

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»
Институт математики, физики и информационных технологий
Кафедра теоретической и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института



Н. Л. Королева
«04» июля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Б1.О.6.1 Физика конденсированного состояния

Направление подготовки/специальность: 03.04.02 - Физика

Профиль/направленность/специализация: Физика конденсированного состояния

Уровень высшего образования: магистратура

Квалификация: Магистр

год набора: 2022

Автор программы:

Доктор физико-математических наук, профессор Шибков Александр Анатольевич

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 - Физика (уровень магистратуры) (приказ Министерства образования и науки РФ от «07» августа 2020 г. № 914).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры теоретической и экспериментальной физики «29» июня 2022 г. Протокол № 10

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института математики, физики и информационных технологий, Протокол от «04» июля 2022 г. № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП Магистра.....	4
3. Объем и содержание дисциплины.....	4
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	6
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	14
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	16
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	17

1. Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

1.2 Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся в рамках освоения дисциплины:

- научно-исследовательский

1.3 Дисциплина ориентирована на подготовку обучающихся к профессиональной деятельности в сферах: 01 Образование и наука (в сферах: реализации образовательных программ среднего общего образования, среднего профессионального образования, высшего образования и дополнительных профессиональных программ; научных исследований и научно-конструкторских разработок), 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сферах: фундаментальных и прикладных научно-исследовательских, инновационных и опытно-конструкторских разработок; разработки и внедрения новых технологических процессов производства перспективных материалов (в том числе композитов, нано- и метаматериалов), изделий опто-, микро- и нанoeлектроники, разработки и применения электронных приборов и комплексов; мониторинга состояния сложных технических и живых систем и состояния окружающей среды).

1.4 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Обобщенные трудовые функции / трудовые функции / трудовые или профессиональные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Индикаторы достижения компетенций
---	---	-----------------------------------

1.5 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры:

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к обязательной части учебного плана ОП по направлению подготовки 03.04.02 - Физика.

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» изучается в 1 семестре.

3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 6 з.е.

Очная: 6 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
Общая трудоёмкость дисциплины	216
Контактная работа	48
Лекции (Лекции)	16
Практические (Практ. раб.)	32
Самостоятельная работа (СР)	130
Курсовая работа	2
Экзамен	36

3.2. Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.	Формы текущего контроля
--------	-----------------------	--------------------------	-------------------------

		Лек ции	Пра кт. раб.	СР	
		О	О	О	
1 семестр					
1	Фононы и тепловые свойства кристаллов	4	6	22	Собеседование
2	Динамика электрона в кристалле во внешнем поле	4	6	22	Собеседование
3	Основы физики полупроводников	2	6	22	Собеседование; Тестирование
4	Сильнолегированные полупроводники	2	6	22	Собеседование
5	Электрическая прочность полупроводников и диэлектриков	2	4	22	Собеседование
6	Методы исследования электронной структуры полупроводников и металлов	2	4	20	Собеседование; Тестирование

Тема 1. Фононы и тепловые свойства кристаллов

Лекция.

Гармоническое приближение. Колебания атомов одномерного кристалла с одним атомом в элементарной ячейке. Колебания атомов одномерного кристалла с двумя атомами в элементарной ячейке. Акустические и оптические фононы. Колебания атомов в трехмерном кристалле. Модель Дебая. Плотность состояний фононного спектра. Циклические граничные условия Борна-Кармана. Интерполяционная формула Дебая. Законы Дебая и Дюлонга-Пти. Физический смысл температуры Дебая. Тепловое расширение кристаллов.

Задания для самостоятельной работы.

Самостоятельная работа.

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

Тема 2. Динамика электрона в кристалле во внешнем поле

Лекция.

Движение электрона в зоне Бриллюэна. Метод эффективных масс. Отрицательная эффективная масса. Квазиклассические уравнения движения электрона во внешнем поле. Физический смысл длины свободного пробега электрона. Рассеяние электронов на дефектах решетки. Рассеяние электронов на фононах.

Задания для самостоятельной работы.

Самостоятельная работа.

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

Тема 3. Основы физики полупроводников

Лекция.

Носители заряда в полупроводниках. Законы дисперсии электронов и дырок. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Равновесная концентрация электронов и дырок в собственных полупроводниках. Проводимость собственных полупроводников. Проводимость легированных полупроводников. Элементарная теория мелких центров. Электропроводность легированных полупроводников

Задания для самостоятельной работы.

Самостоятельная работа.

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

Тема 4. Сильнолегированные полупроводники

Лекция.

Проводимость сильнолегированных полупроводников. Прыжковая проводимость. Перколяционные модели проводимости сильнолегированных полупроводников. Задача узлов, задача связей. Переход Андерсона.

Задания для самостоятельной работы.

Самостоятельная работа.

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

Тема 5. Электрическая прочность полупроводников и диэлектриков

Лекция.

Полупроводники и диэлектрики в сильных электрических полях. Пробой по примесям. Пробой Зинера. Роль туннельного эффекта в пробойных явлениях твердых тел. Электропластичность полупроводников. Электрическая и механическая прочность полупроводников.

Задания для самостоятельной работы.

Самостоятельная работа.

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

Тема 6. Методы исследования электронной структуры полупроводников и металлов

Лекция.

Гальваномагнитные методы и циклотронный резонанс. Эффект Холла. Движение электрона в магнитном поле. Циклотронный резонанс в металлах. Квантование энергии электрона в магнитном поле. Уровни Ландау. Квантовые осцилляционные эффекты.

Задания для самостоятельной работы.

Самостоятельная работа.

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства

4.1. Распределение баллов:

1 семестр

- посещаемость – 10 баллов
- текущий контроль – 30 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 15 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов

- ответ на экзамене: не более 30 баллов

Распределение баллов по заданиям:

№ те мы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мах. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
1.	Фононы и тепловые свойства кристаллов	Собеседование	5	<p>5 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
2.	Динамика электрона в кристалле во внешнем поле	Собеседование	5	<p>5 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
3.	Основы физики полупроводников	Собеседование	5	<p>5 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>

		Тестирование(контрольный срез)	15	Тестирование представляет собой тест из 15 заданий за правильное выполнение каждого из них студент получает 1 балл
4.	Сильнолегированные полупроводники	Собеседование	5	<p>5 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
5.	Электрическая прочность полупроводников и диэлектриков	Собеседование	5	<p>5 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
6.	Методы исследования электронной структуры полупроводников и металлов	Собеседование	5	<p>5 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
		Тестирование(контрольный срез)	15	Тестирование представляет собой тест из 15 заданий за правильное выполнение каждого из них студент получает 1 балл

7.	Посещаемость	10	10 баллов – студент посетил все 100% занятий 7-9 баллов – студент посетил не менее 80% занятий 4-6 баллов – студент посетил не менее 50% занятий 1-3 балла – студент посетил не менее 25% занятий Если студент посетил менее 25% занятий, баллы не начисляются
8.	Премияльные баллы	20	Дополнительные премиальные баллы могут быть начислены: - постоянная активность во время практических занятий – 10 баллов; - участие в проектах – 10 баллов; - участие в конференциях – 10 баллов.
9.	Ответ на экзамене	30	10-17 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «удовлетворительно» 18-24 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «хорошо», 25-30 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «отлично».
10.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы	20	Добор: студент может предоставить все задания текущего контроля и контрольные срезы
11.	Итого за семестр	100	

Итоговая оценка по экзамену выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
85 - 100 баллов	Отлично
70 - 84 баллов	Хорошо
50 - 69 баллов	Удовлетворительно
Менее 50	Неудовлетворительно

Распределение баллов по курсовой работе:

- представление содержательной части – не более 55 баллов,
- оформление и информационное сопровождение – не более 20 баллов,
- защита курсовой работы – не более 25 баллов.

Распределение баллов по видам учебной работы и методика начисления баллов:

№	Вид учебной работы	Мах. кол-во баллов	Методика начисления баллов
---	--------------------	--------------------	----------------------------

1.	Представление содержательной части	55	<p>41-55 баллов – содержание работы соответствует выбранному направлению подготовки/специальности и теме работы, работа актуальна, выполнена самостоятельно, имеет творческий характер, отличается определенной новизной; проведен обстоятельный анализ степени теоретического исследования проблемы, различных подходов к ее решению, показано знание информационной (при необходимости – нормативной) базы, использованы актуальные данные; проблема раскрыта глубоко и всесторонне, материал изложен логично; теоретические положения органично сопряжены с практикой, даны практические рекомендации, вытекающие из анализа проблемы; проведен количественный анализ проблемы, который подтверждает выводы автора, иллюстрирует актуальную ситуацию, приведены таблицы сравнений, графики, диаграммы, формулы, показывающие умение автора формализовать результаты исследования;</p> <p>21-40 баллов – содержание работы в целом соответствует выбранной теме, структура плана логична и пропорциональна; обоснование актуальности темы подкрепляется анализом степени теоретического исследования проблемы; основные положения работы раскрыты на достаточном теоретическом и методологическом уровне, большая часть теоретических положений сопряжена с практикой; практические рекомендации обоснованы; выводы по работе содержательны и в целом соответствуют поставленным задачам;</p> <p>1-20 баллов – имеет место определенное несоответствие содержания работы заявленной теме; исследуемая проблема в основном раскрыта, но не отличается новизной, теоретической глубиной и аргументированностью; выявлены недочеты в методологических характеристиках курсового исследования; есть нарушения логики изложения материала, поставленные задачи решены не полностью; теоретические положения слабо связаны с практикой, практические рекомендации носят формальный бездоказательный характер</p>
2.	Оформление и информационное сопровождение	20	<p>16-20 баллов – широко представлена библиография по теме работы, в том числе и зарубежные источники, приложения к работе иллюстрируют достижения автора и подкрепляют его выводы, оформление работы полностью соответствует требованиям, предъявляемым к курсовому исследованию;</p> <p>8-15 баллов – приложения, используемые в исследовании, составлены грамотно, прослеживается связь с положениями курсовой работы; список использованной литературы составлен, следуя ГОСТу, и в достаточной мере соответствует теме работы; имеются отдельные неточности в оформлении работы (отсутствует часть ссылок на используемые источники, есть отдельные стилистические, грамматические и орфографические ошибки);</p> <p>1-7 баллов – в работе не полностью использована необходимая для раскрытия темы научная литература, информационные базы данных, а также материалы исследований; библиографический список оформлен неверно; содержание приложений не отражает решения поставленных задач (отсутствуют необходимые приложения); имеются многочисленные неточности в оформлении работы</p>

3.	Защита курсовой работы	25	19-25 баллов – защита отличается полнотой раскрытия темы и представления полученных результатов; студент демонстрирует уверенность и убедительность манеры выступления; стиль и грамотность речи соответствуют культуре представления результатов научного исследования; ответы на дополнительные вопросы характеризуются краткостью и аргументированностью; 10-18 баллов – структура и регламент выступления в целом соблюдены; защита сопровождается грамматически правильной, эмоциональной речью; студент поддерживает хороший контакт с аудиторией; отмечается творческий подход в подготовке объектов наглядности презентации; дополнительные вопросы вызывают некоторые затруднения; 1-9 баллов – студент демонстрирует невысокое качество устного доклада; доступность и образность представления проделанной работы и полученных результатов вызывает вопросы; отмечается частичное несоответствие презентации содержанию курсового исследования; дизайн визуальной интерпретации представленной работы затрудняет ее восприятие
ИТОГО:		100	

Итоговая оценка по курсовой работе выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
85 - 100 баллов	Отлично
70 - 84 баллов	Хорошо
50 - 69 баллов	Удовлетворительно
Менее 50	Неудовлетворительно

4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

Собеседование

Тема 1. Фононы и тепловые свойства кристаллов

Типовые вопросы для собеседования

1. Дайте определение гармонического и ангармонического приближения. Какие эффекты и явления в кристаллах прогнозируются в гармоническом и ангармоническом приближениях.
2. Какова геометрия акустических и оптических колебаний одномерного кристалла.
3. Какова связь между фононом и упругой волной смещения?
4. Перечислите основные квазичастицы. Общее и различия между квазичастицами и частицами.
5. Поясните связь между методом квазичастиц и квантовой теорией поля.
6. Поясните физический смысл температуры Дебая.
7. Как объяснить тепловое расширение кристаллов? Какие параметры межатомного взаимодействия обуславливают тепловое расширение?

Тема 2. Динамика электрона в кристалле во внешнем поле

Типовые вопросы для собеседования

1. Дайте определение гармонического и ангармонического приближения. Какие эффекты и явления в кристаллах прогнозируются в гармоническом и ангармоническом приближениях.
2. Какова геометрия акустических и оптических колебаний одномерного кристалла.
3. Какова связь между фононом и упругой волной смещения?

4. Перечислите основные квазичастицы. Общее и различия между квазичастицами и частицами.
5. Поясните связь между методом квазичастиц и квантовой теорией поля.
6. Поясните физический смысл температуры Дебая.
7. Как объяснить тепловое расширение кристаллов? Какие параметры межатомного взаимодействия обуславливают тепловое расширение?

Тема 3. Основы физики полупроводников

Типовые вопросы для собеседования

1. Дайте определение гармонического и ангармонического приближения. Какие эффекты и явления в кристаллах прогнозируются в гармоническом и ангармоническом приближениях.
2. Какова геометрия акустических и оптических колебаний одномерного кристалла.
3. Какова связь между фононом и упругой волной смещения?
4. Перечислите основные квазичастицы. Общее и различия между квазичастицами и частицами.
5. Поясните связь между методом квазичастиц и квантовой теорией поля.
6. Поясните физический смысл температуры Дебая.
7. Как объяснить тепловое расширение кристаллов? Какие параметры межатомного взаимодействия обуславливают тепловое расширение?

Тема 4. Сильнолегированные полупроводники

Типовые вопросы для собеседования

1. Дайте определение гармонического и ангармонического приближения. Какие эффекты и явления в кристаллах прогнозируются в гармоническом и ангармоническом приближениях.
2. Какова геометрия акустических и оптических колебаний одномерного кристалла.
3. Какова связь между фононом и упругой волной смещения?
4. Перечислите основные квазичастицы. Общее и различия между квазичастицами и частицами.
5. Поясните связь между методом квазичастиц и квантовой теорией поля.
6. Поясните физический смысл температуры Дебая.
7. Как объяснить тепловое расширение кристаллов? Какие параметры межатомного взаимодействия обуславливают тепловое расширение?

Тема 5. Электрическая прочность полупроводников и диэлектриков

Типовые вопросы для собеседования

1. Дайте определение гармонического и ангармонического приближения. Какие эффекты и явления в кристаллах прогнозируются в гармоническом и ангармоническом приближениях.
2. Какова геометрия акустических и оптических колебаний одномерного кристалла.
3. Какова связь между фононом и упругой волной смещения?
4. Перечислите основные квазичастицы. Общее и различия между квазичастицами и частицами.
5. Поясните связь между методом квазичастиц и квантовой теорией поля.
6. Поясните физический смысл температуры Дебая.
7. Как объяснить тепловое расширение кристаллов? Какие параметры межатомного взаимодействия обуславливают тепловое расширение?

Тема 6. Методы исследования электронной структуры полупроводников и металлов

Типовые вопросы для собеседования

1. Дайте определение гармонического и ангармонического приближения. Какие эффекты и явления в кристаллах прогнозируются в гармоническом и ангармоническом приближениях.
2. Какова геометрия акустических и оптических колебаний одномерного кристалла.
3. Какова связь между фононом и упругой волной смещения?
4. Перечислите основные квазичастицы. Общее и различия между квазичастицами и частицами.
5. Поясните связь между методом квазичастиц и квантовой теорией поля.

6. Поясните физический смысл температуры Дебая.
7. Как объяснить тепловое расширение кристаллов? Какие параметры межатомного взаимодействия обуславливают тепловое расширение?

Тестирование

Тема 3. Основы физики полупроводников

Типовые задания для тестирования

1. Объясните природу теплового сопротивления кристаллов.
2. Что такое эффективная масса электрона? При каких условиях она бывает положительной, отрицательной и бесконечной?
3. В чем сущность метода эффективных масс?
4. Докажите, что носители заряда в полупроводнике образуют классический, а в металле – квантовый ферми-газ.
5. Вычислите энергию Ферми для собственного полупроводника, выразив ее через ширину запрещенной зоны и эффективные массы электронов и дырок.
6. Почему атом иновалентной примеси дает локальный уровень в запрещенной зоне полупроводника?
7. Что такое прыжковая проводимость, при каких условиях она наблюдается?
8. Какова физическая природа электрического пробоя полупроводников?
9. Какова природа пробоя Зинера?
10. В чем сущность эффекта Холла? Какую информацию о полупроводнике можно извлечь, исследуя этот эффект?

Тема 6. Методы исследования электронной структуры полупроводников и металлов

Типовые задания для тестирования

1. Объясните природу теплового сопротивления кристаллов.
2. Что такое эффективная масса электрона? При каких условиях она бывает положительной, отрицательной и бесконечной?
3. В чем сущность метода эффективных масс?
4. Докажите, что носители заряда в полупроводнике образуют классический, а в металле – квантовый ферми-газ.
5. Вычислите энергию Ферми для собственного полупроводника, выразив ее через ширину запрещенной зоны и эффективные массы электронов и дырок.
6. Почему атом иновалентной примеси дает локальный уровень в запрещенной зоне полупроводника?
7. Что такое прыжковая проводимость, при каких условиях она наблюдается?
8. Какова физическая природа электрического пробоя полупроводников?
9. Какова природа пробоя Зинера?
10. В чем сущность эффекта Холла? Какую информацию о полупроводнике можно извлечь, исследуя этот эффект?

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена

Типовые вопросы экзамена

Типовые задания для экзамена

1. Колебания одномерного одноатомного кристалла. Закон дисперсии акустических колебаний. Связь закона Вульфа-Брэггов с границами первой зоны Бриллюэна.
2. Плотность состояния фононного спектра. Условие нормировки.
3. Интерполяционная формула Дебая.

4. Вывод Закона Дебая и Дюлонга-Пти в квантовой теории теплоемкости.
5. Тепловое расширение и тепловое сопротивление твердых тел.
6. Квазиклассическое уравнение движения электрона в кристалле, помещенного во внешнее электромагнитное поле.
7. Метод эффективных масс. Движение электрона во внешнем поле. Дырка.
8. Законы дисперсии электронов и дырок в полупроводниках. Статистика электронов и дырок.
9. Равновесная концентрация электронов в зоне проводимости полупроводника.
10. Равновесная концентрация дырок в валентной зоне.
11. Положение уровня Ферми собственного проводника. Собственная проводимость.
12. Электронная теория мелких центров в полупроводниках. Донорные и акцепторные состояния.
13. Собственная, примесная и прыжковая проводимости полупроводника.
14. Проводимость полупроводника в сильных электрических полях. Электрическая прочность полупроводника.
15. Эффект Холла в полупроводниках.
16. Циклотронный резонанс. Циклотронная эффективная масса электрона.
17. Основные методы исследования электронной структуры кристаллов.

Типовые задания для экзамена

Типовые темы курсовых работ

Примерные темы курсовых работ

- 1 Туннелирование электрона и химическая связь.
- 2 Квантовая природа ковалентной связи.
- 3 Силы Ван-дер-Ваальса в природе.
- 4 Водородная связь и свойства льда и воды.
- 5 Квазичастицы в кристаллах.
- 6 Влияние дефектов кристаллической решетки на физические свойства кристаллов.
- 7 Эффект Холла в металлах и полупроводниках.
- 8 Циклотронный резонанс в металлах.
- 9 Носители заряда во льду и воде.
- 10 Дендритный рост кристаллов.
- 11 Разделение зарядов при кристаллизации. Эффект Воркмана-Рейнольдса.

4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«отлично» (85 - 100 баллов)		
«хорошо» (70 - 84 баллов)		
«удовлетворительно» (50 - 69 баллов)		
«неудовлетворительно» (менее 50 баллов)		

5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;
- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика изложения материала;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;
- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;
- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература:

1. Шибков А.А. Физика конденсированного состояния : метод. рекомендации к разделу "Типы связей в молекулах и твёрдых телах". - Тамбов: [Издат. центр Тамб. гос. ун-та им. Г.Р. Державина], 1995. - 79 с.
2. Гольдаде, В. А., Пинчук, Л. С. Физика конденсированного состояния. - Весь срок охраны авторского права; Физика конденсированного состояния. - Минск: Белорусская наука, 2009. - 648 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/11505.html>
3. Шибков А.А. Основы физики конденсированного состояния : учеб. пособие. - Тамбов: Изд-во ТГУ, 2009. - 123 с.
4. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния : [учеб. пособие]. - Долгопрудный: Издат. Дом "Интеллект", 2013. - 213 с.
5. Шибков А. А. Введение в квантовую теорию : [учеб. пособие]. - Тамбов: [Издат. дом ТГУ им. Г. Р. Державина], 2016. - 159 с.
6. Шалимова К.В. Физика полупроводников : учебник. - изд. 4-е, стер.. - СПб. [и др.]: Лань, 2010. - 391 с.

6.2 Дополнительная литература:

1. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. - Москва: Мир, 1979. - 419 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483336>
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. - Москва: Наука, 1978. - 788 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483361>
3. Рейсленд Д. Физика фононов. - Москва: Мир, 1975. - 366 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483398>
4. Полинг Л. К. Природа химической связи : монография. - Москва|Ленинград: Гос. научно-техническое изд-во хим. лит., 1947. - 438 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230240>

6.3 Иные источники:

1. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система - <http://www.biblioclub.ru>
2. Единое окно доступа к образовательным интернет-ресурсам Федерального портала «Российское образование» - http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.1.21%2F
3. Консультант студента. Гуманитарные науки: электронно-библиотечная система - <http://www.studentlibrary.ru>
4. Российская национальная библиотека - <http://www.nlr.ru/>
5. Научная электронная библиотека Российской академии естествознания - www.monographies.ru

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal Licence

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

7-Zip 9.20

Операционная система Microsoft Windows 10

Adobe Reader XI - Russian

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Springer Open (ресурсы Springer открытого доступа): база данных. – URL: <https://www.springeropen.com>
2. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. – URL: <https://www.prilib.ru>
3. Российская национальная библиотека. – URL: <http://nlr.ru>
4. Российская государственная библиотека. – URL: <https://www.rsl.ru>

5. Электронная библиотека РФФИ. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>
6. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ. – URL: <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – URL: <https://elibrary.ru>
8. Web of Science: политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных . – URL: <https://apps.webofknowledge.com>
9. Scopus: база данных . – URL: <https://www.scopus.com>

Электронная информационно-образовательная среда

https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.