосходно  |
|--|---|---|--|--|--|--|--|
|  | не зачтено  |   | Зачтено  |  |  |  |  |
| <u>Знания</u>  | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |

|               |  |  |  |   |  |  |  |
|---------------|--|--|--|---|--|--|--|
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа   | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки  | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами                                     | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами  | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов   | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов   | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач  |

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка     |                            | Уровень подготовки   |
|------------|----------------------------|--|
| Зачтено    | <b>превосходно</b>         | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
|            | <b>Отлично</b>             | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».  |
|            | <b>очень хорошо</b>        | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»  |
|            | <b>Хорошо</b>              | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».   |
|            | <b>Удовлетворительно</b>   | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»                                     |
| не зачтено | <b>Неудовлетворительно</b> | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».   |
|            | <b>Плохо</b>               | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»  |

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

### 5.3.2 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

#### Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

##### Задача 1.

Найти выражение для траектории луча в плоскостом подводном звуковом канале с линейным профилем скорости звука  $c(z) = c_0 + az$ , где  $z$  – вертикальная координата. Поверхность воды и абсолютно отражающее дно волновода находятся на горизонтах  $z = 0$  и  $z = h$  соответственно.

##### Задача 2.

Найти собственные функции и собственные числа задачи Штурма-Лиувилля для волновода представляющего жидкий слой толщины  $h$  с постоянной скоростью звука  $c$ , мягкой верхней границей (поверхностью воды) и абсолютно твердой нижней границей (дном).

##### Задача 3.

Найти мощность, излучаемую пульсирующей сферой радиуса  $R$ , каждая точка которой колеблется с радиальной скоростью  $v = v_0 \cos(\omega t)$  в среде со скоростью звука  $c$  и плотностью  $\rho$ .

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка  |              | Критерии оценивания   |
|---------|--------------|---|
| Зачтено | Превосходно  | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.   |
|         | Отлично      | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.                         |
|         | Очень хорошо | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. |
|         | Хорошо       | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все   |

| Оценка     |                     | Критерии оценивания   |
|------------|---------------------|---|
|            |                     | основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
|            | Удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| Не зачтено | Неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.   |
|            | Плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа. |

#### Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Волновое уравнение и уравнение Гельмгольца в неоднородной среде.
2. Описание звукового поля в приближении геометрической оптики. Лучевые уравнения.
3. Интенсивность звука, фактор фокусировки, каустики.
4. Метод нормальных мод. Приближение ВКБ.
5. Приближение стандартного параболического уравнения. Широкоугольные параболические уравнения.
6. Лучевое представления поля в мелком море. Мнимые источники.
7. Модель Пекериса. Модовое представление поля.
8. Решения лучевых уравнений в плоскостом волноводе. Закон Снеллиуса.
9. Отражение звука от поверхности и дна океана. Прохождение звуковой волны из воды .в воздух и обратно.
10. Дальнее распространение звука в океане. Угол захвата подводного звукового канала. Зоны конвергенции и зоны тени.
11. Рассеяние звука на поверхностном волнении. Параметр Релея. Метод малых возмущений.
12. Возбуждение звуковых волн пульсирующей сферой и плоским поршневым излучателем.



## Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

| Оценка     |                     | Критерии оценивания   |
|------------|---------------------|---|
| Зачтено    | Превосходно         | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.   |
|            | Отлично             | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.   |
|            | Очень хорошо        | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.                 |
|            | Хорошо              | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. |
|            | Удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| Не зачтено | Неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.   |
|            | Плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие   |

| Оценка |  | Критерии оценивания   |
|--------|--|---|
|        |  | отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа. |

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

- 1) Л.М. Бреховских, Ю.П. Лысанов, «Теоретические основы акустики океана», Гидрометео-издат, Л. 1982, 264 с. - 8 экз.
- 2) «Акустика океана» / под. ред. Дж. Де Санто, Мир, М., 1982, 318 с. - 3 экз.
- 3) Л.Ф. Лепендин, «Акустика», Высшая школа, М., 1978, 448 с. - 3 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) Т. Толстой, К.С. Клей, «Теория и эксперимент в подводной акустике», Мир, М., 1969, 301 с. - 1 экз.
- 2) «Акустика океана» /под ред. Л.М. Бреховских, Наука, М., 1974, 694 с. - 4 экз.
- 3) «Акустика океанской среды» /под ред. Л.М. Бреховских и И.Б. Андреевой, Наука, М., 1989, 222 с. - 1 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

Не используется

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.04.02 - Физика.

Автор(ы): А.Л. Вировлянский

Заведующий кафедрой: Господчиков Егор Дмитриевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 30.06.2022 г., протокол № 3.