

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Лазерные методы исследования функциональных материалов

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Никитин С.И. (Кафедра физики твердого тела, Отделение физики), Sergey.Nikitin@kpfu.ru

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|------------------|---|
| ПК-2             | Способен свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач, и применять результаты научных исследований в проектной деятельности |

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные достижения и современные направления развития лазерной техники, физические принципы функционирования лазеров, способы получения инверсной заселенности в различных средах, особенности лазерного излучения

Должен уметь:

ориентироваться в современных типах лазеров и их характеристиках

Должен владеть:

навыками по оценке основных параметров лазеров и лазерного излучения

Должен демонстрировать способность и готовность:

Демонстрировать способность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук и навыки работы с информацией из различных источников, а также способность понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований.

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.08.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 24 часа(ов), в том числе лекции - 12 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 48 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 семестре.

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

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

| N  | Разделы дисциплины / модуля   | Се-местр | Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах) |                    |                              |                           |                             |                           | Само-стоя-тельная ра-бота |
|----|---|----------|--|--------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
|    |   |          | Лекции, всего  | Лекции в эл. форме | Практи-ческие занятия, всего | Практи-ческие в эл. форме | Лабора-торные работы, всего | Лабора-торные в эл. форме |                           |
| 1. | Тема 1. Введение. Резонаторы. Спонтанное и вынужденное излучение. Усиление света в средах с инверсией населённости.     | 3        | 2  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 8                         |
| 2. | Тема 2. Режим свободной генерации. Селекция мод и стабилизация частоты. Режим модуляции добротности. Синхронизация мод. | 3        | 2  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 8                         |
| 3. | Тема 3. Основные типы лазеров.  | 3        | 2  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 8                         |
| 4. | Тема 4. Методы атомной спектроскопии.   | 3        | 2  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 8                         |
| 5. | Тема 5. Методы молекулярной спектроскопии   | 3        | 2  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 8                         |
| 6. | Тема 6. Комбинированные методы анализа вещества. Основы спектрофотометрии и рефрактометрии                              | 3        | 2  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 8                         |
|    | Итого   |          | 12   | 0                  | 12                           | 0                         | 0                           | 0                         | 48                        |

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Введение. Резонаторы. Спонтанное и вынужденное излучение. Усиление света в средах с инверсией населённости.

Сравнение лазерных и нелазерных источников света. Основные характеристики лазерного излучения. Временная и пространственная когерентность. Объем когерентности. Параметр вырождения. Параметры и основные типы современных лазеров. История создания лазеров. Тенденции развития современной лазерной техники. Объемные резонаторы. Моды объемного резонатора. Плотность мод поля в резонаторе. Открытые резонаторы. Продольные и поперечные моды. Условие формирования мод. Время жизни фотона в резонаторе. Резкость и добротность резонатора. Гауссовы пучки. Сферические резонаторы. Моды Эрмита-Гаусса и Лагерра-Гаусса. Коэффициенты Эйнштейна и связь между ними. Однородное и неоднородное уширения спектральных линий. Спектральные коэффициенты Эйнштейна. Времена фазовой и энергетической релаксации. Сечение резонансного перехода. Насыщение резонансного перехода. Интенсивность насыщения. Спонтанное излучение атома в микрорезонаторе. Эффект Парсела. Показатели резонансного поглощения и усиления. Инверсия. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Сужение контура линии при прохождении света через среду с инверсией. Полоса пропускания усилителя в линейном режиме. Усиление и эффект насыщения. Длина насыщения. Учет вырождения уровней. Соотношение Фюхтбауэра-Ладенбурга.

###### Тема 2. Режим свободной генерации. Селекция мод и стабилизация частоты. Режим модуляции добротности. Синхронизация мод.

Получение инверсии в 3-х и 4-х уровневой системе уровней. Уравнения Статца-де Марса. Условие лазерной генерации. Выходная мощность излучения лазера в стационарном режиме. Оптимальный коэффициент отражения зеркал. Релаксационные колебания в режиме свободной генерации. Динамические классы лазеров. Методы активной и пассивной модуляции добротности. Акустооптические и электрооптические модуляторы. Характеристики гигантского импульса (время задержки, длительность, энергия). Фазовый портрет лазера в случае модуляции добротности. Безразмерная форма уравнений движения. Модуляция полезных потерь (разгрузка резонатора). Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Критерий и диаграмма устойчивости. Кольцевой резонатор. Многомодовая генерация в системах с однородным и неоднородным уширением. Пространственное выжигание провалов. Методы селекции мод и получения одномодовой генерации. Провалы Бенетта и Лэмба. Стабилизация частоты лазерной генерации. Методы активной и пассивной модуляции добротности. Акустооптические и электрооптические модуляторы. Характеристики гигантского импульса (время задержки, длительность, энергия). Фазовый портрет лазера в случае модуляции добротности. Безразмерная форма уравнений движения. Модуляция полезных потерь (разгрузка резонатора). Особенности многомодовой генерации. Принципы синхронизации продольных мод. Сверхкороткие и предельно короткие лазерные импульсы. Методы компрессии импульсов. Самофокусировка. Усиление импульсов с линейной частотной модуляцией. Методы измерения параметров сверхкоротких импульсов (автокоррелятор, FROG, SPIDER).

### **Тема 3. Основные типы лазеров.**

Особенности накачки в различных средах. Газовые, твердотельные и жидкостные лазеры. Полупроводниковые лазеры. Оптоволоконные лазеры и усилители. Лазеры на свободных электронах. Последние достижения в области получения сверхмощных и предельно коротких световых импульсов, а также лазеров рентгеновского диапазона.

### **Тема 4. Методы атомной спектроскопии.**

Рентгеновская спектроскопия, оптическая спектроскопия и радиоспектроскопия, включающая субмиллиметровую и микроволновую спектроскопию.

Строение атома и оптическая спектроскопия (включает в себя УФ спектроскопию, спектроскопию видимого и ближнего ИК диапазона, ИК спектроскопию среднего и дальнего диапазона).

Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия и дифрактометрия.

### **Тема 5. Методы молекулярной спектроскопии**

Строение молекул и молекулярные спектры (Вращательная спектроскопия, Колебательная спектроскопия, Электронная спектроскопия).

Аналитические методики абсорбционной спектрофотометрии.

Фотолуминесцентная спектроскопия.

Спектроскопия комбинационного рассеяния.

### **Тема 6. Комбинированные методы анализа вещества. Основы спектрофотометрии и рефрактометрии**

Анализ многокомпонентных дисперсных систем.

Фотоакустическая спектроскопия.

Методы детектирования в капиллярном электрофорезе.

Аналитические фотолуминесцентные системы контроля биосистем.

Принципы устройства спектрофотометров.

Промышленные спектрофотометры и принадлежности.

Методы и техника рефрактометрии.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Лазерный портал - <http://www.laser-portal.ru/>

Образовательные материалы НГУ по лазерам и фотонике - <http://www.nsu.ru/srd/lis/russian/lis-teach.htm>

Сайт, посвященный 50 летию открытия лазеров - <http://www.laserfest.org>

#### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

#### **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

#### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Лазерный портал - <http://www.laser-portal.ru/>

Образовательные материалы НГУ по лазерам и фотонике - <http://www.nsu.ru/srd/lis/russian/lis-teach.htm>

Сайт, посвященный 50 летию открытия лазеров - <http://www.laserfest.org>

Список статей УФН по теме "Лазеры" - <http://ufn.ru/ru/pacs/42.55.-f/>

Статья в Википедии - <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D1%80>

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

| Вид работ              | Методические рекомендации   |
|------------------------|---|
| лекции                 | - работа с презентацией (выполнение промежуточных выкладок и упражнений, сформулированных в ходе лекций);<br>- работа с литературой (поиск соответствующих разделов в литературных источниках, изучение примеров решения задач);<br>- работа с источниками в интернете (знакомство с информацией о лазерных системах на сайтах производителей).                             |
| практические занятия   | - анализ лекционного материала;<br>- подготовка к устному опросу;<br>- подготовка презентаций;<br>- работа с литературой (поиск соответствующих разделов в литературных источниках, изучение примеров решения задач. Для наиболее глубокого освоения дисциплины рекомендуется изучать литературу, обозначенную как дополнительная в представленном списке).                 |
| самостоятельная работа | - работа с различными источниками информации: изучение основной и дополнительной литературы, работа со словарями и справочниками, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета;<br>- решение задач, требующих проведения численных расчётов или поиска необходимой информации в различных источниках;<br>- оформление отчёта о проделанной работе. |
| зачет                  | - работа с презентацией (выполнение промежуточных выкладок и упражнений, сформулированных в ходе лекций);<br>- работа с литературой (поиск соответствующих разделов в литературных источниках, изучение примеров решения задач);<br>- работа с источниками в интернете (знакомство с информацией о лазерных системах на сайтах производителей).                             |

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

**12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика перспективных материалов".



Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.08.01 Лазерные методы исследования функциональных  
материалов

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

**Основная литература:**

1. Киселев, Г. Л. Квантовая и оптическая электроника / Г. Л. Киселев. - 6-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 316 с. - ISBN 978-5-507-47285-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/353702> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Борейшо, А. С. Лазеры: устройство и действие / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. - 4-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 304 с. - ISBN 978-5-8114-8994-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/330503> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Богданов, А. В. Волоконные технологические лазеры и их применение / А. В. Богданов, Ю. В. Голубенко. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 236 с. - ISBN 978-5-507-47811-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/327554> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

1. Ходгсон, Н. Лазерные резонаторы и распространение пучков. Основы, современные понятия и прикладные аспекты / Н. Ходгсон, Х. Вебер ; под редакцией С. Г. Струц ; перевод с английского С. А. Бордзиловского. - Москва : ДМК Пресс, 2017. - 744 с. - ISBN 978-5-97060-176-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/93564> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Бертолотти, М. История лазера : научное издание / М. Бертолотти. - 2-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2015. - 336 с. - ISBN 978-5-91559-183-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/500630> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: по подписке.
3. Крюков, П. Г. Лазеры ультракоротких импульсов и их применения : учебное пособие / П.Г. Крюков. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 248 с. - ISBN 978-5-91559-091-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/365088> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: по подписке.
4. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учебное пособие / Д. В. Сивухин. - 3-е изд., стер. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Том 4 : Оптика - 2002. - 792 с. - ISBN 5-9221-0228-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2314> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Бородина, Е. Г. Основы квантовой электроники : учебное пособие / Е. Г. Бородина, В. В. Лентовский. - Санкт-Петербург : БГТУ 'Военмех' им. Д.Ф. Устинова, 2017. - 160 с. - ISBN 978-5-906920-89-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/121835> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Башкиров, А. И. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / А. И. Башкиров. - Москва : ТУСУР, 2012. - 20 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/11104> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Шандаров, С. М. Введение в квантовую и оптическую электронику : учебное пособие / С. М. Шандаров, А. И. Башкиров. - Москва : ТУСУР, 2012. - 98 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5429> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Барышников, В. И. Квантовая электроника : учебно-методическое пособие / В. И. Барышников, Т. А. Колесникова. - Иркутск : ИРГУПС, 2017. - 76 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/134655> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.ДВ.08.01 Лазерные методы исследования функциональных*  
*материалов*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows