МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
(протокол № 6 от 03.06.2020 г.)

# Рабочая программа дисциплины

Оптические свойства кристаллов
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.03.02 Физика
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
профиль "Теоретическая физика"
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)
бакалавр
(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения
очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Год набора
2018
(для обучающихся какого года набора разработана Рабочая программа)

Нижний Новгород – 2020

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Оптические свойства кристаллов» относится к вариативной части Б1.В блока Б1 «Дисциплины (модули)», является элективной дисциплиной, преподается на четвертом году обучения, в восьмом семестре. Освоению дисциплины предшествует освоение дисциплин (модулей) «Математика», «Общая физика», «Кристаллография». Лучшему усвоению дисциплины способствует предварительное освоение элективной дисциплины «Физика анизотропных сред».

Целью освоения дисциплины «Оптические свойства кристаллов» является:

изучение оптических свойств анизотропных сред: распространение электромагнитных волн в анизотропных средах, принципиальное отличие оптических свойств анизотропных сред от свойств изотропных сред (явление двупреломления света), тензорное описание диэлектрической проницаемости анизотропной среды, взаимосвязь точечной симметрии среды и её оптических свойств, методы исследования оптической анизотропии, анализ состояния поляризации света, влияние внешних воздействий на оптические свойства анизотропных сред (параметрическая кристаллооптика), оптическая активность, нелинейно-оптические свойства кристаллов.

## 2. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины «Оптические свойства кристаллов» составляет 5 зачетных единиц, всего 180 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (2 часа – мероприятия промежуточной аттестации; 26 часов занятия лекционного типа, 26 часов занятия семинарского типа (практические занятия), в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 126 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (90 часов самостоятельная работа в течение семестра, 36 часов самостоятельная работа при подготовке к промежуточной аттестации).

Содержание дисциплины «Оптические свойства кристаллов»

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | в том числе | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них | | | | Самостоятельная работа в течение семестра, часы |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего | |
| **1. Электромагнитные волны в прозрачных кристаллах. Явление двупреломления. Описание оптических свойств анизотропных сред.** Понятие анизотропной среды. Предмет кристаллооптики. Электромагнитные волны в прозрачных диэлектрических немагнитных кристаллах. Тензор диэлектрической непроницаемости среды. Двупреломление света. Понятие оптически анизотропной среды. Оптическая индикатриса. Классификация кристаллов по симметрии оптической индикатрисы, её связь с симметрией кристаллов. Оптические оси. Главные показатели преломления. Дисперсия показателей преломления и оптических осей, её особенности в зависимости от симметрии кристалла. Обыкновенная и необыкновенная волны в оптически одноосном кристалле. Принцип взаимности для волн и лучей. Лучевая скорость и показатель преломления луча. Эллипсоид Френеля. | 34 | 6 | 6 | – | 12 | 22 |
| **2. Методы исследования оптических свойств анизотропных сред, поляризация света.** Поляризация света. Вектор Стокса. Сфера Пуанкаре. Поляризаторы. Фазовые пластинки. Общий алгоритм определения состояния поляризации света. Наблюдение оптических свойств прозрачных кристаллов в параллельном свете в плоском | 34 | 6 | 6 | – | 12 | 22 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| полярископе, случай скрещенных и параллельных поляризаторов. Круговой полярископ. Метод компенсации для измерения разности хода волн в двупреломляющем кристалле, виды компенсаторов (кварцевый клин, компенсатор Берека-Никитина, компенсатор Бабине-Солейля, азимутальный компенсатор Сенармона). Поляризационный микроскоп и его возможности. Коноскопический метод наблюдения оптических свойств кристаллов. Определение угла между оптическими осями двуосного кристалла. Определение оптического знака одноосных кристаллов с помощью коноскопического метода и кварцевого клина. | | | | | | |
| **3. Влияние внешних воздействий на оптические свойства анизотропных сред.** Феноменологическое описание влияния внешних воздействий на оптические свойства анизотропной среды; анализ на основе принципа Кюри. Пьезооптический и упругооптический эффекты. Упругооптические модуляторы света. Электрооптический эффект и электрооптические модуляторы Керра и Поккельса. Истинный и ложный электрооптические эффекты (оценка вклада пьезоэлектрической фотоупругой составляющей). | 34 | 6 | 6 | – | 12 | 22 |
| **4. Оптическая активность и нелинейно-оптические свойства кристаллов.** Оптическая активность кристаллов. Псевдотензор гирации. Вращение плоскости поляризации. Искусственная оптическая активность, эффект Фарадея. Нелинейно-оптические свойства кристаллов, их связь с симметрией среды. Направления фазового синхронизма в кристаллах. | 40 | 8 | 8 | – | 16 | 24 |
| **В т.ч. текущий контроль** | 2 | 2 | | | | – |
| Промежуточная аттестация – **экзамен** | | | | | | |

## 3. Образовательные технологии

1) Чтение лекций;

2) сопровождение лекций написанием и выводом формул, построением графиков, изображением рисунков на доске;

3) методика «вопросы и ответы»;

4) выполнение практического задания у доски;

5) индивидуальная работа над практическим заданием;

6) работа в парах над практическим заданием;

7) работа в малых группах над практическим заданием;

8) методика «мозговой штурм».

## 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, выполнение практических заданий, отвечающих изучаемым разделам дисциплины, подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примеры практических заданий приведены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

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

| **Формируемые компетенции** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине** |
|---|---|
| ОПК-3<br>способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач | (ОПК-3) **Знать** основные физические явления и законы оптики анизотропных сред.<br>(ОПК-3) **Уметь** решать в рамках профессиональной деятельности задачи, требующие знания основ физики анизотропных сред.<br>(ОПК-3) **Владеть** математическим аппаратом, используемым для описания физических свойств анизотропных сред. |
| ПК-1<br>способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин | (ПК-1) **Знать** основные физические явления и законы оптики анизотропных сред, знать взаимосвязь этой области физики с другими разделами кристаллографии и кристаллофизики.<br>(ПК-1) **Уметь** применять полученные знания для решения профессиональных задач, относящихся к основным физическим явлениям как в кристаллах, так и в других |

| | |
|---|---|
| | оптически анизотропных материалах (твердые тела и другие конденсированные среды).<br>(ПК-1) **Владеть** математическим аппаратом, используемым для описания физических свойств анизотропных сред (теория групп, векторная и тензорная алгебра, аналитическая геометрия), для проведения теоретических и экспериментальных физических исследований. |
| ПК-3<br>готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований | (ПК-3) **Знать** теоретические основы методов описания явлений в оптически анизотропных средах и исследования характеристик соответствующих материалов, а также основные технические характеристики и возможности экспериментального оборудования и способов сбора и анализа экспериментальных данных, используемых для исследования оптически анизотропных сред.<br>(ПК-3) **Уметь** выбирать методы и оборудование для исследования оптически анизотропных сред, адекватные особенностям исследуемых материалов и целям их исследования, формулировать цели и задачи конкретного оптического эксперимента, модифицировать схему эксперимента или развивать метод исследования с учетом нестандартных ситуаций или результатов.<br>(ПК-3) **Владеть** навыками физического эксперимента, навыками сборки и юстировки оптических схем, включающих оптическое и иное вспомогательное и измерительное оборудование, навыками сбора, визуализации, анализа и обработки экспериментальных данных с использованием современных средств. |

## 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

### 6.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Оптические свойства кристаллов» является **экзамен**.

По итогам экзамена выставляется оценка по семибалльной шкале: оценки «Плохо» и «Неудовлетворительно» означают отсутствие аттестации, оценки «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично» и «Превосходно» выставляются при успешном прохождении аттестации.

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Контрольные вопросы для индивидуального собеседования представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используются следующие процедуры и технологии:

- выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Критериями оценивания являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

**«Плохо»** – обучающийся не продемонстрировал никаких знаний об основных теоретических разделах курса, не показал никаких умений и навыков выполнения практических заданий;

**«Неудовлетворительно»** – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

**«Удовлетворительно»** – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

**«Хорошо»** – обучающийся продемонстрировал связное изложение основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

**«Очень хорошо»** – обучающийся продемонстрировал связное изложение практически всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

**«Отлично»** – обучающийся продемонстрировал связное изложение всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий повышенного уровня сложности;

**«Превосходно»** – обучающийся продемонстрировал уровень знаний в объеме, превышающем стандартную программу подготовки, и продемонстрировал творческий подход к выполнению практических заданий повышенного уровня сложности.

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1. При проведении промежуточной аттестации обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Оптические свойства кристаллов»:

1. Опишите явление двупреломления света в анизотропной среде.
2. Что такое оптическая индикатриса и как её можно использовать для определения возможных оптических волн, их поляризации и показателей преломления, при распространении света вдоль заданного направления в кристалле?
3. Что такое оптические оси кристалла?
4. Как зависит симметрия оптических свойств (индикатрисы) от симметрии кристалла? Что такое главные показатели преломления?
5. В чём заключается принцип взаимности волн и лучей в оптически анизотропной среде?
6. Дайте общее определение поляризации света, опишите элементарные (простейшие) виды поляризации. Каковы способы их получения и анализа?
7. В чём заключается метод компенсации при измерении разности хода, вызванной двупреломлением?
8. Напишите уравнения пьезооптического, упругооптического и электрооптического эффектов. Опишите взаимосвязь соответствующих материальных тензоров с симметрией среды (кристалла). Дайте детальное описание линейного электрооптического эффекта на каком-нибудь типичном примере (например, в кристалле KDP при приложении поля вдоль оптической оси).
9. Что такое пространственная дисперсия?
10. Дайте феноменологическое описание нелинейно-оптических свойств кристаллов. Почему возбуждение второй гармоники невозможно в центросимметричной среде? Как реализуется фазовый синхронизм в кристаллах?

6.3.2. Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

Список номеров задач для контроля (Источник: Переломова Н.В., Тагиева М.М. Задачник по кристаллофизике: Учебное пособие / Под ред. М.П. Шаскольской. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука. 1982. – 288 с.):

2.8, 2.9, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.17, 2.19, 2.20, 2.22, 2.23, 2.28, 2.36, 4.29, 9.6–9.39, 10.7–10.19, 11.13–11.38, 12.5–12.28.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

2. Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:


1. Най Дж. Физические свойства кристаллов и их описание с помощью тензоров и матриц. Пер. с англ. 2-е изд. – М.: Мир, 1967.
   Фундаментальная библиотека ННГУ:
   http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=97358
   4 экз.
2. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. 2-е изд. – М.: Наука, 1979.
   Фундаментальная библиотека ННГУ:
   http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=99234
   4 экз.
3. Кристаллография: Лабораторный практикум / Под ред. проф. Е.В. Чупрунова. Уч. пособие для вузов. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2005.
   Фундаментальная библиотека ННГУ:
   http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=46674
   4 экз.
4. Переломова Н.В., Тагиева М.М. Задачник по кристаллофизике: Учебное пособие / Под ред. М.П. Шаскольской. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука. 1982.
   Фундаментальная библиотека ННГУ:
   http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=99231
   4 экз.


б) дополнительная литература:


1. Меланхолин Н.М. Методы исследования оптических свойств кристаллов. – М.: Наука, 1970.
   Фундаментальная библиотека ННГУ:
   http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=98976
   2 экз.

2. Вустер У. Практическое руководство по кристаллофизике. – М.: Наука, 1958. – 163 с.
   Фундаментальная библиотека ННГУ:
   http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=99222
   2 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ: http://www.lib.unn.ru/.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Автор:

доцент кафедры кристаллографии
и экспериментальной физики
физического факультета,
к. ф.-м. н. _____ / Марычев М.О./

Рецензент:

Зав. кафедрой кристаллографии
и экспериментальной физики
физического факультета,
д. ф.-м. н., профессор _____ / Чупрунов Е.В. /

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ от 02 июня 2020 года, протокол № б/н.

Председатель
Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ _____ / Перов А.А. /