

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Физика твердого тела и твердотельная электроника

**Код модуля**  
(0)

**Модуль**

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Зайцев Дмитрий Викторович	доктор физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
2	Зырянова Наталья Павловна	кандидат физико-математических наук, доцент	Доцент	департамент фундаментальной и прикладной физики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

**Авторы:**

- Зайцев Дмитрий Викторович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
- Зырянова Наталья Павловна, Доцент, департамент фундаментальной и прикладной физики

### 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Физика твердого тела и твердотельная электроника**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	4	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Домашняя работа	1
		Реферат	1

### 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Физика твердого тела и твердотельная электроника**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1 -Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания	З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и общеинженерных наук З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и общеинженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания	Домашняя работа Контрольная работа Лекции Практические/семинарские занятия Реферат Экзамен

	<p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и инженерных наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и инженерных наук</p>	
--	---	--

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.50</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	1,10	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.50</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.50</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.50</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	1,8	20
<i>реферат</i>	1,16	50
<i>работа на семинарских занятиях</i>	1,16	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрено</b>		

Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для

	продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

#### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

### 5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Кристаллическая структура
2. Динамика кристаллической решетки
3. Электронная структура твердых тел
4. Кинетические явления в твердых телах
5. Полупроводниковые диоды
6. Оптоэлектронные приборы
7. Транзисторы

Примерные задания

Тема 3. Электронная структура твердых тел.

Задание 1. Вывести выражение для энергии Ферми для модели свободных электронов металла при абсолютном нуле температуры. Вычислить энергию Ферми для Na ( $\rho=0,971$  г/см<sup>3</sup>,  $A=22,19$ ) и Rb ( $\rho=1.53$  г/см<sup>3</sup>,  $A=85.47$ ). Здесь  $\rho$  - массовая плотность,  $A$  - атомный вес.

Задание 2. Считая серебро одновалентным металлом со сферической поверхностью Ферми, вычислить следующие величины:

- а) Энергию Ферми и температуру Ферми;
- б) Радиус  $kF$  сферы Ферми в  $k$ - пространстве;
- в) Скорость Ферми.

( $\rho = 10,5$  г/см<sup>3</sup>,  $A = 107,87$ ). Здесь  $\rho$  - массовая плотность,  $A$  - атомный вес.

Задание 3. Обсудить различия между металлом, полупроводником и диэлектриком с точки зрения структуры их энергетических зон. Дать схематическое изображение поверхности Ферми двумерного кубического кристалла, который имеет небольшое количество эффективных зарядов на атом.

Задание 4. Найти энергию Ферми для собственного полупроводника, принимая, что статистика Максвелла-Больцмана применима для валентной зоны и зоны проводимости.

LMS-платформа – не предусмотрена

## 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### Базовый

#### 5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Кристаллические твердые тела

2. Полевые транзисторы

Примерные задания

Контрольная работа 1 по теме «Кристаллические твердые тела»

Задания:

1. Кристаллическая структура твердых тел. Изучение твердых тел в прямом и обратном пространствах.

2. Группы симметрии кристаллов.

3. Экспериментальные методы анализа кристаллической структуры.

4. Дефекты кристаллической структуры.

Контрольная работа 2 по теме «Полевые транзисторы».

Задания:

1. Разновидности полевых транзисторов.

2. Материалы для изготовления полевых транзисторов.

3. Какие механизмы управления током в них реализованы?

4. Что можно сказать о коэффициентах усиления такими транзисторами?

5. Как устроены охранные кольца и зачем они применяются?

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.2. Домашняя работа**

Примерный перечень тем

1. Методы выращивания монокристаллов

2. Получение химически чистого кремния для изготовления приборов твердотельной электроники

Примерные задания

Задание к теме 2. Получение химически чистого кремния для изготовления приборов твердотельной электроники.

1. Сырье для получения кремния.

2. Методы очистки кремния.

3. Методы хранения химически чистого кремния.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.3. Реферат**

Примерный перечень тем

1. Химические и физические свойства материалов, применяемых в изготовлении р-п переходов

2. Изготовление высокочастотных полупроводниковых диодов

3. Генерирующие устройства твердотельной электроники

Примерные задания

Тема 3. Генерирующие устройства твердотельной электроники.

Задание 1. Рассмотреть общую черту генерирующих устройств в их вольт-амперной характеристике.

Задание 2. Рассмотреть частоты генерации таких устройств, температурные режимы работы, надежность работы.

Задание 3. Область применения таких устройств, сложности в их изготовлении.

LMS-платформа – не предусмотрена



### **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

#### **5.3.1. Экзамен**

Список примерных вопросов

1. Решетка Бравэ кристалла. Примитивная ячейка. (ячейка Вигнера - Зейтца).
  2. Элементарная ячейка кристалла.
  3. Элементы симметрии кристаллов.
  4. Кристаллографические сингонии.
  5. Понятие группы симметрии. Точечные группы симметрии. Пространственные группы симметрии.
  6. Экспериментальные методы исследования кристаллической структуры.
  7. Фононы. Акустические и оптические фононы. Фононный спектр кристалла в моделях Эйнштейна и Дебая.
  8. Температура Дебая. Теплоемкость твердого тела в моделях Эйнштейна и Дебая.
  9. Модель свободных электронов твердого тела. Поверхность Ферми.
  10. Одноэлектронный гамильтониан электронов в твердом теле. Влияние периодичности кристаллического потенциала на вид одноэлектронных волновых функций. Энергетические зоны.
  11. Уравнение Больцмана для электронов и квазиклассическая динамика электронов.
  12. Собственные и примесные полупроводники. Условие электронейтральности. Положение уровня Ферми.
  13. Контактные явления в p-n переходе и его выпрямляющее действие. Переход Шотки. Гетеропереходы.
  14. Кремниевые и германиевые диоды. Селеновые выпрямители. Методы их получения. Диоды из арсенида галлия. Пробой p-n перехода. Надежность диода. Структура реального диода. Стабилитроны.
  15. Эффекты туннелирования в p-n переходе. Туннельный диод и его характеристики. Туннельный диод как генератор импульсов тока.
  16. Биполярный транзистор. Режимы работы транзистора. Биполярный транзистор в активном режиме. Схемы включения биполярного транзистора. Пробой транзистора. Изготовление биполярных транзисторов.
  17. Полевые транзисторы. Методы изоляции транзистора. Применение полевых транзисторов. Транзисторы с изолированным затвором. Изготовление полевых транзисторов. Коэффициент усиления транзистора по току.
  18. Тиристоры. Динисторы и тринисторы. Процессы переключения тока в тиристоре.
  19. Интегральные микросхемы. Классификация интегральных микросхем. Активные и пассивные элементы микросхем. Методы изоляции микросхем и процесс их изготовления.
  20. Диоды Ганна. Принцип их действия. Применение диодов Ганна и их изготовление.
- LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности**

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

