

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**

**ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АКУСТИКИ**

УТВЕРЖДАЮ

_____//
«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Кристаллоакустика, акустооптика и акустоэлектроника

Уровень высшего образования:

Специалитет

Специальность:

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Акустика

Форма обучения:

Очная

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика», утвержденным приказом МГУ от 21.12.2018 г. № 1780.

Год (годы) приема на обучение _____

Авторы-составители:

1. Доцент, кандидат физико-математических наук Одина Наталья Ивановна, кафедра акустики физического факультета МГУ
2. Младший научный сотрудник Кокшайский Алексей Иванович, кафедра акустики физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой акустики
д.ф.-м.н., профессор Руденко О.В.

Аннотация к рабочей программе дисциплины

Курс состоит в систематическом изложении вопросов распространения линейных и нелинейных поверхностных и объемных упругих волн в кристаллах и их технических приложений для задач акустоэлектроники и акустооптики.

Рассматриваются общие физические принципы и особенности распространения и взаимодействия акустических волн в кристаллах, основные механизмы и эффекты акустической нелинейности в твердых телах, принципы и устройства акустической обработки информации.

Дисциплина реализуется на 5 курсе в 10 семестре специалитета, входит в вариативную часть и является спецкурсом кафедры по выбору для обучающихся по специализации «Акустика».

Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 34 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 38 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет в 10 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Кристаллоакустика, акустооптика и акустоэлектроника» входит в вариативную часть программы по специальности «Фундаментальная и прикладная физика» (блок «Профессиональный», вариативная часть) и является спецкурсом кафедры по выбору для обучающихся по специализации «Акустика».

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

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

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций |
|--------------------------------|--|---|
| | | Знать: основы кристаллоакустики и акустоэлектроники, общие физические принципы и особенности распространения и взаимодействия акустических волн в кристаллах, принципы и устройства акустической обработки информации. Уметь: решать базовые задачи кристаллоакустики и акустоэлектроники, строить базовые модели основных явлений в указанных областях. Владеть: методами решения задач и прогнозирования основных явлений в кристаллоакустике и акустоэлектронике, базовыми методами постановки и решения научно-исследовательских задач в указанных областях акустики. |

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: 34 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 38 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции).

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

| | Всего (ак.ч.) | В том числе | | | | | Самостоятельная работа обучающегося, академические часы | Форма текущего контроля успеваемости, наименование |
|---|------------------|---|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|---|--|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, академические часы¹</i> | | | | | | |
| | | Занятия лекционного типа (лекции) | Занятия семинарского типа | | | Всего | | |
| | | | Семинары | Лабораторные занятия* | Практические занятия* | | | |
| Элементы кристаллографии. Кристаллические системы. Решетки Бравэ. Классы точечной симметрии. Пространственные группы симметрии. Текстуры. | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | |
| Элементы теории упругости. Тензор напряжений. Тензор деформаций. Уравнение состояния (закон Гука). Уравнение движения. | 8 | 4 | | | | 4 | 4 | |

¹Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|---|---|--|
| Уравнение непрерывности. | | | | | | | | |
| Плоские упругие волны малой амплитуды в неограниченной анизотропной упругой среде. Уравнение Кристоффеля. Фазовая скорость и поляризация объемных волн. Поток энергии и групповая скорость. | 8 | 4 | | | | 4 | 4 | |
| Отражение и преломление плоских упругих волн в анизотропных средах. Граничные условия для плоских упругих волн. | 8 | 4 | | | | 4 | 4 | |
| Объемные упругие волны в анизотропных пьезоэлектрических средах. Модифицированное уравнение Кристоффеля для пьезоэлектриков. Коэффициент электромеханической связи. | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | |
| Волны Рэлея. Волны Лява. Волны Гуляева-Блюштейна. Вытекающие волны. | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | |
| Возбуждение и регистрация объемных акустических волн. Пьезоэлектрический преобразователь для объемных волн. | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | |
| Возбуждение и регистрация поверхностных волн. | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|---|----------------|---------------------------|
| Встречноштыревые преобразователи. | | | | | | | | |
| Акустоэлектронное взаимодействие. Механизмы акустоэлектронного взаимодействия в кристаллах. | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | |
| Нелинейные акустоэлектронные явления. Концентрационная нелинейность. Акустоэлектрический эффект. | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | |
| Акустоэлектронные устройства (линии задержки, фильтры, усилители, генераторы, фазовращатели, конвольверы). | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | <i>Контрольная работа</i> |
| Взаимодействие электромагнитных и акустических волн. Фотоупругий механизм взаимодействия электромагнитных и акустических волн. | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | |
| Дифракция света на звуке. Режимы Рамана-Ната и Брэгга. | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | |
| Параметрическое акустооптическое взаимодействие. Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна на тепловых колебаниях решётки. | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | |
| Промежуточная | 4 | | | | | | 4 ² | <i>Зачет</i> |

²Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|-----------|--|--|--|--|-----------|--|
| аттестация_зачет_____ | | | | | | | | |
| Итого | 72 | 34 | | | | | 38 | |

*Лабораторные занятия, практические занятия относятся к практической подготовке обучающихся.

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Вопросы к зачету по дисциплине «Кристаллоакустика, акустооптика и акустоэлектроника»:

Кристаллические системы. Решетки Бравэ.
Индексы Миллера.
Основные виды текстур.
Уравнение Кристоффеля.
Вектор Умова-Пойнтинга.
Модифицированное уравнение Кристоффеля для пьезоэлектриков.
Коэффициент электромеханической связи.
Граничные условия для плоских упругих волн.
Волны Рэлея.
Волны Лява.
Волны Гуляева-Блюштейна.
Вытекающие волны.
Пьезоэлектрический преобразователь для объёмных волн.
Прямой расчёт мощности упругих волн. Эквивалентная схема преобразователя.
Коэффициент электромеханической связи.
Встречноштыревые преобразователи (ВШП) для поверхностных акустических волн.
Механизмы акустоэлектронного взаимодействия в кристаллах.
Акустические волны в пьезополупроводниках.
Акустоэлектронное поглощение и дисперсия акустических волн.
Усиление звука дрейфом носителей заряда.
Концентрационная нелинейность.
Акустоэлектрический эффект.
Генерация второй акустической гармоники в пьезополупроводниках.
Акустоэлектронные устройства (линии задержки, фильтры, усилители, генераторы, фазовращатели, конвольверы).
Фотоупругий механизм взаимодействия электромагнитных и акустических волн.
Дифракция света на звуке. Режимы Рамана-Ната и Брэгга.
Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна на тепловых колебаниях решётки.
Параметрическое взаимодействие света и звука при вынужденном рассеянии Мандельштама-Бриллюэна.

6.2. Шкала и критерии оценивания

7. Ресурсное обеспечение

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

1. Дьелесан Э., Руайе Д. Упругие волны в твердых телах. М.: Наука, 1982.
2. Лямов В.Е. Поляризационные эффекты и анизотропия взаимодействия акустических волн в кристаллах. М.: Изд.-во МГУ, 1983.
3. Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику. М.: Наука, 1984.
4. Зарембо Л.К., Красильников В.А. Введение в нелинейную акустику. М.: Наука, 1966.

Дополнительная литература:

1. Труэлл Р., Эльбаум Ч., Чик Б. Ультразвуковые методы в физике твердого тела. М.: Мир, 1972.
2. Гурбатов С.Н., Руденко О.В., Саичев А.И. Волны и структуры в нелинейных средах без дисперсии. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
3. Физическая акустика (под ред. У.Мэзона.), том 1. М.: Мир, 1972.
4. Акустика в задачах (под редакцией С.Н. Гурбатова и О.В. Руденко). – М.: Наука, 1996.
5. Акустоэлектроника. В кн. Практикум по твердотельной электронике. Ред. Петров В.И., Спивак Г.В. М.: Изд-во Моск, ун-та, 1984.

Периодическая литература

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

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1782364#1

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

Описание материально-технической базы
Учебная аудитория физического факультета.
Проектор, компьютер

8. Язык преподавания: русский.