

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ряполов Петр Алексеевич

Должность: декан ЕНФ

Дата подписания: 08.09.2025 13:50:52

Уникальный программный ключ:

efd3ecd9d183f7649d0e3a33c230c6662946c7c99039b2b268921fde408c1fb6

Аннотация к рабочей программе

дисциплины «Физика конденсированного состояния»

Цель преподавания дисциплины

Формирование у студентов научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств твердых тел, в первую очередь – полупроводников, при создании элементов, приборов и устройств, изготовленных с применением нанотехнологий.

Задачи изучения дисциплины

Формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств конденсированных сред при создании объектов и систем в различных областях нанотехнологии и микросистемной техники; практическое овладение методами теоретического описания и основными теоретическими моделями конденсированного состояния; навыками постановки физического эксперимента по изучению свойств конденсированных сред и основными экспериментальными методиками.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины

- оценивает решение поставленных задач в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами контроля, при необходимости корректирует способы решения задач (УК-2.5);

- владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности (ОПК-1.1);

- использует физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности (ОПК-1.2);

- составляет отчеты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами (ОПК-3.1).

Разделы дисциплины

I. Магнитные свойства вещества: Диамагнетики. Парамагнетики. Ферромагнетики. II. Диэлектрические свойства вещества: Виды диэлектриков. Взаимодействие света с диэлектриками. III. Кристаллическая решётка: Типы конденсированных сред, симметрия и структура кристаллов. Динамика решетки, фононы. Тепловые свойства твердых тел. Экспериментальные методы определения атомного состава и структуры кристалла. IV. Зонная теория твёрдых тел: Классическая теория электропроводности и её затруднения. Свободный электронный газ. Зонная теория. Проводимость твердых тел. Электрические и магнитные свойства твердых тел. V. Сверхтекучесть. VI. Сверхпроводимость.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

естественно-научного

(наименование ф-та полностью)



П.А. РЯПОЛОВ

(подпись, инициалы, фамилия)

« 31 » 08 2019г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика конденсированного состояния

(наименование дисциплины)

ОПОП ВО

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

шифр и наименование направления подготовки (специальности)

направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы»

наименование направленности (профиля, специализации)

форма обучения

очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Курск – 2019

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 7 «29» марта 2019г.).

Рабочая программа дисциплины обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе для обучения студентов по ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы» на заседании кафедры нанотехнологий, общей и прикладной физики № «31» августа 2019 г. №1 НТОиПР
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.
Разработчик программы _____
к.ф.-м.н., доцент _____ Кузько А.В.
(ученая степень и ученое звание, Ф.И.О.)

Согласовано: на заседании кафедры заседании кафедры нанотехнологий, общей и прикладной физики № « » 20 г.

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

(название кафедры, дата, номер протокола, подпись заведующего кафедрой; согласование производится с кафедрами, чьи дисциплины основываются на данной дисциплине, а также при необходимости руководителями других структурных подразделений)

Директор научной библиотеки _____ Макаровская В.Г.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «29» 03 2019г., на заседании кафедры НТОиПР 31.08.2020 №1
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «29» 03 2019г., на заседании кафедры НТОиПР 31.08.2021 №1
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

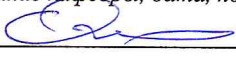
Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «25» 02 2021г., на заседании кафедры НТОиПР №1 от 31.08.2022
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Черико А.Е.

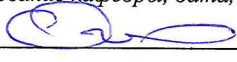
Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 9 «15» 06 2021 г. на заседании кафедры ММФР N1 от 30.08.23

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой  / Язун С.Ф.

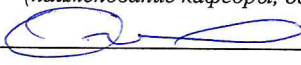
Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 7 «18» 02 2022 г. на заседании кафедры ММФР N1 от 31.08.24

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой  / Язун С.Ф.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 9 «17» 02 2023 г. на заседании кафедры ММФР N1 от 29.08.25г.

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой  / Язун С.Ф.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № __ «__» 20__ г. на заседании кафедры _____

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № __ «__» 20__ г. на заседании кафедры _____

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____

1 Цель и задачи дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

1.1 Цель дисциплины

Формирование у студентов научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств твердых тел, в первую очередь – полупроводников, при создании элементов, приборов и устройств, изготовленных с применением нанотехнологий.

1.2 Задачи дисциплины

- формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств конденсированных сред при создании объектов и систем в различных областях нанотехнологии и микросистемной техники;
- практическое овладение методами теоретического описания и основными теоретическими моделями конденсированного состояния,
- навыками постановки физического эксперимента по изучению свойств конденсированных сред и основными экспериментальными методиками.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 1.3 – Результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
код компетенции	наименование компетенции		
УК-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.5 Оценивает решение поставленных задач в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами контроля, при необходимости корректирует способы решения задач	Знать: <ul style="list-style-type: none"> - фундаментальные законы физики конденсированного состояния для своевременной оценки полученных экспериментальных зависимостей; - единицы измерения в физике конденсированного состояния для проверки размерности; - программные продукты для обработки и анализа экспериментальных данных Уметь: <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять постановку целей

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
			<p>и задач работы при выполнении научных исследований;</p> <ul style="list-style-type: none"> - получать и обрабатывать необходимую для исследований научную информацию; - систематизировать научно-техническую и экспериментальную информацию <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками предоставления отчетов экспериментальных измерений; - навыками анализа результатов исследований; - навыками работы с математическим аппаратом физики конденсированного состояния;
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования)	ОПК-1.1 Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - состояние современной квантово-полевой картины мира - физические принципы расчета теплопроводности твердых тел - классификацию материалов по их магнитным и электрическим свойствам <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать намагниченность по заданным внешним воздействиям и свойствам материала исследуемого объекта, - рассчитывать диэлектрическую проницаемость и поляризуемость диэлектриков по заданным характеристикам вещества и внешнему полю - вычислять концентрацию носителей заряда в полупроводниках <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - современной научной терминологией физики конденсированного состояния, понятиями о

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
код компетенции	наименование компетенции		
			<p>квасачастицах</p> <ul style="list-style-type: none"> - способом определения ширины запрещенной зоны полупроводника - экспериментальными методами определения состава и свойств вещества
		ОПК 1.2 Использует физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> -основные определения и понятия физики конденсированного состояния - эффекты, лежащие в основе работы современных датчиков - теоретические основы сверхтекучести и сверхпроводимости <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> -объяснять тепловые свойства твердых тел, исходя из положений статистической физики, -привлекать математический аппарат физики конденсированного состояния для расчета свойств материалов; -вычислять концентрацию носителей заряда в полупроводниках <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> -известными в физике конденсированного состояния методиками разработки физико-математических моделей процессов и явлений в области нанотехнологии, -навыками предсказания проводящих и магнитных свойств нанобъектов, - навыками выявления причин физических проблем наиболее часто возникающих в ходе профессиональной деятельности
ОПК-3	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и	ОПК-3.1 Составляет отчеты по учебно-исследовательской	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> -математический аппарат физики конденсированного состояния

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотношенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
	представлять экспериментальные данные)	деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами	<p>для моделирования процессов и явлений, лежащих в основе функционирования материалов;</p> <p>-классификацию диэлектрических и магнитных материалов, полупроводников и их соединений по их электрическим, магнитным и оптическим свойствам</p> <p>- компьютерные средства обработки экспериментальных данных.</p> <p>Уметь:</p> <p>- применять методы анализа и обработки экспериментальных данных,</p> <p>- применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники,</p> <p>- применять методы решения типовых задач для расчета свойств материалов во внешних полях;</p> <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <p>- навыками работы с современными программными средствами и методами обработки и оценки погрешности результатов измерений;</p> <p>- методами экспериментального исследования параметров и характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;</p> <p>-навыками расчета основных параметров материалов и компонентов микро- и наносистемной техники</p>

2 Указание места дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» входит в обязательную часть блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы – программы бакалавриата (специалитета, магистратуры) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы». Дисциплина изучается на 3 курсе в 5,6 семестре.

3 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 9 зачетных единиц (з.е.), 324 академических часов.

Таблица 3 - Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов
Общая трудоемкость дисциплины	324
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	137,25
в том числе:	
лекции	68
лабораторные занятия	34
практические занятия	34
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	159,75
Контроль (подготовка к экзамену)	27
Контактная работа по промежуточной аттестации (всего АтКР)	1,25
в том числе:	
зачет	0,1
зачет с оценкой	не предусмотрен
курсовая работа (проект)	не предусмотрена
экзамен (включая консультацию перед экзаменом)	1,15

4 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Содержание дисциплины

Таблица 4.1.1 – Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Содержание
1	2	3
5 семестр		
1	I. Магнитные свойства ве-	Диамагнетики.

	щества Диамагнетики.	Теорема Лармора. Магнитная восприимчивость диамагнетиков. Диамагнетизм газа свободных электронов металла.
2	Парамагнетики	Классическая теория парамагнетизма. Закон Кюри. Основы квантовой теории парамагнетизма. Парамагнетизм электронного газа. Адиабатное размагничивание парамагнитных тел как способ получения низких температур.
3	Ферромагнетики	Ферромагнетики и их свойства. Закон Кюри–Вейсса. Перестройка доменной структуры в процессе намагничивания ферромагнетика. Классическая теория ферромагнетизма Вейсса и её затруднения. Обменное взаимодействие и возникновение ферромагнитного состояния.
4	II. Диэлектрические свойства вещества Виды диэлектриков	Неполярные диэлектрики и их поляризация в постоянном электрическом поле. Формула Клаузиуса–Мосотти. Полярные диэлектрики и температурная зависимость их поляризуемости. Формула Дебая. Сегнетоэлектрики.
5	Взаимодействие света с диэлектриками	Дисперсия электромагнитных волн. Показатель преломления плоской монохроматической электромагнитной волны в неполярном диэлектрике. Нормальная и аномальная дисперсия.
6	III. Кристаллическая решётка Типы конденсированных сред, симметрия и структура кристаллов	Межатомные и межмолекулярные взаимодействия. Геометрия кристаллической решетки.
7	Динамика решетки, фононы.	Акустические и оптические колебания кристаллической решетки. Закон дисперсии. Нормальные колебания решетки. Распределение числа нормальных колебаний кристаллической решетки по частотам. Фононы. Энергия нормальных колебаний.
8	Тепловые свойства твердых тел.	Теплоёмкость кристаллической решетки. Закон Дюлонга и Пти. Формула Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Контактные явления.
6 семестр		
9	Экспериментальные методы определения атомного состава и структуры кристалла	Рентгенофлуоресцентный анализ. Рентгенодифракционный анализ. Бреговские плоскости.
10	IV. Зонная теория твёрдых тел Классическая теория электропроводности и её затруднения.	Кинетические процессы в электронном газе. Теория металлов Друде. Статическая электропроводность металла. Высокочастотная электропроводность металла. Плазмоны.
10	Свободный электронный газ	Квантовый электронный газ. Уравнение Шредингера, волновая функция, энергия, им-

		<p>пульс, скорость, длина волны де Бройля. Граничными условиями Борна – Кармана. Ограничения для волнового вектора \vec{k}. Подсчет числа разрешенных значений \vec{k} внутри какой-либо области в k-пространстве. N-электронное основное состояние. Радиус Ферми или волновой вектор Ферми. Электронная плотность, сфера Ферми, поверхность Ферми, импульс Ферми, энергия и скорость Ферми. Энергия основного состояния N электронов. Температура Ферми</p>
11	Зонная теория	<p>Движение электрона в периодическом поле кристалла. Функция Блоха. Доказательство теоремы Блоха. Неоднозначность выбора волнового вектора. Приближенное решение уравнения Шредингера в периодическом потенциале вблизи границы зоны Бриллюэна. Зоны Бриллюэна. Строение поверхности Ферми.</p>
12	Проводимость твердых тел	<p>Дырки, эффективная масса. Деление тел на диэлектрики, проводники и полупроводники с точки зрения зонной теории. Статистика равновесных носителей заряда, особенности температурной зависимости концентрации носителей заряда в полупроводнике. Элементы квантовой теории электропроводности металлов.</p>
13	Электрические и магнитные свойства твердых тел	<p>Электроны в металле (Распределение Ферми-Дирака). Эффект Холла (полупроводники). Магнитный резонанс.</p>
14	V. Сверхтекучесть	<p>Квантовая жидкость. Жидкий гелий и его основные свойства. Электронные возбуждения квантовой жидкости. Закон дисперсии. Фотоны и ротоны. Сверхтекучесть жидкого He II. Двухжидкостная модель He II. Жидкий ^3He.</p>
15	VI. Сверхпроводимость	<p>Явление сверхпроводимости. Основные свойства сверхпроводящего состояния вещества. Электронный газ в металле в нормальном состоянии. Основы теории сверхпроводимости металлов. Электромагнитные свойства сверхпроводников. Сверхпроводники «лондоновского» и «пиппардовского» типа. Квантование магнитного потока. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводников.</p>

Таблица 4.1.2 –Содержание дисциплины и его методическое обеспечение

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Виды деятельности			Учебно-методические материалы	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)	Компетенции
		лек., час	№ лаб	№ пр.			
1	2	3	4	5	6	7	8
5 семестр							
1	I. Магнитные свойства вещества Диамagnetики.	4		1	У-1, МУ-2	ПР-2 Т-2	ОПК-1.1 ОПК-1.2
2	Парамагнетики	4	1	1	У-1, МУ-1, МУ-2	ПР-4 ЛР-4 Т-4	ОПК-1.1 ОПК-1.2
3	Ферромагнетики	4	2	1	У-1, МУ-1, МУ-2	ПР-6 ЛР-6 Т-6	ОПК-1.1 ОПК-1.2
4	II. Диэлектрические свойства вещества Виды диэлектриков	4		2	У-1, МУ-2	ПР-8 Т-8	ОПК-1.1 ОПК-1.2
5	Взаимодействие света с диэлектриками	4	3		У-1, МУ-1	ЛР-10 Т-10	ОПК-1.1 ОПК-1.2
6.	III. Кристаллическая решётка Типы конденсированных сред, симметрия и структура кристаллов	4	4	3	У-1, МУ-1, МУ-2	ПР-12 ЛР-12 Т-12	ОПК-1.1 ОПК-1.2
7.	Динамика решетки, фононы.	6		4	У-1, МУ-2	ПР-14 Т-14	ОПК-1.1 ОПК-1.2
8	Тепловые свойства твердых тел.	6			У-1	Т-17	ОПК-1.1 ОПК-1.2
6 семестр							
9.	Экспериментальные методы определения атомного состава и структуры кристалла	4	5	5	У-1, МУ-1, МУ-3	ПР-2 ЛР-2 Т-2	ОПК-3.1 УК-2.5
10.	IV. Зонная теория твёрдых тел Классическая теория электропроводности и её затруднения.	4		6	У-1, МУ-3	ПР-4 Т-4	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-3.1 УК-2.5
11.	Свободный электронный газ	4		6	У-1, МУ-3	ПР-6 Т-6	ОПК-1.1 ОПК-1.2
12.	Зонная теория	4	6	6	У-1, МУ-1, МУ-3	ПР-8 ЛР-8 Т-8	ОПК-1.1 ОПК-1.2
13.	Проводимость твердых тел	6	7	7	У-1, МУ-1, МУ-2	ПР-10 ЛР-10 Т-10	ОПК-1.1 ОПК-1.2

14.	Электрические и магнитные свойства твердых тел	4	8	8	У-1, МУ-1, МУ-3	ПР-12 ЛР-12 Т-12	ОПК-1.1 ОПК-1.2
15.	V. Сверхтекучесть	4			У-1	Р-16	ОПК-1.1 ОПК-1.2
16.	VI. Сверхпроводимость	4			У-1	Р-17	ОПК-1.1 ОПК-1.2

ПР –практическая работа, ЛР- лабораторная работа, Т-тест, Р – реферат

4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

4.2.1 Лабораторные работы

Таблица 4.2.1 – Лабораторные работы

№	Наименование лабораторной работы	Объем, час.
1	2	3
5 семестр		
1	Электронный парамагнитный резонанс	4
2	Определение температуры фазового перехода «ферромагнетик-парамагнетик» индукционным методом	4
3	Эффект Фарадея	4
4	Изучение кристаллических сингоний и плотной упаковки атомов	6
Итого за 5 семестр		18
6 семестр		
5	Рентгеновская люминесценция	4
6	Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников	4
7	Эффект Холла в полупроводниках	4
8	Эффект Зеебека	4
Итого за 6 семестр		16
Итого		34

4.2.2 Практические занятия

Таблица 4.2.2 – Практические занятия

№	Наименование практического (семинарского) занятия	Объем, час
1	2	8
5 семестр		
1	Магнитные свойства вещества	4
2	Диэлектрики	4
3	Кристаллическая решётка	4
4	Зонная теория твёрдых тел	6
Итого за 5 семестр		18
6 семестр		
5	Рентгеновское излучение	4
6	Статистика равновесных носителей заряда, особенности температурной зависимости концентрации носителей заряда в полупроводнике	4

7	Эффект Холла в полупроводниках	4
8	Магнитный резонанс	4
Итого за 6 семестр		16
Итого		34

4.3 Самостоятельная работа студентов (СРС)

Таблица 4.3 – Самостоятельная работа студентов

№ раздела (темы)	Наименование раздела(темы) дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час.
1	2	3	4
5 семестр			
1	Диамagnetики	2 неделя	14
2	Парамагнетики	4 неделя	16
3	Ферромагнетики	6 неделя	8
4	Виды диэлектриков	8 неделя	8
5	Взаимодействие света с диэлектриками	10 неделя	10
6	Типы конденсированных сред, симметрия и структура кристаллов	12 неделя	18
7	Динамика решетки, фононы	15 неделя	15,9
8	Тепловые свойства твердых тел	18 неделя	18
Итого за 5 семестр			107,9
6 семестр			
9	Экспериментальные методы определения атомного состава и структуры кристалла	2 неделя	8
10	Классическая теория электропроводности и её затруднения.	4 неделя	7,85
11	Свободный электронный газ	6 неделя	6
12	Зонная теория	8 неделя	6
13	Проводимость твердых тел	10 неделя	6
14	Электрические и магнитные свойства твердых тел	12 неделя	6
15	Сверхтекучесть	15 неделя	6
16	Сверхпроводимость	18 неделя	6
Итого за 6 семестр			51,85
Итого			159,75

5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Студенты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплин пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и

методическими разработками кафедры в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

библиотекой университета:

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с УП и данной РПД;

- имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

кафедрой:

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;

- путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы, современных программных средств.

- путем разработки:

- методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы студентов;

- тем рефератов;

- вопросов к зачету;

- методических указаний к выполнению лабораторных работ и т.д.

типографией университета:

- помощь авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы;

- удовлетворение потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы.

6 Образовательные технологии. Технологии использования воспитательного потенциала дисциплины

Реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в образовательном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающихся.

Таблица 6.1 – Интерактивные образовательные технологии, используемые при проведении аудиторных занятий

№	Наименование раздела (темы лекции, практического или лабораторного занятия)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Объем, час.
1	2	3	4
1	Практическое занятие: «Магнитные свойства вещества»	Разбор конкретных ситуаций	2

6	Лабораторная работа: «Эффект Холла в полупроводниках»	Разбор конкретных ситуаций	2
Итого:			4

Содержание дисциплины обладает значительным воспитательным потенциалом, поскольку в нем аккумулирован исторический и современный научный опыт человечества. Реализация воспитательного потенциала дисциплины осуществляется в рамках единого образовательного и воспитательного процесса и способствует непрерывному развитию личности каждого обучающегося. Дисциплина вносит значимый вклад в формирование общей и профессиональной культуры обучающихся. Содержание дисциплины способствует профессионально-трудовому воспитанию обучающихся.

Реализация воспитательного потенциала дисциплины подразумевает:

- целенаправленный отбор преподавателем и включение в лекционный материал, материал для практических и лабораторных занятий содержания, демонстрирующего обучающимся образцы настоящего научного подвижничества создателей и представителей данной отрасли науки (производства), высокого профессионализма ученых (представителей производства), их ответственности за результаты и последствия деятельности для человека и общества; примеры подлинной нравственности людей, причастных к развитию науки и производства, а также примеры творческого мышления;

- применение технологий, форм и методов преподавания дисциплины, имеющих высокий воспитательный эффект за счет создания условий для взаимодействия обучающихся с преподавателем, другими обучающимися, представителями работодателей (командная работа, проектное обучение, разбор конкретных ситуаций, решение кейсов);

- личный пример преподавателя, демонстрацию им в образовательной деятельности и общении с обучающимися за рамками образовательного процесса высокой общей и профессиональной культуры.

Реализация воспитательного потенциала дисциплины на учебных занятиях направлена на поддержание в университете единой развивающей образовательной и воспитательной среды. Реализация воспитательного потенциала дисциплины в ходе самостоятельной работы обучающихся способствует развитию в них целеустремленности, инициативности, креативности, ответственности за результаты своей работы – качеств, необходимых для успешной социализации и профессионального становления.

7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 7.1 – Этапы формирования компетенций

Код и наименование компетенции	Этапы* формирования компетенций и дисциплины (модули) и практики, при изучении/ прохождении которых формируется данная компетенция		
	начальный	основной	завершающий
1	2	3	4
УК-2.5 Оценивает решение поставленных задач в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами контроля, при необходимости корректирует способы решения задач	Физика конденсированного состояния		Производственная преддипломная практика
ОПК-1.1 Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности	Физика Химия Прикладная механика Физика диэлектриков	Кристаллография Квантовая механика и статистическая физика Учебная ознакомительная практика	Физика конденсированного состояния
	Высшая математика		
ОПК-1.2 Использует физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности	Физика Физика диэлектриков	Квантовая механика и статистическая физика Учебная ознакомительная практика	Физика конденсированного состояния
ОПК-3.1 Составляет отчеты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами	Физика Химия Метрология, стандартизация и сертификация	Электротехника Учебная ознакомительная практика	Физика конденсированного состояния
	Высшая математика		

7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Таблица 7.2 – Показатели и критерии оценивания компетенций, шкала оценивания

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
УК-2/ начальный, основной	УК-2.5 Оценивает решение поставленных задач в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами контроля, при необходимости корректирует способы решения задач	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фундаментальные законы физики конденсированного состояния для своевременной оценки полученных экспериментальных зависимостей; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять постановку целей и задач работы при выполнении научных исследований; 	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фундаментальные законы физики конденсированного состояния для своевременной оценки полученных экспериментальных зависимостей; - единицы измерения в физике конденсированного состояния для проверки размерности; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять постановку целей и задач работы при выполнении научных исследований; - получать и обрабатывать необходимую для исследований научную информацию; 	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фундаментальные законы физики конденсированного состояния для своевременной оценки полученных экспериментальных зависимостей; - единицы измерения в физике конденсированного состояния для проверки размерности; - программные продукты для обработки и анализа экспериментальных данных <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять постановку целей и задач работы при выполнении научных исследований; - получать и обрабатывать необходимую для исследований научную информацию; - систематизировать научно-техническую и экспериментальную информацию <p>Владеть (или Иметь опыт дея-</p>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		<p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками предоставления отчетов экспериментальных измерений; 	<p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками предоставления отчетов экспериментальных измерений; - навыками анализа результатов исследований; 	<p>тельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками предоставления отчетов экспериментальных измерений; - навыками анализа результатов исследований; - навыками работы с математическим аппаратом физики конденсированного состояния;
ОПК-1/ завершающий	ОПК-1.1 Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - состояние современной квантовой картины мира <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать намагниченность по заданным внешним воздействиям и свойствам материала исследуемого объекта, 	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - состояние современной квантовой картины мира - физические принципы расчета теплопроводности твердых тел <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать намагниченность по заданным внешним воздействиям и свойствам материала исследуемого объекта, - рассчитывать диэлектрическую проницаемость и поляризуемость 	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - состояние современной квантовой картины мира - физические принципы расчета теплопроводности твердых тел - классификацию материалов по их магнитным и электрическим свойствам <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать намагниченность по заданным внешним воздействиям и свойствам материала исследуемого объекта, - рассчитывать диэлектрическую проницаемость и поляризуемость диэлектриков по

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		<p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - современной научной терминологией физики конденсированного состояния, понятиями о квазичастицах 	<p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - современной научной терминологией физики конденсированного состояния, понятиями о квазичастицах - способом определения ширины запрещенной зоны полупроводника 	<p>заданным характеристикам вещества и внешнему полю</p> <ul style="list-style-type: none"> - вычислять концентрацию носителей заряда в полупроводниках <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - современной научной терминологией физики конденсированного состояния, понятиями о квазичастицах - способом определения ширины запрещенной зоны полупроводника - экспериментальными методами определения состава и свойств вещества
	ОПК-1.2 Использует физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности	Знать: - основные определения и понятия физики конденсированного состояния	Знать: - основные определения и понятия физики конденсированного состояния - эффекты, лежащие в основе работы современных датчиков	Знать: - основные определения и понятия физики конденсированного состояния - эффекты, лежащие в основе работы современных датчиков - теоретические основы сверхтекучести и сверхпроводимости

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> -объяснять тепловые свойства твердых тел, исходя из положений статистической физики, <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> -известными в физике конденсированного состояния методиками разработки физико-математических моделей процессов и явлений в области нанотехнологии, 	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> -объяснять тепловые свойства твердых тел, исходя из положений статистической физики, -привлекать математический аппарат физики конденсированного состояния для расчета свойств материалов; <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> -известными в физике конденсированного состояния методиками разработки физико-математических моделей процессов и явлений в области нанотехнологии, -навыками предсказания проводящих и магнитных свойств нанобъектов, 	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> -объяснять тепловые свойства твердых тел, исходя из положений статистической физики, -привлекать математический аппарат физики конденсированного состояния для расчета свойств материалов; -вычислять концентрацию носителей заряда в полупроводниках <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> -известными в физике конденсированного состояния методиками разработки физико-математических моделей процессов и явлений в области нанотехнологии, -навыками предсказания проводящих и магнитных свойств нанобъектов, - навыками выявления причин физических проблем наиболее часто возникающих в хо-

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
				де профессиональной деятельности
ОПК-3/ завершающий	ОПК-3.1 Составляет отчеты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> -математический аппарат физики конденсированного состояния для моделирования процессов и явлений, лежащих в основе функционирования материалов; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять методы анализа и обработки экспериментальных данных, 	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> -математический аппарат физики конденсированного состояния для моделирования процессов и явлений, лежащих в основе функционирования материалов; -классификацию диэлектрических и магнитных материалов, полупроводников и их соединений по их электрическим, магнитным и оптическим свойствам <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять методы анализа и обработки экспериментальных данных, - применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов нано- и микросистемой техники, 	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> -математический аппарат физики конденсированного состояния для моделирования процессов и явлений, лежащих в основе функционирования материалов; -классификацию диэлектрических и магнитных материалов, полупроводников и их соединений по их электрическим, магнитным и оптическим свойствам - компьютерные средства обработки экспериментальных данных. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять методы анализа и обработки экспериментальных данных, - применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов нано- и микросистемой техники, - применять мето-

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		<p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с современными программными средствами и методами обработки и оценки погрешности результатов измерений; 	<p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с современными программными средствами и методами обработки и оценки погрешности результатов измерений; - методами экспериментального исследования параметров и характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; 	<p>ды решения триповых задач для расчета свойств материалов во внешних полях;</p> <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с современными программными средствами и методами обработки и оценки погрешности результатов измерений; - методами экспериментального исследования параметров и характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; -навыками расчета основных параметров материалов и компонентов микро- и наносистемной техники

7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 7.3 - Паспорт комплекта оценочных средств для текущего контроля успеваемости

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Технология формирования	Оценочные средства		Описание шкал оценивания
				наименование	№№ заданий	
1	2	3	4	5	6	7
5 семестр						
1.	I. Магнитные свойства вещества Диамagnetики.	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, практическое занятие, СРС	отчет по решению задач БТЗ	1 1	Согласно табл. 7.2
2.	Парамагнетики	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	отчет по решению задач кон-трольные вопросы к лаб № 1 БТЗ	1 1-5 2	Согласно табл. 7.2
3.	Ферромагнетики	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	отчет по решению задач кон-трольные вопросы к лаб № 2 тест	1 1-3 3	Согласно табл. 7.2
4.	II. Диэлектрические свойства вещества Виды диэлектриков	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, практическое занятие, СРС	отчет по решению задач тест	2 4	Согласно табл. 7.2
5.	Взаимодействие света с диэлектриками	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, лабораторная работа, СРС	кон-трольные вопросы к лаб № 3 тест	1-8 5	Согласно табл. 7.2
6.	III. Кристаллическая решётка Типы конденсированных сред, симметрия и структура кристаллов	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	отчет по решению задач кон-трольные вопросы к лаб № 4 тест	3 1-3 6	Согласно табл. 7.2
7.	Динамика решетки, фононы.	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, практическое занятие,	отчет по решению задач	4	Согласно табл. 7.2

			СРС	тест	7	
8.	Тепловые свойства твердых тел.	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция	тест	8	Согласно табл. 7.2
6 семестр						
9.	Экспериментальные методы определения атомного состава и структуры кристалла	ОПК-3.1 УК-2.5	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	отчет по решению задач	5	Согласно табл. 7.2
				контрольные вопросы к лаб № 5	1-5	
				тест	9	
10.	IV. Зонная теория твёрдых тел Классическая теория электропроводности и её затруднения.	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-3.1 УК-2.5	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	отчет по решению задач	6	Согласно табл. 7.2
				тест	10	
11.	Свободный электронный газ	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	отчет по решению задач	6	Согласно табл. 7.2
				тест	11	
12.	Зонная теория	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	отчет по решению задач	6	Согласно табл. 7.2
				контрольные вопросы к лаб № 6	1-4	
				тест	12	
13.	Проводимость твердых тел	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	отчет по решению задач	7	Согласно табл. 7.2
				контрольные вопросы к лаб № 7	1-5	
				тест	13	
14.	Электрические и магнитные свойства твердых тел	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, практическое занятие, лабораторная	отчет по решению задач	8	Согласно табл. 7.2

			работа, СРС	кон- трольные вопросы к лаб № 8	1-5	
				тест	14	
15.	V. Сверхтекучесть	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	рефераты	1-20	Соглас- но табл. 7.2
16.	VI. Сверхпроводимость	ОПК-1.1 ОПК-1.2	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	рефераты	21-42	Соглас- но табл. 7.2

БТЗ – банк вопросов и заданий в тестовой форме.

Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости

Вопросы в тестовой форме по разделу (теме) III. «ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ»

1. Закон дисперсии связывает между собой циклическую частоту и волновой вектор показатели преломления в двух разных средах импульс и длину волны

2. Причиной дискретности спектра колебаний частиц решетки является наличие трансляционной симметрии квантово-механический характер движения частиц конечность массы частиц

3. Теория Эйнштейна НЕ учитывает наличие спектра частот колебаний колебательного движения частиц

что атомы в кристалле ведут себя как гармонические осцилляторы

5. При температурах много меньших температуры Дебая для расчета теплоемкости надо использовать

теорию Дебая
теорию Эйнштейна
соотношение Дюлонга –Пти

6. Фонон это
квант энергии теплового движения
квант энергии света
квант энергии электрона

Типовые задачи

1. Найти концентрацию легирующей акцепторной примеси для кремния (Si) и германия (Ge), при которой наступает вырождение концентрации свободных носителей заряда при комнатной температуре $T = 300$ К.

2. Найти, как изменится объемное положение уровня Ферми φ_0 в электронном арсениде галлия (GaAs) с $\rho = 1$ Ом•см при изменении температуры от $T = 300$ К до $T = 77$ К.

3. Полупроводники кремний (Si), германий (Ge), арсенид галлия (GaAs) и антимонид индия (InSb) легированы донорной примесью до концентрации $N_d = 10^{15}$ см⁻³. Найти граничную температуру $T_{гр}$, при которой собственная концентрация носителей заряда n_i еще ниже концентрации основных носителей заряда n_0 .

Темы рефератов

1. Симметрия и структура кристаллов;
2. Обратная решетка;
3. Уравнение Шредингера в периодическом потенциале;
4. Блоховская волновая функция;
5. Энергетические зоны;
6. Классификация кристаллов на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории;
7. Носители заряда в полупроводниках и металлах и модель газа свободных и независимых электронов;
8. Кинетические процессы в электронном газе;
9. Плазменные колебания и плазмоны;
10. Скин-эффект;
11. Квантовый электронный газ;
12. Энергия и поверхность Ферми;
13. Эффективная масса носителей заряда;
14. Дырки - носители заряда в валентной зоне полупроводников;
15. Колебания кристаллической решетки и фононы;
16. Теплоемкость решетки; тепловое расширение и теплопроводность;
17. Локальное поле и диэлектрическая проницаемость;
18. Механизмы поляризуемости кристаллов;
19. Оптические свойства ионных кристаллов;
20. Поляритоны;
21. Пироэлектрики и сегнетоэлектрики;
22. Парамагнетики и диамагнетики;
23. Обменное взаимодействие;
24. Ферромагнетики и антиферромагнетики;
25. Спиновые волны; концепция квазичастиц;
26. Фазовые переходы и дальний порядок;
27. Классические и квантовые жидкости;
28. Сверхтекучесть;

29. Сверхпроводимость и эффект Мейсснера;
30. Сверхпроводники I и II рода;
31. Теория Гинзбурга-Ландау;
32. Квантование потока в сверхпроводниках;
33. Эффект Джозефсона;
34. Микроскопическая теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера;
35. Тепловые и радиационные точечные дефекты в кристаллах;
36. Механизмы диффузии;
37. Дислокации;
38. Элементы теории упругости, тензоры деформаций и напряжений;
39. Жидкие кристаллы;
40. Полимеры;
41. Фракталы;
42. Теория протекания.

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости представлены в УММ по дисциплине.

Типовые задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета и экзамена. Зачет и экзамен проводятся в виде (бланкового и/или компьютерного) тестирования.

Для тестирования используются контрольно-измерительные материалы (КИМ) – вопросы и задания в тестовой форме, составляющие банк тестовых заданий (БТЗ) по дисциплине, утвержденный в установленном в университете порядке.

Проверяемыми на промежуточной аттестации элементами содержания являются темы дисциплины, указанные в разделе 4 настоящей программы. Все темы дисциплины отражены в КИМ в равных долях (%). БТЗ включает в себя не менее 100 заданий и постоянно пополняется. БТЗ хранится на бумажном носителе в составе УММ и электронном виде в ЭИОС университета.

Для проверки *знаний* используются вопросы и задания в различных формах:

- закрытой (с выбором одного или нескольких правильных ответов),
- открытой (необходимо вписать правильный ответ),
- на установление правильной последовательности,
- на установление соответствия.

Умения, навыки (или опыт деятельности) и компетенции проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач (ситуационных, производственных или кейсового характера) и различного вида конструкторов. Все задачи являются многоходовыми. Некоторые задачи, проверяющие уровень сформированности компетенций, являются многовариантными. Часть умений, навыков и компетенций

прямо не отражена в формулировках задач, но они могут быть проявлены обучающимися при их решении.

В каждый вариант КИМ включаются задания по каждому проверяемому элементу содержания во всех перечисленных выше формах и разного уровня сложности. Такой формат КИМ позволяет объективно определить качество освоения обучающимися основных элементов содержания дисциплины и уровень сформированности компетенций.

Примеры типовых заданий для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Задание в закрытой форме:

Как называют квант колебаний спина в магнитоупорядоченных системах?

- магنون
- плазмон
- экситон
- поляритон

Задание в открытой форме:

Чем в основном определяется температурная зависимость проводимости полупроводников в области собственной проводимости?

Компетентностно-ориентированная задача:

1. Тонкая пластина из кремния шириной $l=2\text{см}$ помещена перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля ($B=0,5\text{Тл}$). При плотности тока $j=2\text{мкА/мм}^2$, направленного вдоль пластины, холловская разность потенциалов U_H оказалась равной $2,8\text{В}$. Определить концентрацию n носителей заряда.

2. При температуре $T_1=300\text{ К}$ и магнитной индукции $B_1=0,5\text{ Тл}$ была достигнута определенная намагниченность J парамагнетика. Определить магнитную индукцию B_2 , при которой сохранится та же намагниченность, если температуру повысить до $T_2=450\text{ К}$.

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся представлены в УММ по дисциплине.

7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, регулируются следующими нормативными актами университета:

– положение П 02.016–2018 О балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ;

– методические указания, используемые в образовательном процессе, указанные в списке литературы.

Для *текущего контроля успеваемости* по дисциплине в рамках действующей в университете балльно-рейтинговой системы применяется следующий порядок начисления баллов:

Таблица 7.4 – Порядок начисления баллов в рамках БРС

Форма контроля	Минимальный балл		Максимальный балл	
	балл	примечание	балл	примечание
1	2	3	4	5
5 семестр				
Практическое занятие № 1 (Магнитные свойства вещества)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Практическое занятие № 2 (Диэлектрики)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Практическое занятие № 3 (Кристаллическая решётка)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Практическое занятие № 4 (Зонная теория твёрдых тел)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 1 (Электронный парамагнитный резонанс)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 2 (Определение температуры фазового перехода «ферромагнетик-парамагнетик» индукционным методом)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 3 (Эффект Фарадея)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 4 (Изучение кристаллических синглов и плотной упаковки атомов)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
СРС	12		24	
Итого в 5 семестре	24		48	
Посещаемость в 5 семестре	0		16	
Зачет в 5 семестре	0		36	
Итого в 5 семестре	24		100	
6 семестр				
Практическое занятие № 5 (Рентгеновская люминесценция)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Практическое занятие № 6 (Изучение температурной зависи-	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»

мости сопротивления полупроводников)				
Практическое занятие № 7 (Эффект Холла в полупроводниках)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Практическое занятие № 8 (Эффект Зеебека)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 4 (Рентгеновская люминесценция)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 5 (Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 6 (Эффект Холла в полупроводниках)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 7 (Электронный парамагнитный резонанс)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
СРС	12		24	
Итого в 6 семестре	24		48	
Посещаемость в 6 семестре	0		16	
Экзамен в 6 семестре	0		36	
Итого в 6 семестре	24		100	

Для промежуточной аттестации обучающихся, проводимой в виде тестирования, используется следующая методика оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности. В каждом варианте КИМ –16 заданий (15 вопросов и одна задача).

Каждый верный ответ оценивается следующим образом:

- задание в закрытой форме –2балла,
- задание в открытой форме – 2 балла,
- задание на установление правильной последовательности – 2 балла,
- задание на установление соответствия – 2 балла,
- решение компетентностно-ориентированной задачи – 6 баллов.

Максимальное количество баллов за тестирование –36 баллов.

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1 Основная учебная литература

1. Гуртов В. А. Физика твердого тела для инженеров [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; науч. ред. Л. А. Алешина. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2012. - 560 с. // Режим доступа – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466>

8.2 Дополнительная учебная литература

2. Байков Ю. А. Физика конденсированного состояния [Текст]: учебное пособие / Ю. А. Байков, В.М. Кузнецов. –М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 294 с.
3. Гольдаде В. А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Гольдаде, Л. С. Пинчук; под ред. Н. К. Мышкина. - Минск : Белорусская наука, 2009. - 648 с. // Режим доступа – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309>
4. Чертов А. Г. Задачник по физике [Текст] : учебное пособие / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. - 7-е изд., перераб. и доп. - М. : Физико-математической литературы, 2003. - 640 с.
5. Ашкрофт Н. В. Физика твердого тела [Текст] / Н. В. Ашкрофт ; под ред. М. И. Каганова [к сб. в целом], пер. К. И. Кугеля, А. С. Михайлова. - М. : Мир, 1979. - Т. 1. - 400 с.
6. Ашкрофт Н. В. Физика твердого тела [Текст] / Н. В. Ашкрофт ; под ред. М. И. Каганова [к сб. в целом], пер. К. И. Кугеля, А. С. Михайлова. - М. : Мир, 1979. - Т. 2. - 422 с.
7. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела [Текст] / пер. А. А. Гусева, А. В. Пахнева ; под общ. ред. А. А. Гусева. - М. : Наука, 1978. - 791 с.
8. Займан, Дж. Принципы теории твердого тела [Текст] : пер. со 2-го англ. изд. / под ред В. Л. Бонч-Бруевича. - М. : Мир, 1974. - 472 с.
9. Родионов А. А. Магнитные свойства вещества [Текст] : учебное пособие / А. А. Родионов ; Курск. гос. техн. ун-т. - Курск : КГТУ, 2001. - Ч. 3 : Кн.2. - 221 с.
11. Павлов П. В. Физика твердого тела [Текст] : учебник для студ. вуз. / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - 3-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 2000. - 494 с.
12. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. А. Корнилович, В. И. Ознобихин, И. И. Суханов, В. Н. Холявко. - Новосибирск : НГТУ, 2012. - 71 с. // Режим доступа – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228969>

8.3 Перечень методических указаний

1. Физика конденсированного состояния [Текст]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / ЮЗГУ; сост.: А.В. Кузько, А.Е. Кузько, А.В. Куценко. - Курск, 2017. - 57 с.
2. Физика конденсированного состояния [Текст]: методические указания к выполнению практических работ для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / ЮЗГУ; сост.: С.В. Соболев. - Курск, 2017. - 12 с.
3. Физика конденсированного состояния [Текст]: методические указания к выполнению практических работ для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / ЮЗГУ; сост.: А.В. Кузько, А.Е. Кузько, А.В. Куценко. - Курск, 2017. - 52 с.
4. Физика конденсированного состояния [Текст]: методические рекомендации для самостоятельной работы студентов направления подготовки 28.03.01

«Нанотехнологии и микросистемная техника» / ЮЗГУ; сост.: А.В. Кузько. - Курск, 2017. - 13 с.

8.4 Другие учебно-методические материалы

Отраслевой научно-технический журнал в библиотеке университета:
Нанотехнологии: наука и производство

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.strf.ru/> - Интернет- издание «Наука и технологии России – strf.ru»
2. <http://www.nanometer.ru/> -сайт "Нанометр"
3. <http://www.rusnano.com/> - Группа РОСНАНО
4. <http://thesaurus.rusnano.com>- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов.
6. www.microsystems.ru/ -Научно-технический журнал «Нано- и микросистемная техника»
7. <http://biblioclub.ru> - Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн».
8. <https://phys.org/> - новости науки, исследований и технологий (press release on-line).

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными видами аудиторной работы студента при изучении дисциплины «Физика конденсированного состояния» являются лекции, лабораторные и практические занятия. Студент не имеет права пропускать занятия без уважительных причин.

На лекциях излагаются и разъясняются основные понятия темы, связанные с ней теоретические и практические проблемы, даются рекомендации для самостоятельной работы. В ходе лекции студент должен внимательно слушать и конспектировать материал.

Изучение наиболее важных тем или разделов дисциплины завершают лабораторные и практические занятия, которые обеспечивают: контроль подготовленности студента; закрепление учебного материала; приобретение опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, в том числе аргументации и защиты выдвигаемых положений и тезисов.

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

По согласованию с преподавателем или по его заданию студенты готовят рефераты по отдельным темам дисциплины, выступают на занятиях с докладами. Основу докладов составляет, как правило, содержание подготовленных студентами рефератов.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает по результатам тестирования, собеседования, защиты отчетов по лабораторным работам, а также по результатам докладов.

Преподаватель уже на первых занятиях объясняет студентам, какие формы обучения следует использовать при самостоятельном изучении дисциплины «Физика конденсированного состояния»: конспектирование учебной литературы и лекции, составление словарей понятий и терминов и т. п.

В процессе обучения преподаватели используют активные формы работы со студентами: чтение лекций, привлечение студентов к творческому процессу на лекциях, промежуточный контроль путем отработки студентами пропущенных лекции, участие в групповых и индивидуальных консультациях (собеседовании). Эти формы способствуют выработке у студентов умения работать с учебником и литературой. Изучение литературы составляет значительную часть самостоятельной работы студента. Это большой труд, требующий усилий и желания студента. В самом начале работы над книгой важно определить цель и направление этой работы. Прочитанное следует закрепить в памяти. Одним из приемов закрепления освоенного материала является конспектирование, без которого немислима серьезная работа над литературой. Систематическое конспектирование помогает научиться правильно, кратко и четко излагать своими словами прочитанный материал.

Самостоятельную работу следует начинать с первых занятий. От занятия к занятию нужно регулярно прочитывать конспект лекций, знакомиться с соответствующими разделами учебника, читать и конспектировать литературу по каждой теме дисциплины. Самостоятельная работа дает студентам возможность равномерно распределить нагрузку, способствует более глубокому и качественному усвоению учебного материала. В случае необходимости студенты обращаются за консультацией к преподавателю по вопросам дисциплины «Физика конденсированного состояния» с целью усвоения и закрепления компетенций.

Основная цель самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Физика конденсированного состояния» - закрепить теоретические знания, полученные в процессе лекционных занятий, а также сформировать практические навыки самостоятельного анализа особенностей дисциплины.

11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Libreoffice операционная система Windows
Антивирус Касперского (или ESETNOD)

12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и лаборатории кафедры нано-технологии и инженерной физики, оснащенная учебной мебелью:

столы, стулья для обучающихся; стол, стул для преподавателя; доска. Экран мобильный Draper Consul 60x60" 152x152 (3146,40), проектор BenQ MX522P. Мобильный ПК ACER"Aspire 5720-102G16Mi (32032). Экран настенный 150x150, мультимедийный проектор MW533. Лабораторная установка "Эффект Фарадея". Лабораторная установка "Эффект Зеебека". Лабораторная установка "Рентгеновская люминесценция". Лабораторная установка "Эффект Холла в полупроводниках". Лабораторная установка "Электронный парамагнитный резонанс". ПВЭМ тип 3 (Asus-P7P55LX-/DD34096Mb/Coreei5760/SATA-11 1TB Samsung/PCI-E 512Mb Монитор TFT Wide 23).

13 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Доклад (реферат) также может быть представлен в письменной форме, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.). Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее ме-

сто, передвигаться по аудитории, прочитать задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).

14 Лист дополнений и изменений, внесенных в рабочую программу дисциплины

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц	Дата	Основание для изменения и подпись лица, проводившего изменения
	измененных	замененных	аннулированных	новых			