

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 03.09.2022 14:13:04  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Проектирование и технология  
микро- и наносистем»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины**

**«ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА»**

**для подготовки бакалавров**

**по направлению**

**28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»**

**по профилю**

**«Проектирование и технология микро- и наносистем»**

Санкт-Петербург

2022

## **ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Разработчики:

профессор, д.ф.-м.н., профессор Глинский Г.Ф.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МНЭ  
22.05.2019, протокол № 3

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭЛ, 14.06.2019, протокол № 8

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## **1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	МНЭ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	3
Семестр	5

### **Виды занятий**

Лекции (академ. часов)	51
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	86
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	94
Всего (академ. часов)	180

### **Вид промежуточной аттестации**

Экзамен (курс)	3
----------------	---

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА»**

Дисциплина является базовым курсом, включающим в себя все основные разделы физики твердого тела. К ним относятся структура и симметрия кристаллов, тензорное описание их физических свойств, зонная структура кристаллов, динамика кристаллической решетки, оптические свойства, статистика носителей заряда, кинетические явления, сверхпроводимость. Основное внимание при изложении материала уделяется физической трактовке изучаемых явлений, их теоретическому описанию и наиболее важным экспериментальным фактам.

### **SUBJECT SUMMARY**

### **«SOLID STATE PHYSICS»**

The discipline is a basic course that includes all the major sections of solid state physics. These include the structure and symmetry of crystals, the tensor description of their physical properties, the band structure of crystals, the dynamics of the crystal lattice, optical properties, statistics of charge carriers, kinetic phenomena, superconductivity. The main attention in the presentation of the material is paid to the physical interpretation of the studied phenomena, their theoretical description and the most important experimental facts.

### **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

#### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Цели дисциплины:

- изучение основных понятий и законов физики твердого тела;
- формирование умения анализировать наиболее важные свойства металлов, полупроводников и диэлектриков с использованием основных представлений и законов квантовой механики и статистической физики;
- освоение навыков теоретического и экспериментального анализа твердых тел.

2. Задачи дисциплины:

- решение задач профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования;
- умение выполнять измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

3. Знание основных понятий и законов физики твердого тела.

4. Формирование умения анализировать наиболее важные свойства металлов, полупроводников и диэлектриков с использованием основных представлений и законов квантовой механики и статистической физики

5. Освоение навыков теоретического и экспериментального анализа твердых тел.

#### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Теоретические основы электротехники»
2. «Квантовая механика и статистическая физика»

3. «Методы математической физики»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Твердотельная электроника»

2. «Квантовая и оптическая электроника»

3. «Физика полупроводников»

4. «Теплофизика твердого тела»

### **3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования
ОПК-1.1	<i>Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности</i>
ОПК-3	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
ОПК-3.1	<i>Составляет отчеты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами</i>

## **4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1 Содержание разделов дисциплины**

#### **4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Лек, ач</b>	<b>Пр, ач</b>	<b>Лаб, ач</b>	<b>ИКР, ач</b>	<b>СР, ач</b>
1	Тема 1. Структура и симметрия кристаллов	6	2	2		
2	Тема 2. Тензорное описание физических свойств кристаллов	6	2	2		12
3	Тема 3. Энергетический спектр электронов в кристаллах	6	2	2		12
4	Тема 4. Полупроводниковые кристаллы	6	2	2		12
5	Тема 5. Статистика электронов в твердых телах	6	2	2		12
6	Тема 6. Динамика кристаллической решетки	6	2	2		12
7	Тема 7. Оптические свойства твердых тел	5	2	2		12
8	Тема 8. Кинетические явления в твердых телах	5	2	2		12
9	Тема 9. Неравновесные носители заряда в твердых телах	5	1	1	1	10
	Итого, ач	51	17	17	1	94
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе				180/5	

#### **4.1.2 Содержание**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
1	Тема 1. Структура и симметрия кристаллов	Трансляционная и точечная симметрия кристаллов. Группа симметрии. Решетки Браве. Элементарная ячейка. Функции, периодические с периодом решетки, и их фурье-представление. Обратная решетка. Зона Бриллюэна.
2	Тема 2. Тензорное описание физических свойств кристаллов	Тензорный характер физических величин. Компоненты и ранг тензора. Преобразования компонент тензора. Симметричные и антисимметричные тензоры второго ранга. Псевдовекторы и псевдотензоры. Элементы тензорной алгебры. Материальные уравнения и материальные тензоры. Инвариантность материальных тензоров. Электропроводность и диэлектрические свойства кристаллов. Эффект Холла. Упругие свойства кристаллов. Тензоэффект. Электрооптический и пьезоэлектрический эффекты.

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
3	Тема 3. Энергетический спектр электронов в кристаллах	Электроны в периодическом потенциальном поле. Одночастичное приближение Хартри. Волновой вектор электрона. Теорема Блоха. Зонная структура твердых тел в приближение слабой и сильной связи. Спин электрона. Принцип Паули. Уровень Ферми. Диэлектрики, полупроводники, металлы. Свойства полностью заполненных зон. Электроны и дырки. Квазиклассическая динамика электронов и дырок во внешних полях. Эффективная масса носителей заряда.
4	Тема 4. Полупроводниковые кристаллы	Кристаллы со структурой алмаза и сфалерита. Прямая и обратная решетки. Зона Бриллюэна. Зонная структура Si, Ge и полупроводников Al <sub>3</sub> В <sub>5</sub> . Закон дисперсии электронов вблизи точек высокой симметрии. Тензор эффективной массы. Изоэнергетические поверхности. Эквивалентные долины. Дисперсия дырок в кубических полупроводниках. Плотность энергетических состояний в зонах. Эффективная масса плотности состояний. Электрон в кристалле при наличии внешних полей. Приближение эффективной массы. Мелкие водородоподобные примеси. Квантово-размерные структуры.
5	Тема 5. Статистика электронов в твердых телах	Распределение Ферми-Дирака. Вырожденный электронный газ в металле. Невырожденный электронный газ в собственном полупроводнике. Условие электронейтральности. Зависимость положения уровня Ферми и концентрации носителей заряда от температуры в собственном полупроводнике. Примесные полупроводники. Статистика заполнения примесных состояний. Зависимость концентрации носителей заряда от температуры в примесных полупроводниках n- и p-типа.
6	Тема 6. Динамика кристаллической решетки	Колебательные системы с конечным числом степеней свободы. Гармоническое приближение. Нормальные координаты и собственные частоты. Квантование. Системы с бесконечным числом степеней свободы. Волны в одномерной цепочке с одним и двумя различными атомами в элементарной ячейке. Акустические и оптические колебания. Колебательные спектры трехмерных кристаллов. Квантовая теория колебания решетки, фононы.

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
7	Тема 7. Оптические свойства твердых тел	Макроскопические уравнения Максвелла в среде с потерями. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Электромагнитные волны в изотропных кристаллах в области прозрачности. Связь диэлектрической проницаемости с оптическими характеристиками кристалла. Механизмы поглощения света в полупроводниках. Квантовая теория поглощения света. Связь мнимой части диэлектрической проницаемости с вероятностью оптических переходов. Решеточное поглощение света. Поглощение света свободными носителями заряда. Примесное поглощение. Край собственного поглощения света в прямозонных и непрямозонных полупроводниках. Экситонные эффекты.
8	Тема 8. Кинетические явления в твердых телах	Кинетическое уравнение Больцмана. Приближение времени релаксации. Механизмы рассеяния носителей заряда. Электропроводность твердых тел. Подвижность носителей заряда. Эффект Холла. Теория сверхпроводимости. Критическое магнитное поле. Уравнение Лондонов и эффект Мейснера. Микроскопическая теория Бордина-Купера-Шриффера.
9	Тема 9. Неравновесные носители заряда в твердых телах	Неравновесные носители заряда в полупроводниках. Время жизни неравновесных носителей. Квазиуровни Ферми. Диффузия и дрейф. Соотношение Эйнштейна. Диффузационная длина. Фотопроводимость. Эффект Дембера. Процессы рекомбинации. Люминесценция полупроводников. Механизмы люминесценции. Фотолюминесценция и электролюминесценция. Безизлучательные переходы. Лазерный эффект.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

<b>Наименование лабораторной работы</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Исследование зонной структуры кристаллов	2
2. Исследование примесных состояний в кристаллах	2
3. Исследование энергетического спектра электронов и дырок в структурах с квантово-размерными эффектами	2
4. Исследование температурной зависимости концентрации носителей заряда в полупроводниках	2
5. Исследование собственного поглощения полупроводников	2
6. Исследование линейного электрооптического эффекта в кристаллах фосфида галлия	2
7. Исследование тензоэффекта в кремнии	2
8. Исследование гальваномагнитных явлений в полупроводниках	3
<b>Итого</b>	<b>17</b>

### **4.3 Перечень практических занятий**

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Трансляционная и точечная симметрия кристалла. Группа симметрии	1
2. Прямая и обратная решетки	1
3. Тензоры и их компоненты. Закон преобразования компонент тензора. Инвариантность физических уравнений	1
4. Материальные уравнения и материальные тензоры. Свойства материальных тензоров	1
5. Электрон в периодическом поле. Зонная структура твердых тел.	1
6. Зонная структура в приближение слабой и сильной связи.	1
7. Кристаллы со структурой алмаза и сфалерита. Зонная структура. Плотность состояний	1
8. Приближение эффективной массы. Водородоподобные примеси.	1
9. Квантово-размерные структуры.	1
10. Распределение Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок в полупроводниках.	1
11. Уравнение электронейтральности. Температурная зависимость положения уровня Ферми	1
12. Гармонический осциллятор. Система связанных осцилляторов. Нормальные координаты. Квантование.	1
13. Одномерная цепочка атомов. Акустические и оптические моды колебательного спектра. Фононы	1
14. Макроскопические уравнения Максвелла. Комплексная диэлектрическая проницаемость	1
15. Оптические переходы в полупроводниках	1
16. Неравновесная функция распределения. Кинетическое уравнение Больцмана.	1
17. Проводимость твердых тел	1
<b>Итого</b>	<b>17</b>

### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятель-

ности, которые указывают путь решения проблемы.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	10
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	10
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	10
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	13
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	16
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференциированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>94</b>

## **5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Название, библиографическое описание</b>	<b>К-во экз. в библ.</b>
<b>Основная литература</b>		
1	Павлов, Павел Васильевич. Физика твердого тела [Текст] : [учеб. для вузов по направлениям "Физика", "Физика и технология материалов и компонентов электронной техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы"] / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов, 2000. -494 с.	168
2	Зегря, Георгий Георгиевич. Основы физики полупроводников [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 210100 "Электроника и микроэлектроника" / Г.Г. Зегря, В.И. Перель, 2009. -335 с.	50
3	Глинский, Геннадий Федорович. Полупроводники и полупроводниковые наноструктуры: симметрия и электронные состояния [Текст] / Г.Ф. Глинский, 2008. -322 с.	89
4	Виолина, Галина Николаевна. Оптические и кинетические явления в твердых телах [Текст] : лаб. практикум / Г.Н. Виолина, Г.Ф. Глинский, В.И. Зубков, 2010. -79 с.	132
5	Виолина, Галина Николаевна. Физика конденсированного состояния [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 210100 "Электроника иnanoэлектроника" и 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" / Г. Н. Виолина, Г. Ф. Глинский, В. И. Зубков, 2013. -79 с.	50
<b>Дополнительная литература</b>		
1	Киттель, Чарльз. Введение в физику твердого тела [Текст] : пер. с 4-го amer. изд. / Ч. Киттель ; под общ. ред. А.А. Гусева, 1978. -791 с.	54
2	Ю, Питер. Основы физики полупроводников [Текст] : монография / П.Ю, М.Кардона; Пер. с англ. И.И.Решиной; Под ред. Б.П.Захарчени, 2002. -560 с.	44
3	Ашкрофт Н. Физика твердого тела [Текст] : [В 2 т.]. Т. 1, 1979. -399 с.	14
4	Ашкрофт Н. Физика твердого тела [Текст] : [В 2 т.]: Пер. с англ. Т. 2 / Пер. К.И.Кугеля, А.С.Михайлова, 1979. -422 с.	13

### **5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Электронный адрес</b>
1	Библиотека по электронике, радиоэлектронике, электротехнике и автоматике <a href="http://infotechlib.narod.ru">http://infotechlib.narod.ru</a>

№ п/п	Электронный адрес
2	Официальный сайт Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе <a href="http://www.ioffe.ru">http://www.ioffe.ru</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10086>

## **6 Критерии оценивания и оценочные материалы**

### **6.1 Критерии оценивания**

Для дисциплины «Физика твердого тела» формой промежуточной аттестации является экзамен.

#### **Экзамен**

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## **Особенности допуска**

Допуском к экзамену является выполнение лабораторных работ и защита отчетов по лабораторным работам на коллоквиумах.

## **6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **Примерные вопросы к экзамену**

<b>№ п/п</b>	<b>Описание</b>
1	Трансляционная и точечная симметрия кристаллов. Группа симметрии.
2	Решетки Браве.
3	Тензорный характер физических величин. Компоненты и ранг тензора.
4	Преобразования компонент тензора.
5	Симметричные и антисимметричные тензоры второго ранга.
6	Псевдовекторы и псевдотензоры.
7	Электроны в периодическом потенциальном поле.
8	Одночастичное приближение Хартри.
9	Кристаллы со структурой алмаза и сфалерита. Прямая и обратная решетки.
10	Распределение Ферми-Дирака.

### **Форма билета**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

Дисциплина Физика твердого тела ФЭЛ

1. Колебательные системы с конечным числом степеней свободы.
2. Распределение Ферми-Дирака.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.В. Лучинин

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### **6.3 График текущего контроля успеваемости**

<b>Неделя</b>	<b>Темы занятий</b>	<b>Вид контроля</b>
1	Тема 1. Структура и симметрия кристаллов	
2	Тема 2. Тензорное описание физических свойств кристаллов	
3		
4	Тема 3. Энергетический спектр электронов в кристаллах	
5	Тема 4. Полупроводниковые кристаллы	
6	Тема 5. Статистика электронов в твердых телах	
7	Тема 6. Динамика кристаллической решетки	
8		
9		
10		
11	Тема 7. Оптические свойства твердых тел	
12	Тема 8. Кинетические явления в твердых телах	
13	Тема 9. Неравновесные носители заряда в твердых телах	
14		
15		
16		
17		Коллоквиум

### **6.4 Методика текущего контроля**

#### **на лекционных занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

#### **на лабораторных занятиях**

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «Физика твердого тела» студент обязан выполнить 8 лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После каждой N лабораторных работ предусматривается проведение коллоквиума на 4, 10, 17 неделях, на которых осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабора-

торных работ студентами осуществляется индивидуально. Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Примеры контрольных вопросов приведены в критериях оценивания.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам на коллоквиумах, по результатам которой студент получает допуск на экзамен.

**Участие в коллоквиуме по оценивается по следующим критериям:**

«отлично» – активное участие в дискуссиях, использование полученных знаний и дополнительного материала, исчерпывающие ответы на все вопросы

преподавателя;

«хорошо» – участие в дискуссиях, адекватные ответы на большинство вопросов преподавателя, использование полученных знаний;

«удовлетворительно» – не активное участие в дискуссиях, ответы не на все вопросы преподавателя, полученные знания используются в незначительной степени.

«неудовлетворительно» – не участвует в дискуссиях, не отвечает на вопросы, не готов к выступлению; студент не присутствует на коллоквиуме.

### **на практических (семинарских) занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

<b>Тип занятий</b>	<b>Тип помещения</b>	<b>Требования к помещению</b>	<b>Требования к программному обеспечению</b>
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая или маркерная доска, ПК или ноутбук, проектор, экран	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, лабораторные стенды для исследования оптического поглощения полупроводников, линейного электрооптического эффекта в кристаллах, тензоэффекта в кристаллах, гальваниомагнитных явлений в кристаллах.	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая или маркерная доска, ПК или ноутбук, проектор, экран	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА
1	31.08.2021	Программа актуальна, изменения не требуются	31.08.2021, протокол № 2Д	профессор, д.ф.-м.н., профессор, Г.Ф. Глинский	
2	31.08.2021		31.08.2021, протокол № 2Д	профессор, д.ф.-м.н., профессор, Г.Ф. Глинский	