


УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

 (подпись) Страхов С. Ю.
 ФИО
 « 02 » 02 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Направление/специальность подготовки	12.03.02 Оптотехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Приборы и системы лучевой энергетики
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	5	4	144	68	34	0	34	76	0	0	76	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

12.03.02 Оптотехника

год набора группы: 2020

Программу составил:

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА
Емельянов Виктор Михайлович, к.ф.-м.н., доцент



Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА**

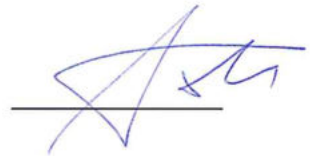
Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.



Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Оценочные средства и методики их применения
- Приложение 4. Лист изменений, вносимых в рабочую программу

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

УК-1 — способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
ПСК-1.1 — Способность к математическому моделированию полупроводниковых структур, предназначенных для приема и излучения лучевых потоков
ПСК-1.3 — Способность проектировать полупроводниковые структуры с заранее заданными свойствами

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

УК-1

умения:

осуществлять самостоятельный поиск и анализ специальной литературы для решения прикладных расчётных задач;

ПСК-1.1

знания:

принципов формирования зонной структуры полупроводников. Основы кристаллического строения материалов, влияние вида химической связи на свойства материала. Различия между металлами, полупроводниками и диэлектриками;

понятия носителя заряда в полупроводниках (электроны и "дырки"), свойства собственной и примесной проводимости;

принципов поглощения и испускания света полупроводниками. Понятие неравновесных носителей заряда, генерации и рекомбинации;

свойств контактов между полупроводниками с различной проводимостью, а также контактов между металлом и полупроводником;

умения:

рассчитывать концентрации носителей заряда в собственных и примесных полупроводниках, их проводимости;

строить зонную диаграмму для контактов металл-полупроводник, полупроводник-полупроводник;

рассчитывать вольт-амперные характеристики для контактов металл-полупроводник, полупроводник-полупроводник;

навыки:

решения системы дифференциальных уравнений в частных производных (уравнения непрерывности и уравнение Пуассона) для кинетических и контактных явлений в полупроводниках.

ПСК-1.3

знания:

связи между свойствами полупроводникового материала и свойствами полупроводниковой структуры;

умения:

выбирать полупроводниковые материалы для достижения заданных свойств полупроводниковой структуры;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ** является дисциплиной вариативной части блока 1 программы подготовки по направлению 12.03.02 *Опtotехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МАТЕМАТИКА 4: ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, МАТЕМАТИКА 5: ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ, ОПЕРАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ, РЯДЫ ФУРЬЕ, МАТЕМАТИКА 3: ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ, ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, МАТЕМАТИКА 1: ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ, ФИЗИКА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА, СОЛНЕЧНЫЕ ЭНЕРГОСТАНЦИИ, ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР, ОСНОВЫ ФОТОНИКИ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства опtotехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
- ОПК-3 — Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики оптических измерений
- УК-1 — Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		УК-1	ПСК-1.1	ПСК-1.3
3	5	Раздел 1. Основы кристаллического строения твердых тел. 1. Виды химической связи и влияние её на свойства вещества. 2. Кристаллические классы. Операции симметрии и точечные группы. Трансляционная симметрия. Виды симметрии, решетка Браве, элементарная ячейка, ячейка Вигнера-Зейтца. 3. Условие Брэгга-Вульфа. 4. Виды дефектов кристаллической решетки.	16	8	4	4	8	10	10	10
3	5	Раздел 2. Колебания кристаллической решетки. 1. Гармонический осциллятор и квантовый гармонический осциллятор. Нулевые колебания. 2. Понятие фонона. Акустические и оптические фононы и их законы дисперсии (вывод для одномерного случая), статистика Бозе-Эйнштейна. 3. Квантовая теория теплоемкости. Температура Дебая.	22	10	6	4	12	10	10	10
3	5	Раздел 3. Основы зонной теории полупроводников. 1. Электроны в периодическом поле кристалла. Периодичность свойств электрона, функция Блоха. 2. Метод почти свободных электронов. 3. Метод сильно связанных электронов. 4. Свойства электрона вблизи минимума энергии, понятие эффективной массы, понятие дырки. 5. Понятие плотности состояний и эффективной плотности состояний, вывод для случая сферической симметрии (s-электронов).	16	8	6	2	8	15	20	10
3	5	Раздел 4. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. 1. Статистика (функция) Ферми-Дирака. Уровень Ферми. 2. Равновесная статистика в собственном полупроводнике. 3. Равновесная статистика в примесных полупроводниках, фактор вырождения примесного уровня.	16	8	4	4	8	15	15	15
3	5	Раздел 5. Явления переноса. 1. Дрейф и диффузия носителей заряда. 2. Проводимость полупроводников и связь её с подвижностью носителей заряда (элементарная теория проводимости). 3. Соотношения Эйнштейна. 4. Эффект Холла. Измерение постоянной Холла и его инженерное приложение. 5. Тензор электропроводности в магнитном поле. Связь холловской и дрейфовой подвижностей.	28	12	4	8	16	15	15	15
3	5	Раздел 6. Оптические свойства полупроводников. 1. Междоузельное поглощение излучения. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. 2. Неравновесная статистика электронов и дырок. Квазиуровни Ферми. 3. Виды рекомбинации: излучательная, безызлучательная Шокли-Рида-Холла, безызлучательная Оже.	16	8	4	4	8	10	10	10
3	5	Раздел 7. Контактные явления. 1. Выпрямляющие свойства контакта металл-полупроводник. Диффузионная и термоэмиссионная теории. 2. Омический контакт металла-полупроводник. 3. Теория и свойства p-n перехода. Зонная диаграмма. Вольт-амперная характеристика. 4. Фотогальванический эффект.	30	14	6	8	16	25	20	30
Всего за 5 семестр			144	68	34	34	76	100	100	100
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основы кристаллического строения твердых тел.	Построение ячейки Вигнера-Зейтца	2
2		Дифракция рентгеновского излучения на идеальном кристалле	2
3	Раздел 2. Колебания кристаллической решетки.	Акустические колебания в твердом теле	2
4		Теплоемкость твердого тела	2
5	Раздел 3. Основы зонной теории полупроводников.	Расчет зонной структуры	2
6	Раздел 4. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.	Равновесная статистика в собственных полупроводниках	2
7		Равновесная статистика в примесных полупроводниках	2
8	Раздел 5. Явления переноса.	Решение дифференциальных уравнений в частных производных	4
9		Диффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках	4

10	Раздел 6. Оптические свойства полупроводников.	Неравновесная статистика носителей заряда	4
11	Раздел 7. Контактные явления.	Контакт металл-полупроводник	4
12		P-n переход	4
Всего за 5 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основы кристаллического строения твердых тел.	Решение задач по теме: построение ячейки Вигнера-Зейтца.	4
2		Решение задач по теме: дифракция рентгеновского излучения.	4
3	Раздел 2. Колебания кристаллической решетки.	Решение задач по теме: теплоемкость твердого тела	6
4		Решение задач по теме: акустические колебания в твердом теле	6
5	Раздел 3. Основы зонной теории полупроводников.	Решение задач по теме: расчёт зонной структуры	8
6	Раздел 4. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.	Решение задач по теме: равновесная статистика в собственных полупроводниках	4
7		Решение задач по теме: равновесная статистика в примесных полупроводниках	4
8	Раздел 5. Явления переноса.	Решение задач по теме: дифференциальные уравнения в частных производных	8
9		Решение задач по теме: диффузия и дрейф носителей заряда	8
10	Раздел 6. Оптические свойства полупроводников.	Решение задач по теме: неравновесная статистика носителей заряда	8
11	Раздел 7. Контактные явления.	Решение задач по теме: контакт металл-полупроводник	8
12		Решение задач по теме: p-n переход	8
Всего за 5 семестр			76

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5			ДЗ			ДЗ			ДЗ		ДЗ		ДЗ		ДЗ		ДЗ

Условные обозначения:

- ДЗ – домашнее задание.

Текущая аттестация студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- домашнее задание.

Рубежная аттестация студентов производится по итогам половины семестра в следующих формах:

- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников. СПб.: Лань, 2008, 59 экз.
2. В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. . Полупроводниковые приборы. Санкт-Петербург: Лань, 2021, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Естественные и технические науки.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 —
Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ОСНОВЫ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ** является дисциплиной **вариативной части блока 1** программы подготовки по направлению **12.03.02 Оптотехника**. Дисциплина реализуется на факультете И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

- УК-1 способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;
- ПСК-1.1 Способность к математическому моделированию полупроводниковых структур, предназначенных для приема и излучения лучевых потоков;
- ПСК-1.3 Способность проектировать полупроводниковые структуры с заранее заданными свойствами.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основной теорией полупроводников, а именно кристаллическим строением, структурой энергетических зон, статистикой носителей заряда, кинетическими явлениями, поглощением и испусканием оптического излучения, свойствами контактов различных полупроводников, а также контакта металл-полупроводник, принципами работы простейших полупроводниковых приборов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущая аттестация студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- домашнее задание.

Рубежная аттестация студентов производится по итогам половины семестра в следующих формах:

- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Основы кристаллического строения твердых тел.		
Решение задач по теме: построение ячейки Вигнера-Зейтца.	А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников: СПб.: Лань, 2008 (1,2)	4
Решение задач по теме: дифракция рентгеновского излучения.		4
Итого по разделу 1		8
Раздел 2. Колебания кристаллической решетки.		
Решение задач по теме: теплоемкость твердого тела	А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников: СПб.: Лань, 2008 (3)	6
Решение задач по теме: акустические колебания в твердом теле		6
Итого по разделу 2		12
Раздел 3. Основы зонной теории полупроводников.		
Решение задач по теме: расчёт зонной структуры	А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников: СПб.: Лань, 2008 (4)	8
Итого по разделу 3		8
Раздел 4. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.		
Решение задач по теме: равновесная статистика в собственных полупроводниках	В. А. Гуртов. . Твёрдотельная электроника: М.: Техносфера, 2005 (1) В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. . Полупроводниковые приборы: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (1) А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников: СПб.: Лань, 2008 (6)	4
Решение задач по теме: равновесная статистика в примесных полупроводниках		4
Итого по разделу 4		8
Раздел 5. Явления переноса.		
Решение задач по теме: дифференциальные уравнения в частных производных	А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников: СПб.: Лань, 2008 (6,8,9) В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. . Полупроводниковые приборы: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (1)	8
Решение задач по теме: диффузия и дрейф носителей заряда		8
Итого по разделу 5		16
Раздел 6. Оптические свойства полупроводников.		
Решение задач по теме: неравновесная статистика носителей заряда	В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. . Полупроводниковые приборы: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (1) А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников: СПб.: Лань, 2008 (7)	8
Итого по разделу 6		8

Раздел 7. Контактные явления.		
Решение задач по теме: контакт металл-полупроводник	В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. . Полупроводниковые приборы: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (2,3)	8
Решение задач по теме: р-п переход	А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников: СПб.: Лань, 2008 (6)	8
Итого по разделу 7		16

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- домашнее задание;
- экзамен.

Критерии оценивания

Домашнее задание

Домашнее задание № 1:

Построение ячейки Вигнера-Зейтца.
Дифракция рентгеновского излучения.

Домашнее задание № 2:

Акустические колебания в твердом теле.
Теплоемкость твердого тела.

Домашнее задание № 3:

Расчёт зонной структуры

Домашнее задание № 4:

Равновесная статистика в собственных полупроводниках.

Равновесная статистика в примесных полупроводниках.

Домашнее задание № 5:

Дифференциальные уравнения в частных производных.

Диффузия и дрейф носителей заряда.

Домашнее задание № 6:

Неравновесная статистика носителей заряда.

Домашнее задание № 7:

Контакт металл-полупроводник.

P-n переход.

Домашние задания состоят из задач по соответствующей теме. Домашнее задание должно содержать:

- условие;
- описание хода решения, использованных формул;
- численный или графический ответ (в зависимости от условия задачи).

Задания принимаются по принципу зачтено/не зачтено.

Экзамен

Экзамен проходит в форме письменного ответа на вопросы из билета и последующей устной защиты. Каждый билет содержит два вопроса. Время на подготовку 1 час.

Критерии оценивания ответа на экзаменационные вопросы:

1. Вопросы контрольной работы бывают трех типов:

- вывод некоторой формулы или соотношения;
- вывод или анализ некоторой характеристики или зависимости;
- описание эксперимента или метода измерения.

2. Преподаватель анализирует ответ на предмет наличия крупных и мелких недочетов.

3. К крупным недочетам относятся:

- не представлена выводимая формула или соотношение;
- выведенная формула или соотношение существенно отличается от требуемой;
- условия, из которого выводилась формула или соотношение ошибочны;
- пропущены принципиально важные этапы вывода;
- не представлена анализируемая характеристика или зависимость;
- оси анализируемой характеристики или зависимости неверны;
- описание экспериментальной установки или лабораторного стенда отсутствует или неверно.

4. К мелким недочетам относятся:

- ошибки в численных результатах расчета;
- ошибки в единицах обозначения;
- ошибки в степенях и индексах в формулах;
- отсутствие пояснений к процессу вывода формулы или соотношения;
- ошибки в масштабе осей графиков;

- неправильное обозначение отдельных элементов экспериментального стенда или лабораторной установки;
- 5. Если в ответе отсутствуют крупные недочеты, не более двух мелких недочетов и студент способен четко и ясно дать пояснения по приведенным формулам и графикам, то за экзамен ставится оценка «отлично».
- 6. Если в ответе отсутствуют крупные недочёты и не более четырех мелких недочетов, то ставится оценка «хорошо».
- 7. Если в ответе хотя бы на один вопрос отсутствуют крупные недочёты, то за экзамен ставится оценка «удовлетворительно».
- 8. При ответе, не соответствующем ни одному из критериев п.5-7, ставится оценка «неудовлетворительно».

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		УК-1	ПСК-1.1	ПСК-1.3	
3	5	Раздел 1. Основы кристаллического строения твердых тел.	16	8	4	4	8	10	10	10	Домашнее задание
3	5	Раздел 2. Колебания кристаллической решетки.	22	10	6	4	12	10	10	10	Домашнее задание
3	5	Раздел 3. Основы зонной теории полупроводников.	16	8	6	2	8	15	20	10	Домашнее задание
3	5	Раздел 4. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.	16	8	4	4	8	15	15	15	Домашнее задание
3	5	Раздел 5. Явления переноса.	28	12	4	8	16	15	15	15	Домашнее задание
3	5	Раздел 6. Оптические свойства полупроводников.	16	8	4	4	8	10	10	10	Домашнее задание
3	5	Раздел 7. Контактные явления.	30	14	6	8	16	25	20	30	Домашнее задание
Всего за 5 семестр			144	68	34	34	76	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	100	100	