

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:45

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)

# Нелинейные кристаллы

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 11

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

93

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | <b>11 (6.1)</b> |     | Итого |     |
|---|-----------------|-----|-------|-----|
|   | 18              |     |       |     |
| Неделя                                    | 18              |     |       |     |
| Вид занятий                               | УП              | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                    | 17              | 17  | 17    | 17  |
| Практические                              | 34              | 34  | 34    | 34  |
| Итого ауд.                                | 51              | 51  | 51    | 51  |
| Контактная работа                         | 51              | 51  | 51    | 51  |
| Сам. работа                               | 93              | 93  | 93    | 93  |
| Часы на контроль                          | 36              | 36  | 36    | 36  |
| Итого                                     | 180             | 180 | 180   | 180 |

Программу составил(и):

*дфмн, проф., Сметанин Сергей Николаевич*

Рабочая программа

**Нелинейные кристаллы**

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 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-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:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков**

Протокол от 21.06.2023 г., №12-22/23

Руководитель подразделения Пархоменко Ю.Н.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |  |
|-----|--|
| 1.1 | Цель освоения дисциплины - формирование компетенций в соответствии с учебным планом; изучение свойств активированных и нелинейно-оптических кристаллов для разработки кристаллических активных элементов квантовой электроники; ознакомление с современным состоянием и перспективами развития данной области знаний. Дисциплина рассматривает современный подход к описанию лазерных и нелинейных кристаллов в квантовой электронике, что поможет в дальнейшем решать ряд инженерных задач, связанных с разработкой и обслуживанием современных кристаллических активных элементов квантовой электроники любого назначения. |
|-----|--|

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| Блок ОП:   |   | Б1.В.ДВ.38 |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>  |            |
| 2.1.1      | Высокотемпературные и сверхтвердые покрытия   |            |
| 2.1.2      | Дифракционные и микроскопические методы   |            |
| 2.1.3      | Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур  |            |
| 2.1.4      | Кристаллы в квантовой электронике   |            |
| 2.1.5      | Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки   |            |
| 2.1.6      | Неразрушающий контроль и методы диагностики материалов  |            |
| 2.1.7      | Огнеупорные материалы   |            |
| 2.1.8      | Оптические элементы лазерных систем   |            |
| 2.1.9      | Основы физической, биоорганической и коллоидной химии   |            |
| 2.1.10     | Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности                  |            |
| 2.1.11     | Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности                  |            |
| 2.1.12     | Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности                  |            |
| 2.1.13     | Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности                  |            |
| 2.1.14     | Углеродные, углерод-углеродные и углерод-карбидокремниевые материалы  |            |
| 2.1.15     | Управление качеством материалов и экспертиза металлопродукции   |            |
| 2.1.16     | Фазовые превращения при получении металлов и соединений   |            |
| 2.1.17     | Введение в органическую электронику   |            |
| 2.1.18     | Высокотемпературные материалы   |            |
| 2.1.19     | Инструментальные стали  |            |
| 2.1.20     | Компьютерное моделирование материалов и процессов   |            |
| 2.1.21     | Математические методы моделирования физических процессов  |            |
| 2.1.22     | Металловедение сварки   |            |
| 2.1.23     | Наноструктурные термоэлектрики  |            |
| 2.1.24     | Проблемы нанотехнологий   |            |
| 2.1.25     | Структура и свойства функциональных наноматериалов  |            |
| 2.1.26     | Технология термической обработки  |            |
| 2.1.27     | Физика дифракции  |            |
| 2.1.28     | Функциональные материалы электроники  |            |
| 2.1.29     | Материалы для биомедицины   |            |
| 2.1.30     | Междисциплинарные задачи материаловедения   |            |
| 2.1.31     | Методы испытания магнитных материалов   |            |
| 2.1.32     | Мехатроника   |            |
| 2.1.33     | Наноматериалы в современной твердотельной электронике   |            |
| 2.1.34     | Порошковая металлургия и процессы обработки материалов  |            |
| 2.1.35     | Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов  |            |
| 2.1.36     | Физика и техника высоких давлений   |            |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |            |
| 2.2.1      | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |            |
| 2.2.2      | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |            |
| 2.2.3      | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |            |
| 2.2.4      | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |            |
| 2.2.5      | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы   |            |

|       |   |
|-------|---|
| 2.2.6 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы |
| 2.2.7 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы |
| 2.2.8 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы |

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

**ПК-5: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов при разработке технологии производства материалов различного назначения**

**Знать:**

ПК-5-31 Способен находить и получать необходимые данные о известных нелинейно-оптических кристаллах; имеет знания основ расчета характеристик нелинейно-оптических преобразователей оптической частоты на кристаллах.

**Уметь:**

ПК-5-У1 Прогнозировать возможности применения нелинейно-оптических кристаллов в качестве активных элементов современной квантовой электроники; осуществлять и обосновывать рациональный выбор нелинейно-оптических материалов для создания оптических элементов квантовой электроники с заданными свойствами и характеристиками.

**Владеть:**

ПК-5-В1 Способен осуществлять моделирование нелинейно-оптических устройств на кристаллах.

### 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. Кристаллы в нелинейной оптике сред с квадратичной нелинейностью</b>     |                |       |                                    |                          |            |     |                    |
| 1.1         | Квадратичная нелинейность в кристаллах /Лек/   | 11             | 2     | ПК-5-31                            | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э3 Э6     |            |     |                    |
| 1.2         | Двулучепреломление и фазовый синхронизм /Лек/  | 11             | 2     | ПК-5-31                            | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э3 Э6     |            |     |                    |
| 1.3         | Обзор и характеристика квадратично-нелинейных кристаллов /Лек/                       | 11             | 2     | ПК-5-31                            | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э3 Э6     |            |     |                    |
| 1.4         | Преобразование частоты лазерного излучения в квадратично-нелинейных кристаллах /Лек/ | 11             | 3     | ПК-5-31                            | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э3 Э6     |            |     |                    |
| 1.5         | Расчет генерации второй гармоники в кристаллах /Пр/                                  | 11             | 2     | ПК-5-У1 ПК-5-В1                    | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э2 Э6 |            |     |                    |
| 1.6         | Расчет генерации суммарной частоты в кристаллах /Пр/                                 | 11             | 2     | ПК-5-У1 ПК-5-В1                    | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э4 Э6 |            |     | Р1                 |
| 1.7         | Расчет генерации разностной частоты в кристаллах /Пр/                                | 11             | 4     | ПК-5-У1 ПК-5-В1                    | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э5 Э6 |            |     |                    |
| 1.8         | Расчет параметрической генерации света в кристаллах /Пр/                             | 11             | 4     | ПК-5-У1 ПК-5-В1                    | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э2 Э6 |            |     | Р2                 |
| 1.9         | Контрольная работа № 1 /Пр/  | 11             | 2     | ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1            | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э3 Э6 |            | КМ1 |                    |
| 1.10        | Подготовка к лекциям и практическим занятиям /Ср/                                    | 11             | 46    | ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1            | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э3 Э6 |            |     |                    |
|             | <b>Раздел 2. Кристаллы в нелинейной оптике сред с кубичной нелинейностью</b>         |                |       |                                    |                          |            |     |                    |
| 2.1         | Кубичная нелинейность и фазовый синхронизм /Лек/                                     | 11             | 2     | ПК-5-31                            | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э3 Э6     |            |     |                    |

|      |  |    |    |                         |                          |  |  |     |
|------|--|----|----|-------------------------|--------------------------|--|--|-----|
| 2.2  | Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР) /Лек/   | 11 | 2  | ПК-5-31                 | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э3 Э6     |  |  |     |
| 2.3  | Обзор и характеристика ВКР-активных кристаллов /Лек/   | 11 | 2  | ПК-5-31                 | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э3 Э6     |  |  |     |
| 2.4  | Преобразование частоты лазерного излучения в кубично-нелинейных ВКР-активных кристаллах /Лек/  | 11 | 2  | ПК-5-31                 | Л1.1Л2.1<br>Э1 Э3 Э6     |  |  |     |
| 2.5  | Расчет однопроходного ВКР-преобразования частоты лазерного излучения в кристаллах /Пр/   | 11 | 4  | ПК-5-У1 ПК-5-В1         | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э2 Э6 |  |  | Р3  |
| 2.6  | Расчет внешнерезонаторного ВКР-преобразования частоты лазерного излучения в кристаллах /Пр/  | 11 | 4  | ПК-5-У1 ПК-5-В1         | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э4 Э6 |  |  |     |
| 2.7  | Расчет внутриврезонаторного ВКР-преобразования в нелинейных кристаллах и ВКР-самопреобразования непосредственно в лазерных кристаллах /Пр/ | 11 | 4  | ПК-5-У1 ПК-5-В1         | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э5 Э6 |  |  | Р4  |
| 2.8  | Расчет комбинационно-параметрического преобразования частоты лазерного излучения в кристаллах /Пр/   | 11 | 4  | ПК-5-У1 ПК-5-В1         | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э2 Э6 |  |  |     |
| 2.9  | Контрольная работа № 2 /Пр/  | 11 | 4  | ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э3 Э6 |  |  | КМ2 |
| 2.10 | Подготовка к лекциям и практическим занятиям /Ср/  | 11 | 47 | ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 | Л1.1Л2.1Л3.1<br>Э1 Э3 Э6 |  |  |     |

### 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  |
|--------|--|------------------------------------|---|
| КМ1    | Контрольная работа № 1. Преобразование частоты лазерного излучения в квадратично-нелинейных кристаллах.          | ПК-5-31;ПК-5-У1                    | Расчет преобразования частоты лазерного излучения в квадратично-нелинейных кристаллах по индивидуальному заданию преподавателя. |
| КМ2    | Контрольная работа № 2. Преобразование частоты лазерного излучения в кубично-нелинейных ВКР-активных кристаллах. | ПК-5-31;ПК-5-У1                    | Расчет преобразования частоты лазерного излучения в кубично-нелинейных ВКР-кристаллах по индивидуальному заданию преподавателя. |

|     |         |                 |   |
|-----|---------|-----------------|---|
| КМЗ | Экзамен | ПК-5-31;ПК-5-У1 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Двухлучепреломление и фазовый синхронизм в одноосном кристалле.</li> <li>2. Двухлучепреломление и фазовый синхронизм в двуосном кристалле.</li> <li>3. Угловая ширина фазового синхронизма и эффект сноса.</li> <li>4. Кристалл KDP в нелинейной оптике.</li> <li>5. Кристалл ВВО в нелинейной оптике.</li> <li>6. Кристалл LiNbO<sub>3</sub> в нелинейной оптике.</li> <li>7. Кристалл КТР в нелинейной оптике.</li> <li>8. Кристалл LBO в нелинейной оптике.</li> <li>9. Эффект вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР).</li> <li>10. Кристалл Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> в нелинейной оптике.</li> <li>11. Кристалл KGd(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> в нелинейной оптике.</li> <li>12. Кристалл BaWO<sub>4</sub> в нелинейной оптике.</li> <li>13. Кристалл CaCO<sub>3</sub> в нелинейной оптике.</li> <li>14. CVD-алмаз в нелинейной оптике.</li> <li>15. Расчет характеристик однорезонаторного параметрического генератора света на кристалле ZnGeP<sub>2</sub> (ZGP) с наносекундной накачкой.</li> <li>16. Расчет характеристик однопроходного параметрического генератора света на кристалле CdSiP<sub>2</sub> (CSP) с пикосекундной накачкой.</li> <li>17. Расчет характеристик пикосекундного генератора разностной частоты на кристалле CdSe (CDSE).</li> <li>18. Расчет характеристик генератора суммарной частоты на кристалле LiB<sub>3</sub>O<sub>5</sub> (LBO) для пикосекундного неодимового лазера, генерирующего на основной и второй гармонике.</li> <li>19. Расчет характеристик наносекундного генератора разностной частоты на кристалле KTiOAsO<sub>4</sub> (KTA).</li> <li>20. Расчет характеристик генератора суммарной частоты на кристалле KN<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (KDP) для наносекундного неодимового лазера, генерирующего на основной и второй гармонике.</li> <li>21. Расчет характеристик генератора второй гармоники на кристалле LiNbO<sub>3</sub> для нано-секундного неодимового лазера.</li> <li>22. Расчет характеристик внешнерезонаторного ВКР-преобразователя частоты лазерного излучения на кристалле KGd(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (KGW) с наносекундной накачкой.</li> <li>23. Расчет характеристик однопроходного ВКР-преобразователя частоты лазерного излучения на кристалле Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> с пикосекундной накачкой.</li> <li>24. Расчет характеристик однопроходного ВКР-преобразователя частоты лазерного излучения на кристалле BaWO<sub>4</sub> с наносекундной накачкой.</li> <li>25. Расчет характеристик внешнерезонаторного ВКР-преобразователя частоты лазерного излучения на кристалле CVD-алмаза с непрерывной накачкой.</li> <li>26. Расчет характеристик генератора второй гармоники на кристалле KTiOPO<sub>4</sub> (KTP) для пикосекундного неодимового лазера.</li> </ol> |
|-----|---------|-----------------|---|

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

| Код работы | Название работы  | Проверяемые индикаторы компетенций | Содержание работы  |
|------------|--|------------------------------------|--|
| P1         | Практическая работа № 1. Нелинейно-оптическое преобразование с увеличением частоты в квадратично-нелинейном кристалле. | ПК-5-У1;ПК-5-В1                    | Расчет нелинейно-оптического преобразования с увеличением частоты в квадратично-нелинейном кристалле по индивидуальному заданию преподавателя. |

|    |  |                 |  |
|----|--|-----------------|--|
| P2 | Практическая работа № 2. Нелинейно-оптическое преобразование с уменьшением частоты в квадратично-нелинейном кристалле. | ПК-5-У1;ПК-5-В1 | Расчет нелинейно-оптического преобразования с уменьшением частоты в квадратично-нелинейном кристалле по индивидуальному заданию преподавателя. |
| P3 | Практическая работа № 3. Однопроходное ВКР в кристаллах.   | ПК-5-У1;ПК-5-В1 | Расчет однопроходного ВКР-преобразования в кристаллах.   |
| P4 | Практическая работа № 4. ВКР-преобразование в оптическом резонаторе.   | ПК-5-У1;ПК-5-В1 | Расчет ВКР-преобразования в кристалле, помещенном в оптических резонатор.  |

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов и одной задачи. Задачи в билетах являются типовыми и подобными решаемым в процессе освоения дисциплины. Билеты хранятся на кафедре.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Промежуточная аттестация - выполнение всех контрольных работ. В случае невыполнения защита невыполненных работ переносится на экзамен в дополнение к экзаменационному билету.

Экзаменационная оценка формируется как среднеарифметическая из оценок за ответ на экзамене и за контрольные работы в процессе освоения дисциплины.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

|      | Авторы, составители            | Заглавие  | Библиотека       | Издательство, год      |
|------|--------------------------------|---|------------------|------------------------|
| Л1.1 | Блистанов Александр Алексеевич | Кристаллы квантовой и нелинейной оптики: учебное пособие для студ. вузов спец. - 'Микроэлектроника и твердотельная электроника', 'Электроника и микроэлектроника' | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2007 |

#### 6.1.2. Дополнительная литература

|      | Авторы, составители | Заглавие                                      | Библиотека             | Издательство, год |
|------|---------------------|---|------------------------|-------------------|
| Л2.1 | Шандаров С. М.      | Введение в нелинейную оптику: учебное пособие | Электронная библиотека | Томск: ТУСУ, 2012 |

#### 6.1.3. Методические разработки

|      | Авторы, составители  | Заглавие                                   | Библиотека             | Издательство, год      |
|------|--|--|------------------------|------------------------|
| Л3.1 | Переломова Наталья Владиславовна, Тагиева Марианна Мамедовна, Пархоменко Юрий Николаевич | Кристаллофизика: сборник задач с решениями | Электронная библиотека | М.: Изд-во МИСиС, 2013 |

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

|    |   |   |
|----|---|---|
| Э1 | Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС                       | <a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>                                   |
| Э2 | База данных Scopus  | <a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>   |
| Э3 | Электронная библиотека Elibrary                                   | <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>   |
| Э4 | IEEE Digital Library  | <a href="http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a> |
| Э5 | Цифровая Библиотека SPIE  | <a href="http://spiedigitallibrary.org">http://spiedigitallibrary.org</a>                           |
| Э6 | Технические консультационные услуги и обучение в области фотоники | <a href="http://www.as-photonics.com/">http://www.as-photonics.com/</a>                             |

**6.3 Перечень программного обеспечения**

|     |   |
|-----|---|
| П.1 | Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr |
| П.2 | Win Pro 10 32-bit/64-bit  |
| П.3 | Creative Cloud for teams All Apps Multiple Platforms Multi European Language                        |
| П.4 | LMS Canvas  |
| П.5 | MS Teams  |
| П.6 | MATCAD  |

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

|     |   |
|-----|---|
| И.1 | Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС ( <a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a> )                             |
| И.2 | База данных Scopus ( <a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a> )  |
| И.3 | Электронная библиотека Elibrary ( <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a> )   |
| И.4 | IEEE Digital Library ( <a href="http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a> )                  |
| И.5 | Цифровая Библиотека SPIE ( <a href="http://spiedigitallibrary.org">http://spiedigitallibrary.org</a> )  |
| И.6 | Технические консультационные услуги и обучение в области фотоники ( <a href="http://www.as-photonics.com/">http://www.as-photonics.com/</a> ) |

**7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

| Ауд.                               | Назначение                           | Оснащение  |
|------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Читальный зал электронных ресурсов |                                      | комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.                             |
| К-521                              | Учебная аудитория                    | набор демонстрационного оборудования в том числе: мультимедийный проектор, ПК, экран проекционный, коллекция моделей кристаллических многогранников и кристаллических структур, комплект учебной мебели, пакет лицензионных программ MS Office |
| К-521                              | Учебная аудитория                    | набор демонстрационного оборудования в том числе: мультимедийный проектор, ПК, экран проекционный, коллекция моделей кристаллических многогранников и кристаллических структур, комплект учебной мебели, пакет лицензионных программ MS Office |
| К-420                              | Аудитория для самостоятельной работы | стационарные компьютеры - 10 шт., пакет лицензионных программ MS Office, доска аудиторная меловая/маркерная, комплект учебной мебели   |

**8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Дисциплина «Кристаллы в нелинейной оптике» требует значительного объема самостоятельной работы студента. Студентам рекомендуется с самого начала освоения данного курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории. При освоении данного курса студент должен пользоваться библиотекой НИТУ "МИСиС", а также электронными базами учебной литературы, в соответствии с настоящей программой. Подготовка к практическим занятиям предусматривает проработку теоретического материала по теме предстоящего практического занятия, изучение теории и программы расчета.