

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.10.2023 12:49:17

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Квантовая и оптическая электроника

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**7 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

252

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 6

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

130

часов на контроль

54

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 6 (3.2) |     | Итого |     |
|---|---------|-----|-------|-----|
|   | 18      |     |       |     |
| Неделя                                    | УП      | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                    | 34      | 34  | 34    | 34  |
| Лабораторные                              | 17      | 17  | 17    | 17  |
| Практические                              | 17      | 17  | 17    | 17  |
| Итого ауд.                                | 68      | 68  | 68    | 68  |
| Контактная работа                         | 68      | 68  | 68    | 68  |
| Сам. работа                               | 130     | 130 | 130   | 130 |
| Часы на контроль                          | 54      | 54  | 54    | 54  |
| Итого                                     | 252     | 252 | 252   | 252 |

Программу составил(и):

*к.т.н., доцент, Подгорная Светлана Владимировна*

Рабочая программа

**Квантовая и оптическая электроника**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра технологии материалов электроники**

Протокол от 21.06.2023 г., №10

Руководитель подразделения д.ф.-м.н., профессор Костишин В.Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |   |
|-----|---|
| 1.1 | Сформировать понимание математического аппарата квантовой механики, применяемого для описания физических основ электроники и физической оптики. |
| 1.2 | Углубить знания теории измерений, применяемых в квантовой области.  |
| 1.3 | Ознакомить с теорией квантовых переходов, применяемых для описания процессов генерации лазерного излучения.                                     |
| 1.4 | Ознакомить с принципами дифракционного рассеяния и оптической модели частиц. Рассмотреть аналитические свойства матрицы рассеяния.              |

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| Блок ОП:   |   | Б1.В.ДВ.02 |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>  |            |
| 2.1.1      | Метрология, стандартизация и технические измерения в магнитоэлектронике   |            |
| 2.1.2      | Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике                                    |            |
| 2.1.3      | Статистическая физика   |            |
| 2.1.4      | Физические свойства кристаллов  |            |
| 2.1.5      | Основы квантовой механики   |            |
| 2.1.6      | Практическая кристаллография  |            |
| 2.1.7      | Учебная практика по получению первичных профессиональных умений   |            |
| 2.1.8      | Учебная практика по получению первичных профессиональных умений   |            |
| 2.1.9      | Физика  |            |
| 2.1.10     | Физическая химия  |            |
| 2.1.11     | Математика  |            |
| 2.1.12     | Органическая химия  |            |
| 2.1.13     | Химия   |            |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |            |
| 2.2.1      | Ионно-плазменная обработка материалов   |            |
| 2.2.2      | Компьютерные технологии проектирования процессов наноэлектроники  |            |
| 2.2.3      | Материаловедение ферритов и родственных магнитных систем  |            |
| 2.2.4      | Научно-исследовательская работа   |            |
| 2.2.5      | Научно-исследовательская работа   |            |
| 2.2.6      | Основы проектирования электронной компонентной базы. Пакеты прикладных программ                                       |            |
| 2.2.7      | Основы технологии электронной компонентной базы. Технология тонких пленок   |            |
| 2.2.8      | Полевые полупроводниковые приборы   |            |
| 2.2.9      | Приемники оптического излучения   |            |
| 2.2.10     | Физика импульсного отжига   |            |
| 2.2.11     | Физико-математические модели процессов наноэлектроники  |            |
| 2.2.12     | Физические основы электроники   |            |
| 2.2.13     | Вакуумная и плазменная электроника  |            |
| 2.2.14     | Квантоворазмерные структуры в наноэлектронике   |            |
| 2.2.15     | Магнитные измерения   |            |
| 2.2.16     | Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики                          |            |
| 2.2.17     | Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники                                      |            |
| 2.2.18     | Наноэлектроника полупроводниковых приборов и устройств  |            |
| 2.2.19     | Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики   |            |
| 2.2.20     | Основы технологии электронной компонентной базы   |            |
| 2.2.21     | Приборы квантовой и оптической электроники  |            |
| 2.2.22     | Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности                  |            |
| 2.2.23     | Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности                  |            |
| 2.2.24     | Процессы вакуумной и плазменной электроники   |            |
| 2.2.25     | Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики   |            |
| 2.2.26     | Методы математического моделирования  |            |

|        |  |
|--------|--|
| 2.2.27 | Методы характеристики полупроводниковых материалов и структур  |
| 2.2.28 | Моделирование процессов и устройств полупроводниковой электроники  |
| 2.2.29 | Оформление результатов научной деятельности  |
| 2.2.30 | Силовые полупроводниковые приборы  |
| 2.2.31 | Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур   |
| 2.2.32 | Физика квантоворазмерных полупроводниковых композиций  |
| 2.2.33 | Физика наноструктур  |
| 2.2.34 | Физико-химия и технология наноструктур   |
| 2.2.35 | Высоковакуумное оборудование в нанoeлектронике   |
| 2.2.36 | Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники  |
| 2.2.37 | Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники                       |
| 2.2.38 | Микросхемотехника  |
| 2.2.39 | Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии  |
| 2.2.40 | Неразрушающие методы контроля процессов формирования гетерокомпозиций                                      |
| 2.2.41 | Планирование научной деятельности  |
| 2.2.42 | Приборные структуры на некристаллических материалах  |
| 2.2.43 | Приборные структуры на широкозонных полупроводниках  |
| 2.2.44 | Приборы и устройства магнитоэлектроники  |
| 2.2.45 | Приборы и устройства на основе наносистем  |
| 2.2.46 | Программирование микроконтроллеров   |
| 2.2.47 | Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах Часть 1                             |
| 2.2.48 | Технология наногетероструктур  |
| 2.2.49 | Конструирование светоизлучающих устройств  |
| 2.2.50 | Магнитные наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии  |
| 2.2.51 | Нормы и правила оформления ВКР   |
| 2.2.52 | Оборудование для производства наногетероструктурных солнечных элементов                                    |
| 2.2.53 | Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства |
| 2.2.54 | Радиационно-технологические процессы в электронике   |
| 2.2.55 | Технологии материалов для радиопоглощения и электромагнитного экранирования                                |
| 2.2.56 | Физика и техника магнитной записи  |
| 2.2.57 | Физика СВЧ полупроводниковых приборов  |
| 2.2.58 | Электроника органических полупроводников (материалы, технологии, приборы)                                  |
| 2.2.59 | Электронные и оптические свойства широкозонных соединений A2B6   |
| 2.2.60 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы                                   |
| 2.2.61 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы                                   |
| 2.2.62 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы                                    |
| 2.2.63 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы                                    |

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники**

**Знать:**

ПК-4-31 Применение аппарата квантовой механики в лазерной технике.

**ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники**

**Знать:**

ПК-3-31 Понятный аппарат квантовой механики

**ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности**

**Знать:**

ОПК-1-31 методы естественных наук

**ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники**

|   |
|---|
| <b>Уметь:</b>   |
| ПК-4-У1 Анализировать решения задач механики квантовой частицы.   |
| <b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>                               |
| <b>Уметь:</b>   |
| ПК-3-У1 Решать модельные задачи механики квантовой частицы  |
| <b>ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b> |
| <b>Уметь:</b>   |
| ОПК-1-У1 использовать положения естественных наук   |
| <b>ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники</b>                                 |
| <b>Владеть:</b>   |
| ПК-4-В1 Методами научного познания при решении профессиональных задач в области квантовой механики.                                     |
| <b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>                               |
| <b>Владеть:</b>   |
| ПК-3-В1 Формами научного познания при формулировании профессиональных задач в области квантовой механики.                               |
| <b>ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b> |
| <b>Владеть:</b>   |
| ОПК-1-В1 законами математики для решения задач инженерной деятельности  |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/   | Семестр / Курс | Часов | Формируемые индикаторы компетенций | Литература и эл. ресурсы       | Примечание | КМ | Выполняемые работы |
|-------------|---|----------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|------------|----|--------------------|
|             | <b>Раздел 1. Изображение механических величин операторами</b>   |                |       |                                    |                                |            |    |                    |
| 1.1         | Линейные самосопряжённые операторы. Общая формула для среднего значения величины и для среднего квадратичного отклонения /Лек/                | 6              | 2     | ПК-3-В1 ПК-4-31                    | Л1.1Л2.1Л3.<br>2<br>Э1         |            |    |                    |
| 1.2         | Собственные значения и собственные функции операторов и их физический смысл. Общий метод вычисления вероятностей результатов измерения. /Лек/ | 6              | 2     | ОПК-1-31<br>ОПК-1-У1 ПК-4-У1       | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1         |            |    |                    |
| 1.3         | Операторы координаты, импульса, момента импульса микрочастицы. Оператор энергии и функция Гамильтона. /Лек/                                   | 6              | 2     | ПК-4-В1                            | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1         |            |    |                    |
| 1.4         | Работа с математическим аппаратом квантовой механики. /Пр/  | 6              | 5     | ОПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-В1           | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1         |            |    |                    |
| 1.5         | Усвоение теоретического материала. Выполнение домашнего задания. /Ср/   | 6              | 10    | ПК-4-В1                            | Л1.2<br>Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |            |    |                    |
|             | <b>Раздел 2. Изменения состояния во времени</b>   |                |       |                                    |                                |            |    |                    |

|     |   |   |    |                 |                        |  |  |  |
|-----|---|---|----|-----------------|------------------------|--|--|--|
| 2.1 | Уравнение Шредингера. Сохранения частиц. Стационарные состояния. Связь квантовой механики с классической механикой и оптикой. Переход от квантовых уравнений к уравнениям Ньютона. /Лек/                | 6 | 4  | ПК-4-В1         | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 2.2 | Переход от временного уравнения Шредингера к уравнению Гамильтона-Якоби. Квантовая механика и оптика. Производные операторов по времени. /Лек/  | 6 | 4  | ПК-4-31 ПК-4-В1 | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 2.3 | Работа с математическим аппаратом квантовой механики. Уравнения движения. Теоремы Эренфеста. Интегралы движения. /Пр/   | 6 | 5  | ПК-3-У1 ПК-4-31 | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 2.4 | Усвоение теоретического материала /Ср/  | 6 | 15 | ПК-3-В1 ПК-4-У1 | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
|     | <b>Раздел 3. Теория представлений</b>   |   |    |                 |                        |  |  |  |
| 3.1 | Различные представления состояния квантовой системы. представления операторов, изображающих механические величины. Матрицы и действия над ними. Определения среднего значения и спектра величины. /Лек/ | 6 | 2  | ПК-3-31         | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 3.2 | Уравнение Шредингера и зависимость операторов от времени в матричной форме. Унитарные преобразования. Матрица рассеяния. Гайзенберговское представление взаимодействия. Матрица плотности. /Лек/        | 6 | 4  | ПК-4-31 ПК-4-В1 | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 3.3 | Работа с математическим аппаратом квантовой механики. /Пр/  | 6 | 3  | ПК-4-31 ПК-4-В1 | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 3.4 | Усвоение теоретического материала /Ср/  | 6 | 13 | ПК-3-В1 ПК-4-У1 | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 3.5 | Моделирование квантовых эффектов /Лаб/  | 6 | 6  | ПК-4-У1         | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
|     | <b>Раздел 4. Теория движения микрочастиц в поле потенциальных сил</b>   |   |    |                 |                        |  |  |  |
| 4.1 | Гармонический осциллятор и его энергетическое представление. Движение в поле центральной силы. Движение в кулоновском поле. Спектр и волновые функции атома водорода /Лек/                              | 6 | 2  | ПК-4-31         | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |

|     |   |   |    |                 |                        |  |  |  |
|-----|---|---|----|-----------------|------------------------|--|--|--|
| 4.2 | Движение электрона в одновалентных атомах. Магнетрон. Квантовые уровни двухатомной молекулы. Движение электрона в периодическом поле. /Лек/                               | 6 | 2  | ПК-3-31 ПК-4-31 | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 4.3 | Работа с математическим аппаратом квантовой механики. /Пр/  | 6 | 2  | ПК-3-У1 ПК-4-У1 | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 4.4 | Усвоение теоретического материала. /Ср/   | 6 | 10 | ПК-3-У1 ПК-4-31 | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
|     | <b>Раздел 5. Собственный механический и магнитный момент электрона</b>  |   |    |                 |                        |  |  |  |
| 5.1 | Оператор спина электрона. Спиновые функции. Уравнение Паули. Расщепление спектральных линий в магнитном поле. /Лек/   | 6 | 2  | ПК-3-31         | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 5.2 | Движение спина в переменном магнитном поле. Свойство полного момента импульса. Нумерация термов атома с учётом спина электрона. Мультиплетная структура спектров. /Лек/   | 6 | 2  | ПК-4-31 ПК-4-В1 | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 5.3 | Проведение математического эксперимента. /Лаб/  | 6 | 4  | ПК-3-В1 ПК-4-У1 | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 5.4 | Усвоение теоретического материала /Ср/  | 6 | 10 | ПК-4-У1         | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 5.5 | Работа с математическим аппаратом квантовой механики. /Пр/  | 6 | 1  | ПК-3-В1 ПК-4-31 | Л1.3Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 |  |  |  |
|     | <b>Раздел 6. Теория возмущений</b>  |   |    |                 |                        |  |  |  |
| 6.1 | Возмущение в отсутствие возмущения. Возмущение при наличии вырождения. Расщепление уровней в случае двукратного вырождения. /Лек/   | 6 | 4  | ПК-4-У1         | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 6.2 | Математический эксперимент. Ангармонический осциллятор. Расщепление спектральных линий в электрическом поле. Расщепление спектральных линий в слабом магнитном поле. /Ср/ | 6 | 12 | ПК-4-31         | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 6.3 | Усвоение теоретического материала. /Ср/   | 6 | 15 | ПК-3-У1 ПК-4-У1 | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 6.4 | Работа с математическим аппаратом квантовой механики. /Пр/  | 6 | 1  | ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |

| <b>Раздел 7. Теория квантовых переходов</b> |   |   |    |                         |                        |  |  |  |
|---|---|---|----|-------------------------|------------------------|--|--|--|
| 7.1   | Вероятности переходов под влиянием возмущения, зависящее от времени. Переходы под влиянием возмущения, не зависящего от времени. /Лек/  | 6 | 2  | ПК-4-31                 | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 7.2   | Поглощение и излучение света. Коэффициенты излучения и поглощения. Принцип соответствия. Правила отбора для дипольного излучения. Интенсивности в спектре излучения. Дисперсия. Комбинационное рассеяние. Нелинейная оптика. /Ср/ | 6 | 15 | ПК-3-В1 ПК-4-У1         | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 7.3   | Учёт изменения фазы электромагнитного поля волны внутри атома. Квадропольное излучение. Фотоэлектрический эффект. /Ср/  | 6 | 15 | ПК-4-У1 ПК-4-В1         | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 7.4   | Усвоение теоретического материала. /Ср/   | 6 | 15 | ПК-3-31 ПК-3-В1 ПК-4-У1 | Л1.3Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |
| 7.5   | Определение параметров лазерного излучения. /Лаб/   | 6 | 7  | ПК-3-31                 | Л1.2Л2.1Л3.<br>2<br>Э1 |  |  |  |

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

| Код КМ | Контрольное мероприятие | Проверяемые индикаторы компетенций | Вопросы для подготовки |
|--------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|
|        |                         |                                    |                        |



|     |                    |                            |  |
|-----|--------------------|----------------------------|--|
| KM1 | Экзамен            | ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | <p>Изображение механических величин операторами.<br/>         Линейные самосопряжённые операторы. Общая формула для среднего значения величины и для среднего квадратичного отклонения.<br/>         Собственные значения и собственные функции операторов и их физический смысл.<br/>         Общий метод вычисления вероятностей результатов измерения.<br/>         Операторы координаты, импульса, момента импульса микрочастицы.<br/>         Оператор энергии и функция Гамильтона.<br/>         Изменения состояния во времени.<br/>         Уравнение Шредингера. Сохранения частиц. Стационарные состояния.<br/>         Производные операторов по времени.<br/>         Уравнения движения. Теоремы Эренфеста. Интегралы движения.<br/>         Связь квантовой механики с классической механикой и оптикой.<br/>         Переход от квантовых уравнений к уравнениям Ньютона. Переход от временного уравнения Шредингера к уравнению Гамильтона-Якоби.<br/>         Квантовая механика и оптика.<br/>         Теория представлений.<br/>         Различные представления состояния квантовой системы. представления операторов, изображающих механические величины. матрицы.<br/>         Матрицы и действия над ними. Определения среднего значения и спектра величины.<br/>         Уравнение Шредингера и зависимость операторов от времени в матричной форме. Унитарные преобразования.<br/>         Матрица рассеяния. Гайзенберговское представление взаимодействия. Матрица плотности.<br/>         Теория движения микрочастиц в поле потенциальных сил.<br/>         Гармонический осциллятор и его энергетическое представление.<br/>         Движение в поле центральной силы.<br/>         Движение в кулоновском поле. Спектр и волновые функции атома водорода.</p> |
| KM2 | Контрольная работа | ОПК-1-В1                   | <p>Движение электрона в одновалентных атомах. Магнетрон.<br/>         Квантовые уровни двухатомной молекулы. Движение электрона в периодическом поле.<br/>         Собственный механический и магнитный момент электрона.<br/>         Оператор спина электрона. Спиновые функции.<br/>         Уравнение Паули. Расщепление спектральных линий в магнитном поле.<br/>         Движение спина в переменном магнитном поле. Свойство полного момента импульса.<br/>         Нумерация термов атома с учётом спина электрона. Мультиплетная структура спектров.<br/>         Теория возмущений.<br/>         Возмущение в отсутствие возмущения. Возмущение при наличии вырождения.<br/>         Расщепление уровней в случае двукратного вырождения.<br/>         Ангармонический осциллятор. Расщеплении спектральных линий в электрическом поле.<br/>         Расщепление спектральных линий в слабом магнитном поле.<br/>         Теория квантовых переходов.<br/>         Вероятности переходов под влиянием возмущения, зависящее от времени.<br/>         Переходы под влиянием возмущения, не зависящего от времени.<br/>         Поглощение и излучение света. Коэффициенты излучения и поглощения.</p>   |

|  |
|--|
| <b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.</b>   |
| Расчётное домашнее задание, выдаваемое преподавателем индивидуально (ПК-2.3-31, ПК-2.3-32, ПК-2.3-У1, ПК-2.3-У2, ПК-2.3-В1, ОПК-4.1-31, ОПК-4.1-32, ОПК-4.1-У1, ОПК-4.1-У2, ОПК-4.1-В2).<br>Лабораторные работы:<br>- определение КПД квантового генератора (ПК-2.3-31, ПК-2.3-32, ПК-2.3-В1, ОПК-4.1-31, ОПК-4.1-32, ОПК-4.1-У1, ОПК-4.1-У2, ОПК-4.1-В2);<br>- определение коэффициента усиления (ПК-2.3-31, ПК-2.3-32, ПК-2.3-В1, ОПК-4.1-31, ОПК-4.1-32, ОПК-4.1-У1, ОПК-4.1-У2, ОПК-4.1-В2). |
| <b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>   |
| Пример экзаменационного билета дан в приложении. Экзаменационные билеты хранятся на кафедре.   |
| <b>5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)</b>  |
| В конце учебной программы предусмотрен зачёт с оценкой.<br>Оценка зачёта формируется из оценки индивидуального домашнего задания и защиты результатов лабораторных работ.  |

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

|      | Авторы, составители | Заглавие   | Библиотека       | Издательство, год           |
|------|---------------------|--|------------------|-----------------------------|
| Л1.1 | Тань Аошуан         | Учебник современного китайского разговорного языка: учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Восточные яз. и литература" | Библиотека МИСиС | М.: Наука. Вост. лит., 1988 |
| Л1.2 | Шалимова К. В.      | Физика полупроводников: учебник для вузов по спец. 'Полупроводниковые и микрорелектрон. приборы'                         | Библиотека МИСиС | М.: Энергия, 1976           |
| Л1.3 | Шалимова К. В.      | Физика полупроводников: Учебник для вузов по спец. 'Полупроводниковые и микрорелектрон. приборы'                         | Библиотека МИСиС | М.: Энергоатомиздат, 1985   |

#### 6.1.2. Дополнительная литература

|      | Авторы, составители | Заглавие                            | Библиотека       | Издательство, год |
|------|---------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------|
| Л2.1 | Сивухин Д. В.       | Т.5.: Атомная и ядерная физика. Ч.1 | Библиотека МИСиС | , 1986            |

#### 6.1.3. Методические разработки

|      | Авторы, составители  | Заглавие  | Библиотека             | Издательство, год   |
|------|--|---|------------------------|---------------------|
| Л3.1 | Гинзбург В. Л.,<br>Левин Л. М.,<br>Сивухин Д. В.,<br>Яковлев И. А.                     | Сборник задач по молекулярной физике  | Электронная библиотека | Москва: Наука, 1976 |
| Л3.2 | Гинзбург В. Л.,<br>Левин Л. М.,<br>Рабинович М. С.,<br>Сивухин Д. В.,<br>Сивухин Д. В. | Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц: Для физ. спец. вузов. В 5-ти кн. | Библиотека МИСиС       | М.: Наука, 1981     |

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

|    |  |              |
|----|--|--------------|
| Э1 |  | lms.misis.ru |
|----|--|--------------|

### 6.3 Перечень программного обеспечения

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| П.1 | Win Pro 10 32-bit/64-bit |
| П.2 | LMS Canvas               |

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд. | Назначение | Оснащение |
|------|------------|-----------|
|------|------------|-----------|

|                                |  |   |
|--------------------------------|--|---|
| К-418                          | Лаборатория  | многофункциональный твердотельный лазерный комплекс   |
| Любой корпус<br>Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |
| Любой корпус<br>Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |
| Читальный зал №3 (Б)           |  | комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.    |

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Проведение лекций и практических занятий осуществляется исключительно в аудиториях, обеспеченных мультимедийным оборудованием, с возможностью показа презентаций и видеофильмов.

Лекционные занятия нацелены на изучение студентами фундаментальных основ квантовой оптики.

Практические занятия должны быть нацелены на изучение особенностей реального технологического и исследовательского оборудования, особенностей и технологических ограничений, а также способов их преодоления.

Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint);

- при проведении практических занятий допускается использование проприетарного ПО, входящего в состав технологического и исследовательского оборудования.

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе.

Подготовка к контрольным работам проводится в часы самостоятельной работы и, при необходимости, в часы консультаций лектора.

По курсу предусмотрено выполнение расчётного домашнего задания и проведения зачёта с оценкой.

Материалы курса (презентации лекций, рекомендуемая литература, видеоматериалы и др.) приводятся в системе LMS Canvas по мере освоения дисциплины.