

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

---

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

### Рабочая программа дисциплины

Оптика инфракрасного диапазона

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования

магистратура

*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

Направление подготовки / специальность

03.04.03 радиофизика

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы

Квантовая радиофизика и лазерная физика

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

очная

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижний Новгород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

| № варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы                              | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД   |
|------------|---|---|
| 2          | Блок 1. Дисциплины (модули)<br>Часть, формируемая участниками образовательных отношений | Дисциплина <i>Б1.В.05, оптика инфракрасного диапазона</i> относится к части ООП направления подготовки <i>03.04.03 радиофизика</i> , формируемой участниками образовательных отношений. |

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

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)  | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции  |  | Наименование оценочного средства |
|--|--|--|----------------------------------|
|  | Индикатор компетенции* (код, содержание индикатора)  | Результаты обучения достижения по дисциплине**   |                                  |
| ПК-1. Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники при решении задач своей профессиональной деятельности | <p>ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач</p> <p>ПК-1.2. Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий</p> | <p>Знание основных принципов систем инфракрасной оптики и спектральных особенностей функционирования ИК-систем</p> <p>Умение и навыки использования базовых знаний по инфракрасной оптике в профессиональной деятельности</p> <p>Владение опытом использования фундаментальных разделов физики и радиофизики, в том числе – прикладной инфракрасной оптики, при решении научно-исследовательских задач</p> | <i>Собеседование, задача</i>     |
| ПК-2. Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-  | ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов  | <p>Знать современные проблемы и новейшие достижения физики и радиофизики, необходимые для осуществления научно-исследовательской деятельности в области оптики инфракрасного диапазона</p> <p>Уметь использовать знание современных проблем и новейших достижений физики и</p>   | <i>Собеседование, задача</i>     |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <p>конструкторских работ в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники и оформлять их результаты</p> | <p>ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи<br/> ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР<br/> ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники</p> | <p>радиофизики при осуществлении научно-исследовательской деятельности в области оптики инфракрасного диапазона</p> <p>Владеть опытом использования знания современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики в самостоятельной научно-исследовательской деятельности, относящейся к оптике инфракрасного диапазона</p> |  |
|--|---|---|--|

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|  | очная форма обучения |
|--|----------------------|
| <b>Общая трудоемкость</b>  | <b>3 ЗЕТ</b>         |
| <b>Часов по учебному плану</b>   | <b>108</b>           |
| <b>в том числе</b>   |                      |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b><br>- занятия лекционного типа<br>- занятия семинарского типа<br>( практические занятия / лабораторные работы) | 32                   |
| <b>самостоятельная работа</b>  | 29                   |
| <b>КСР</b>   | 2                    |
| <b>Промежуточная аттестация – экзамен/зачет</b>  | 45                   |

### 3.2. Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля)     | Всего (часы) | В том числе   |                           |  |       |   |
|--|--------------|---|---------------------------|--|-------|---|
|  |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы |                           |  |       | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|  |              | из них  |                           |  |       |   |
|  |              | Занятия лекционного типа  | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа<br>Консультации | Всего |   |
| Введение. Специфика ИК-диапазона.  | 4            | 2   |                           |  | 2     | 2   |
| Колебательно-вращательные спектры молекулярных соединений                | 12           | 6   |                           |  | 6     | 6   |
| Источники излучения в ИК-диапазоне                                       | 12           | 8   |                           |  | 8     | 4   |
| Системы регистрации излучения в ближнем и среднем ИК-спектре             | 4            | 2   |                           |  | 2     | 2   |
| Волоконная оптика среднего ИК-диапазона.                                 | 8            | 4   |                           |  | 4     | 4   |
| Лазерная спектроскопия инфракрасного диапазона                           | 8            | 4   |                           |  | 4     | 4   |
| Прикладные задачи ИК-оптики  | 5            | 2   |                           |  | 2     | 3   |
| Современная элементная база ИК-оптики. Направления дальнейшего развития. | 8            | 4   |                           |  | 4     | 4   |
| <b>Текущий контроль</b>  | 2            | 2   |                           |  |       |   |
| <b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>                                |              |   |                           |  |       | <b>45</b>                                 |

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

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

В процессе изучения дисциплины используется основная образовательная технология: проблемный метод изложения материала с наглядной демонстрацией изучаемых систем с помощью мультимедийных средств обучения. Лекционный материал дополняется наглядной демонстрацией оптических элементов и систем, предназначенных для работы в ИК-диапазоне длин волн, на базе оборудования научно-исследовательских лабораторий

кафедры.

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор лекционного материала,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,
- подготовка к аттестации

Текущий контроль усвоения моделей и понятий проводится путем проведения тестовых опросов непосредственно в процессе изложения материала

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

### 5.1 Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций  |   |  |   |  |  |   |
|--|--|---|--|---|--|--|---|
|  | плохо  | неудовлетворительно   | удовлетворительно  | хорошо  | очень хорошо   | отлично  | превосходно   |
|  | не зачтено   |   |  | зачтено   |  |  |   |
| <u>Знания</u>  | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможно 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, без ошибок.   | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.  |
| <u>Умения</u>  | Отсутствие минимальных умений. Невозможно 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 отдельными 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 владения материалом. Невозможно оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа            | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место                 | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми   | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами   | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.  | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.  | Продемонстрированы творческий подход к решению нестандартных задач  |

|  |  |                   |                |  |  |  |  |
|--|--|-------------------|----------------|--|--|--|--|
|  |  | грубые<br>ошибки. | недочетам<br>и |  |  |  |  |
|--|--|-------------------|----------------|--|--|--|--|

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

| Оценка            |                            | Уровень подготовки  |
|-------------------|----------------------------|---|
|                   | <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>зачтено</b>    | <b>отлично</b>             | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»  |
|                   | <b>очень хорошо</b>        | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»  |
|                   | <b>хорошо</b>              | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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»                                      |
| <b>не зачтено</b> | <b>неудовлетворительно</b> | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»   |
|                   | <b>плохо</b>               | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»   |

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

### 5.2.1 Контрольные вопросы

| Вопрос  | Код компетенции |
|---|-----------------|
| 1. Квантово-механические основы расчета молекулярных спектров.  | ПК-2            |
| 2. Колебательная и вращательная структура энергетических спектров молекулярных соединений. Особенности спектров поглощения газовых сред в атмосфере | ПК-2            |
| 3. Спектры излучения термодинамически равновесных источников.   | ПК-2            |
| 4. Лазерные источники ИК-излучения.   | ПК-1,<br>ПК-2   |
| 5. Полупроводниковые лазеры ближнего ИК-диапазона на основе межзонных переходов.  | ПК-1,<br>ПК-2   |
| 6. Квантовые каскадные лазеры среднего ИК-диапазона.  | ПК-1,<br>ПК-2   |

|  |               |
|--|---------------|
| 7. Параметрические генераторы света в ИК-области спектра.  | ПК-1,<br>ПК-2 |
| 8. Приемники излучения на основе внутреннего и внешнего фотоэффекта – физические основы и принцип работы.            | ПК-1,<br>ПК-2 |
| 9. Полупроводниковые материалы, используемые в ИК-приемных системах.   | ПК-1,<br>ПК-2 |
| 10. Тепловые приемники ИК-излучения (термоэлементы, пироэлектрические системы, оптико-акустические преобразователи). | ПК-2          |
| 11. Особенности передачи оптической информации в среднем ИК-диапазоне.   | ПК-1          |
| 12. Современные типы волоконных световодов ИК-диапазона и их характеристики.   | ПК-1,<br>ПК-2 |
| 13. Физические процессы релаксации возбужденных атомов, молекул среды.   | ПК-2          |
| 14. Аппаратура и элементная база для проведения спектральных измерений в ИК-области спектра.                         | ПК-1          |
| 15. Решеточные спектрометры ИК-диапазона.  | ПК-1,<br>ПК-2 |
| 16. Интерференционная спектроскопия с Фурье-преобразованием.   | ПК-1,<br>ПК-2 |
| 17. Флуоресцентный метод спектроскопических исследований.  | ПК-1,<br>ПК-2 |
| 18. Оптико-акустическая спектроскопия.   | ПК-1,<br>ПК-2 |
| 19. Мониторинг атмосферы и промышленных отходов методами ИК-оптики.  | ПК-1          |
| 20. Применение инфракрасной спектроскопии в медицине и фармакологии.   | ПК-1          |
| 21. Инфракрасные спектры в исследовании углеводов. Промышленные инфракрасные проточные анализаторы                   | ПК-1          |

### 5.2.2. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. В чем заключается основная специфика систем, функционирующих в среднем и дальнем ИК-диапазоне?
2. Дайте характеристику тепловых излучателей, работающих в системах ИК-оптики.

### 5.2.3. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Нарисовать и обосновать характер равновесной заселённости колебательных и вращательных уровней энергии двухатомной молекулы при  $T \sim 10^3 \text{K}$ . Что изменится для многоатомной молекулы?
2. Найти положение максимума заселённости вращательного спектра двухатомной молекулы.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. А.А.Андронов, Н.Г.Захаров, А.В.Маругин, А.П.Савикин «Новые источники и приемники ИК и терагерцового диапазона» // Учебно-методическое пособие. Н.Новгород, ННГУ, 2007, 95с. <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/27.pdf>
2. Сорокин Ю.М., Ширяев В.С. Оптические потери в световодах. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2000 г. 324 с. – 26 экз.

б) дополнительная литература:

2. П.Г. Крюков, Фемтосекундные импульсы, М.: Физматлит, 2008.

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109413.html>

1. С.А. Ахманов, В.А. Выслоух, А.С. Чиркин, Оптика фемтосекундных лазерных импульсов, М.: Наука, 1988. – 3 экз.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Аудиторный фонд ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ 07.08.2020 № 918).

Автор к.ф.-м.н. доцент Маругин А.В.

Заведующий кафедрой д.ф.-м.н. профессор Бакунов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.