

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е.А. Турилова

17 февраля 2023 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Физика конденсированного состояния

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): заведующий кафедрой, д.н. (доцент) Воронина Е.В. (Кафедра физики твердого тела, Отделение физики), Elena.Voronina@kpfu.ru ; доцент, к.н. (доцент) Деминов Р.Г. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Raphael.Deminov@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные типы конденсированных сред,
 симметричную классификацию кристаллических решеток,
 основные типы структурных дефектов, элементы теории упругости;
 особенности классического и квантово-механического описания электронного газа,
 основные термодинамические и кинетические характеристики и электромагнитные свойства электронного газа;
 методы описания динамики решетки, основные типы колебаний решетки и их физические проявления;
 свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости

Должен уметь:

определить структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа; рассчитать термодинамические и кинетические характеристики квантового электронного газа; уметь выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи; использовать полученные знания при решении профессиональных задач, связанных со свойствами твердого тела

Должен владеть:

обладать навыками работы с научной литературой с использованием новых информационных технологий;
 методами научных исследований;
 освоить теорию и модели;
 навыками в проведении физических исследований по заданной тематике;

Должен демонстрировать способность и готовность:

иметь навыки:

- системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности;
- работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;
- проведения физического эксперимента.
- к планированию докладов, семинаров, обеспечивающему последовательность изложения материала
- связать излагаемую тему физики с другими дисциплинами.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.15 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника (Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники)" и относится к обязательной части ОПОП ВО. Осваивается на 3 курсе в 6 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 125 часа(ов), в том числе лекции - 54 часа(ов), практические занятия - 34 часа(ов), лабораторные работы - 36 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 37 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 семестре.

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

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Основные принципы статистической физики.	6	4	0	2	0	0	0	2
2.	Тема 2. Общие методы статистической механики.	6	4	0	2	0	0	0	2
3.	Тема 3. Термодинамические величины и термодинамические соотношения.	6	2	0	2	0	0	0	1
4.	Тема 4. Идеальные газы.	6	2	0	2	0	0	0	1
5.	Тема 5. Классический идеальный газ.	6	2	0	2	0	0	0	1
6.	Тема 6. Квантовый идеальный газ.	6	4	0	2	0	0	0	2
7.	Тема 7. Типы твердых тел, типы связи Типы твердых тел, типы связи	6	2	0	2	0	0	0	3
8.	Тема 8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.	6	4	0	2	0	6	0	4
9.	Тема 9. Динамика кристаллической решетки	6	6	0	2	0	0	0	5
10.	Тема 10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства.	6	8	0	2	0	10	0	5
11.	Тема 11. Полупроводники .	6	6	0	4	0	10	0	4
12.	Тема 12. Диэлектрики, сегнетоэлектрики	6	4	0	2	0	6	0	4
13.	Тема 13. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Антиферромагнетизм. Доменная структура.	6	4	0	4	0	2	0	2
14.	Тема 14. Сверхпроводимость. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.	6	2	0	4	0	2	0	1
	Итого		54	0	34	0	36	0	37

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Основные принципы статистической физики.

Фазовое пространство. Микросостояние. Средние значения и флуктуации. Термодинамическое равновесие.

Макропараметры, макросостояние. Метод ансамблей. Функция статистического распределения. Матрица плотности.

Классическое и квантовое уравнения Лиувилля. Теорема Лиувилля.

Тема 2. Общие методы статистической механики.

Микроканоническое распределение. Статистический вес и энтропия. Внутренние и внешние параметры. Свойства энтропии. Обратимые и необратимые процессы. Температура. Каноническое распределение. Статистический интеграл и статистическая сумма. Большое каноническое распределение. Химический потенциал, большая статистическая сумма. Эквивалентность равновесных ансамблей.

Тема 3. Термодинамические величины и термодинамические соотношения.

Первое начало термодинамики. Работа и количество тепла. Теплоемкость. Энергия, энтальпия, свободная энергия, термодинамический потенциал и их свойства. Соотношения взаимности Максвелла. Связь статистической суммы и большой статистической суммы с термодинамическими потенциалами.

Тема 4. Идеальные газы.

Принцип полной тождественности и неразличимости частиц одного сорта. Учет спина. Фермионы и бозоны. Принцип запрета для фермионов. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Калорическое уравнение состояния идеальных газов. Термическое уравнения состояния идеальных газов в параметрической форме.

Тема 5. Классический идеальный газ.

Разреженный идеальный газ. Распределение Максвелла-Больцмана. Распределение Максвелла по скоростям. Распределение Больцмана в пространстве. Химический потенциал классического идеального газа. Критерии применимости классического приближения и вырождения. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.

Тема 6. Квантовый идеальный газ.

Черное излучение, формула Планка, энергия и давление равновесного фотонного газа. Бозе-эйнштейновская конденсация. Температура бозе-эйнштейновской конденсации. Полностью вырожденный электронный газ в металле. Энергия Ферми. Давление электронного газа при $T=0$. Теплоемкость вырожденного электронного газа в металле.

Тема 7. Типы твердых тел, типы связи Типы твердых тел, типы связи

Ионная, ковалентная и ван-дер-ваальсова связи. Промежуточные типы связей. Металлическая связь. Водородная связь. Характерные значения энергии связи.

Ковалентный и ионный радиусы. Изоморфизм и морфотропия. Полиморфизм. Координационное число. Ориентационный, индукционный и дисперсионный эффекты.

Тема 8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.

Элементы симметрии. Решетки Браве. Базис кристаллической решетки. Примитивная ячейка, ячейка Вигнера-Зейтца. Кристаллографические направления и плоскости. Обратная решетка. Дифракция рентгеновских лучей. Дифракция нейтронов и электронов. Условия Лауэ и Вульфа-Брэггов. Структурный фактор. атомный структурный фактор.

Тема 9. Динамика кристаллической решетки

Динамика решетки. Адиабатическое приближение. Энергия кристаллической решетки. Роль трансляционной инвариантности. Колебания линейных цепочек. Общая классификация колебательных мод. Акустические и оптические колебания. Колебания неидеальных решеток, локальные моды. Квантование колебаний решетки. Фононы. Энергия, импульс и квазиимпульс фонона. Экспериментальные методы определения фононного спектра. Рассеяние нейтронов. Бесфононное, однофононное и двухфононное рассеяние. Рассеяние электромагнитного излучения. Рассеяние рентгеновского излучения. Бриллюэновское и мандельштам-рамановское рассеяние.

Тема 10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства.

Теория металлов Друде. Статическая электропроводность. Теплопроводность. Закон Видемана-Франца. Эффект Холла, постоянная Холла. Теплоемкость. Теория металлов Зоммерфельда. Уравнение Шредингера для свободных электронов. Граничное условие Борна-Кармана. Элементы зонной теории. Понятие о самосогласованном поле в кристаллах. Квантовая механика частицы в пространственно-периодическом поле.

Блоховские волновые функции. Зоны Бриллюэна. Закон дисперсии электронов в кристаллах: общие свойства, разрешенные и запрещенные зоны. Движение электронов в кристалле под действием внешних электрических и магнитных полей. Поверхность Ферми. Энергетическая щель. Природа энергетической щели.

Элементы зонной теории. Модель Кронига-Пенни. Квазиимпульс. Эффективная масса. Приближения сильной и слабой связи. Поверхность Ферми.

Тема 11. Полупроводники .

Полупроводники и диэлектрики, сегнетоэлектрики. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Электроны и дырки. Положение уровня Ферми в собственных и примесных полупроводниках. Легирование полупроводников. Дюоры и акцепторы. Энергия примесных состояний. Явления в контактах. Условия равновесия контактирующих тел. Плотность тока. Соотношение Эйнштейна. Термоэлектронная работа выхода. Контактная разность потенциалов. Распределение концентрации электронов и потенциала в слое объемного заряда. Обогащенный контактный слой в отсутствие тока. Длина экранирования. Истощенный контактный слой. Резкий и плавный p-n переход. Зарядная емкость. Выпрямление в контакте металл - полупроводник. Выпрямление в контакте полупроводник - полупроводник с различным типом проводимости. Выпрямляющие свойства p-n перехода.

Тема 12. Диэлектрики, сегнетоэлектрики

Свойства диэлектриков. Электропроводность диэлектриков. Упругая поляризация. Тепловая поляризация. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Вынужденная поляризация. Пьезополяризация. Пирополяризация. Фотополяризация. Электреты.

Тема 13. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Антиферромагнетизм. Доменная структура.

Намагниченность и восприимчивость. Гамильтониан взаимодействия атомов и молекул с магнитным полем, расщепление уровней. Диамагнетизм. Формула Ланжевена для диамагнитной восприимчивости. Связь Рассела-Саундерса. Правила Хунда. Парамагнетизм. Восприимчивость атомов с частично заполненной оболочкой. Парамагнетизм Ван Флека. Ланжевенский парамагнетизм. Функции Бриллюэна и Ланжевена. Закон Кюри. Примеры: Редкоземельные ионы и ионы переходных элементов. Расщепление уровней внутрикристаллическим полем. Замораживание орбитального углового момента. Спиновый парамагнетизм Паули.

Диамагнетизм Ландау. Ферромагнетизм. Понятие об обменном взаимодействии. Обменный интеграл. Магнитные домены. Спиновые волны - магноны. Антиферромагнетизм. Доменная структура. Ферромагнитные домены. Движение границ при намагничивании, эффект Баркгаузена. Техническое и истинное насыщение, гистерезис, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила, потери энергии, магнитомягкие и магнитожесткие материалы. Магнитная анизотропия, направления легкого и трудного намагничивания. Наведенная, обменная, поверхностная анизотропия.

Тема 14. Сверхпроводимость. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.

Сверхпроводимость. Эффект Мейсснера. Идеальный диамагнетизм, термоэлектрические свойства, магнитные свойства, критическое поле. Проявления существования энергетической щели: теплоемкость, нормальное туннелирование, высокочастотное поглощение, затухание звука. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Вихри Абрикосова. Эффект Джозефсона. Высокотемпературные сверхпроводники. Уравнение Лондонов. Основные идеи теории Бардина-Купера-Шриффера. Электронные пары. Теория Гинзбурга-Ландау. Кристаллическая структура и изотопический эффект.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

МГУ им. Ломоносова - http://shg.phys.msu.ru/educat/cond_mat/notes.html

Научно-образовательный центр по нанотехнологиям МГУ - <http://nano.msu.ru/research/seminars/condensed>

НИИЯФ МГУ им. Ломоносова - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/solidst/index.html#%D1%81>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Интернет-каталог on-line курсов -

https://www.coursera.org/?utm_medium=email&utm_source=other&utm_campaign=notifications.auto.7F14gZ3wEeeZeg7kw5nKNg

МГУ им. Ломоносова - shg.phys.msu.ru/educat/cond_mat/notes.html

нанотехнологическое сообщество Нанометр - http://www.nanometer.ru/2010/04/03/msu_210223.html

НИИЯФ МГУ им. Ломоносова - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/solidst/index.html#%D1%81>

Образовательный проект А.Н. Варгина - www.ph4s.ru/book_ph_tvte.html

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Можно выделить несколько видов самостоятельной работы обучающихся при изучении данной дисциплины. Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции обучающемуся следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☑ Понять и запомнить все новые определения. ☑ Найти в сети Интернет указанные ссылки и провести действия, рекомендованные преподавателем. ☑ Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать. ☑ При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами.
практические занятия	<p>Практические занятия проходят в форме дискуссии, обсуждения предложенных преподавателем тем презентаций. Обучающийся должен подготовить выступление, визуальное сопровождение материал подготовленного самостоятельно. Выступление должно быть организовано в форме презентации. При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы.</p>
лабораторные работы	<p>Лабораторные задания выдаются преподавателем и предполагают самостоятельное решение. При подготовке к занятиям тема лабораторной работы должна быть изучена теоретически. На аудиторных занятиях выполняется практическая часть. Преподаватель может задать конкретные вопросы, касающиеся непосредственных действий студента во время выполнения работы, попросить прокомментировать или объяснить полученные студентом результаты лабораторной работы. Кроме того, работа на лабораторных занятиях предполагает активное участие в обсуждении темы лабораторной работы.</p>
самостоятельная работа	<p>Самостоятельное изучение части материала. Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель. - постановка проблемы; - варианты решения; - аргументы в пользу тех или иных вариантов решения. На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу.</p>
экзамен	<p>При подготовке к экзамену необходимо опираться, прежде всего, на лекции, а также на источники, которые указаны в списке литературы. В каждом билете на зачете содержится два вопроса. По каждому вопросу должен быть подготовлен развернутый, исчерпывающий ответ. При неполном ответе могут быть заданы дополнительные наводящие вопросы</p>

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки "Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники".

*Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.15 Физика конденсированного состояния*

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Основная литература:

1. Стрекалов, Ю. А. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2018. - 307 с.: - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-00967-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/959952> (дата обращения: 29.06.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела: учебное пособие / Г. И. Епифанов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 288 с. - ISBN 978-5-8114-1001-9. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210671> (дата обращения: 29.06.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния: учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 296 с. - ISBN 978-5-00101-825-4. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/151595> (дата обращения: 29.06.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Матухин, В. Л. Физика твердого тела: учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-0923-5. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210305> (дата обращения: 29.06.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. 'Физика конденсированного состояния' [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. И. Кузнецов, Н. А. Тимченко. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 47 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/417650> (дата обращения: 29.06.2023). - Режим доступа: по подписке.
3. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 384 с. - ISBN 978-5-8114-0922-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210524> (дата обращения: 29.06.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.15 Физика конденсированного состояния*

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»
Институт физики
Отделение физики

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
Б1.О.15 Физика конденсированного состояния

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине**
- 2. Критерии оценивания сформированности компетенций**
- 3. Распределение оценок за формы текущего контроля и промежуточную аттестацию**
- 4. Оценочные средства, порядок их применения и критерии оценивания**
 - 4.1. Оценочные средства текущего контроля**
 - 4.1.1. Лабораторные работы*
 - 4.1.1.1. Порядок проведения и процедура оценивания
 - 4.1.1.2. Критерии оценивания
 - 4.1.1.3. Содержание оценочного средства
 - 4.1.2. Письменная работа*
 - 4.1.2.1. Порядок проведения и процедура оценивания
 - 4.1.2.2. Критерии оценивания
 - 4.1.2.3. Содержание оценочного средства
 - 4.1.3. Решение задач (практика)*
 - 4.1.3.1. Порядок проведения и процедура оценивания
 - 4.1.3.2. Критерии оценивания
 - 4.1.3.3. Содержание оценочного средства
 - 4.1.4. Устный опрос*
 - 4.1.4.1. Порядок проведения и процедура оценивания
 - 4.1.4.2. Критерии оценивания
 - 4.1.4.3. Содержание оценочного средства
 - 4.1.5. Контрольная работа*
 - 4.1.4.1. Порядок проведения и процедура оценивания
 - 4.1.4.2. Критерии оценивания
 - 4.1.4.3. Содержание оценочного средства
 - 4.2. Оценочные средства промежуточной аттестации**
 - 4.2.1. Экзамен*
 - 4.2.1.1. Порядок проведения и процедура оценивания
 - 4.2.1.2. Критерии оценивания
 - 4.2.1.3. Оценочные средства

1. Соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Проверяемые результаты обучения для данной дисциплины	Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации
<p>ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования</p>	<p><i>Знать :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - основные типы конденсированных сред, классификацию кристаллических решеток, - особенности классического и квантово-механического описания электронного газа, - основные термодинамические и кинетические характеристики и электромагнитные свойства электронного газа; - методы описания динамики решетки, основные типы колебаний решетки и их физические проявления; - свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости <p><i>Уметь:</i> выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах и сформулировать задачу;</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать полученные знания при решении профессиональных задач, связанных со свойствами твердого тела - выделить физическое содержание проблемы и сформулировать конкретную задачу; - <i>способен:</i> связать излагаемую тему физики с другими дисциплинами; - <p><i>Владеть навыками:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — понятийным аппаратом физики конденсированного состояния — работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой; — проведения физического эксперимента; — к планированию докладов, семинаров, обеспечивающему последовательность изложения материала; — связать излагаемую тему физики с другими дисциплинами. 	<p>Текущий контроль:</p> <p><i>1. Лабораторные работы по темам</i></p> <p>8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.</p> <p>10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства.</p> <p>11. Полупроводники и диэлектрики, сегнетоэлектрики. Полупроводники.</p> <p>12. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Антиферромагнетизм. Доменная структура.</p> <p><i>2. Письменная работа по темам:</i></p> <p>7. Типы твердых тел, типы связи Типы твердых тел, типы связи</p> <p>8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.</p> <p>10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства.</p> <p><i>Решение задач (практика):</i></p> <p>8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.</p> <p>10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства.</p> <p>11. Полупроводники и диэлектрики, сегнетоэлектрики. Полупроводники.</p> <p>13. Сверхпроводимость. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.</p> <p>14. Дефекты кристаллической решетки Упругие свойства кристаллов</p> <p><i>Устный опрос по темам:</i></p> <p>6. Квантовый идеальный газ.</p> <p>7. Типы твердых тел, типы связи</p>

		<p>9. Динамика кристаллической решетки 11. Полупроводники и диэлектрики, сегнетоэлектрики. Полупроводники. 12. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Антиферромагнетизм. Доменная структура. 13. Сверхпроводимость. Туннельные эффекты в сверхпроводниках. 14. Дефекты кристаллической решетки Упругие свойства кристаллов</p> <p><i>Контрольная работа по темам:</i> 1. Основные принципы статистической физики 2. Общие методы статистической механики</p> <p>Промежуточная аттестация: Экзамен</p>
--	--	---

2. Критерии оценивания сформированности компетенций

Компетенция	Экзамен сдан			Не сдан
	Высокий уровень (отлично) (86-100 баллов)	Средний уровень (хорошо) (71-85 баллов)	Низкий уровень (удовлетворительно) (56-70 баллов)	Ниже порогового уровня (неудовлетворительно) (0-55 баллов)
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	<p><u>Знает</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - особенности классического и квантово-механического описания электронного газа, свободно воспроизводит вывод основных формул, - классификацию кристаллических решеток, сопоставляет элементам симметрии - разграничивает и может полно охарактеризовать основные типы конденсированных сред, - называет и может полно охарактеризовать основные термодинамические и кинетические характеристики и электромагнитные свойства электронного газа; - методы описания динамики решетки, основные типы колебаний решетки и может дать оценку их физическим проявлениям; - свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости, дает оценки основных параметров 	<p><u>Знает</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - особенности классического и квантово-механического описания электронного газа, записывает основные формулы - классификацию кристаллических решеток, перечисляет элементы симметрии - разграничивает и характеризует основные типы конденсированных сред, - называет и может дать оценку основным термодинамические и кинетические характеристики и электромагнитные свойства электронного газа; - методы описания динамики решетки, основные типы колебаний решетки и их физические проявления; - свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости 	<p><u>Знает</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - особенности классического и квантово-механического описания электронного газа, - классификацию кристаллических решеток, - Разграничивает: основные типы конденсированных сред, - называет основные термодинамические и кинетические характеристики и электромагнитные свойства электронного газа; - основные типы колебаний решетки и их физические проявления; - свойства и основные типы сверхпроводников 	<p><u>Знает</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - о разнице между классическим и квантово-механическим описанием электронного газа, - имеет представление о классификации кристаллических решеток, - может перечислить некоторые основные типы конденсированных сред, - не может назвать основные термодинамические и кинетические характеристики и электромагнитные свойства электронного газа; - основные типы колебаний решетки; - свойства сверхпроводников
	<p><u>Умеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - выделить конкретное физическое содержание в задаче и сформулировать задачу; - уверенно использует полученные 	<p><u>Умеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - выделить конкретное физическое содержание в задаче и сформулировать задачу; - частично использует полученные 	<p><u>Умеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - выделяет конкретное физическое содержание в задаче не может сформулировать задачу; - неуверенно и 	<p><u>Не умеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах и не может

знания при решении задач, связанных со свойствами твердого тела	знания при решении задач, связанных со свойствами твердого тела	бессистемно использует полученные знания при решении задач, связанных со свойствами твердого тела	сформулировать задачи; - не может использовать полученные знания при решении задач, связанных со свойствами твердого тела
<u>Имеет навыки:</u> - уверенной и самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой; - проведения физического эксперимента.	<u>Имеет навыки:</u> - работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой; - проведения физического эксперимента.	<u>Имеет навыки:</u> - работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой под руководством преподавателя; - способен провести физического эксперимента в сопровождении преподавателя или инженера.	<u>Не имеет навыков:</u> - работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой; - не способен провести физический эксперимент.
<u>Демонстрирует уверенную способность:</u> - к планированию докладов, семинаров, обеспечивающему последовательность изложения материала; - связать излагаемую тему физики с другими дисциплинами.	<u>Демонстрирует способность:</u> - к планированию докладов, семинаров, обеспечивающему последовательность изложения материала; - ориентируется в связях излагаемой темы физики с другими дисциплинами.	<u>Демонстрирует способность:</u> - к планированию докладов, семинаров, обеспечивающему последовательность изложения материала; - не может связать излагаемую тему физики с другими дисциплинами.	<u>Не способен:</u> - последовательно изложить материал; - не может связать излагаемую тему физики с другими дисциплинами.
<u>Владеет:</u> - уверенно и свободно понятийным аппаратом физики конденсированного состояния;	<u>Владеет:</u> - понятийным аппаратом физики конденсированного состояния;	<u>Владеет:</u> - частично понятийным аппаратом физики конденсированного состояния;	<u>Не владеет:</u> - понятийным аппаратом физики конденсированного состояния;
<u>Способен:</u> - самостоятельно сделать оценки основных термодинамических и кинетических характеристики и электромагнитные свойства электронного газа	<u>Способен:</u> - сделать оценки некоторых термодинамических и кинетических характеристики и электромагнитные свойства электронного газа	<u>Способен:</u> - дать оценки некоторых из основных термодинамических и кинетических характеристики и электромагнитные свойства электронного газа	<u>Не способен:</u> - сделать оценки основных термодинамических и кинетических характеристики и электромагнитные свойства электронного газа

	<p><u>Соотносит:</u> свободно и уверенно излагаемую тему физики с другими дисциплинами</p>	<p><u>Соотносит:</u> - излагаемую тему физики с другими дисциплинами</p>	<p><u>Способен соотнести:</u> - некоторые аспекты излагаемой темы физики с другими дисциплинами</p>	<p><u>Не способен:</u> - связать излагаемую тему физики с другими дисциплинами</p>
--	--	---	---	--

3. Распределение оценок за формы текущего контроля и промежуточную аттестацию

6 семестр

Текущий контроль:

1. Лабораторные работы – максимальное количество баллов 25

- Темы:
- 8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.
- 10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства.
- 11. Полупроводники и диэлектрики, сегнетоэлектрики. Полупроводники.
- 12. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Антиферромагнетизм. Доменная структура.

2. Письменная работа – максимальное количество баллов 5

- Темы:
- 7. Типы твердых тел, типы связи Типы твердых тел, типы связи
- 8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.
- 10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства.

3. Решение задач (практика) – максимальное количество баллов 5

Темы:

- 8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.
- 10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства.
- 11. Полупроводники и диэлектрики, сегнетоэлектрики. Полупроводники.
- 13. Сверхпроводимость. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.
- 14. Дефекты кристаллической решетки Упругие свойства кристаллов

Устный опрос по темам – максимальное количество баллов 5

Темы:

- 6. Квантовый идеальный газ.
- 7. Типы твердых тел, типы связи
- 9. Динамика кристаллической решетки
- 11. Полупроводники и диэлектрики, сегнетоэлектрики. Полупроводники.
- 12. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Антиферромагнетизм. Доменная структура.
- 13. Сверхпроводимость. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.
- 14. Дефекты кристаллической решетки Упругие свойства кристаллов

Контрольная работа – максимальное количество баллов 10

Темы:

- 1. Основные принципы статистической физики
- 2. Общие методы статистической механики

Итого $25+5+5+10+5 = 50$ баллов

Промежуточная аттестация – экзамен

Экзамен проводится в устной форме. Билет содержит по два вопроса, требующих развернутого ответа. На подготовку к ответу отводится 5–10 минут на каждый вопрос.

Устный ответ – максимальное количество баллов 50

Итого = 50 баллов

Общее количество баллов по дисциплине за текущий контроль и промежуточную аттестацию: $50+50=100$ баллов.

Соответствие баллов и оценок:

Для экзамена:

86-100 – отлично

71-85 – хорошо

56-70 – удовлетворительно

0-55 – неудовлетворительно

4. Оценочные средства, порядок их применения и критерии оценивания

4.1. Оценочные средства текущего контроля

4.1.1. Лабораторные работы

Темы:

- 8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.
- 10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства.
- 11. Полупроводники и диэлектрики, сегнетоэлектрики. Полупроводники.
- 12. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Антиферромагнетизм. Доменная структура.

4.1.1.1. Порядок проведения.

В аудитории, оснащённой соответствующим лабораторным оборудованием (Практикум по физике конденсированного состояния к. 803,804 здания Института физики), обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий.

Перед выполнением заданий, которые выполняют обучающиеся, они инструктируются по технике безопасности. Преподаватель выдает задания по выполнению лабораторных работ. Каждый обучающийся должен выполнить и сделать отчет по 4 работам.

Перед выполнением работ обучающийся сдает устно теоретическую часть лабораторной работы и перечисляет порядок действий при ее выполнении. После выполнения работы обучающийся анализирует полученные данные, оформляет и в виде отчета и сдает преподавателю. При сдаче отчета по практической части обучающийся также отвечает на вопросы и комментирует полученные результаты.

Лабораторные работы и сдача отчета выполняются в аудиторские часы, отведенные для этого в расписании. Подготовка отчета может проводиться в рамках самостоятельной работы.

Преподавателю в указанные сроки сдается файл, сформированный с помощью текстового редактора Microsoft Word или в формате Adobe Acrobat.

Оценивается:

- выполнение *полного* комплекта заданий (4 лабораторных работ) – 6 баллов;
- теоретическая часть заданий (4 балла);
- обработка и представление результатов измерений (5 баллов);

4.1.1.2. Критерии оценивания

Баллы в интервале 86-100% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 21–25 баллов, все задания выполнены на хорошем уровне и отчеты представлены не позже заданного срока Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены.

Баллы в интервале 71-85% от максимальных ставятся, если обучающийся:

–набрал 17–20 баллов, все задания выполнены и отчеты представлены не позже заданного срока. Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены.

Баллы в интервале 56-70% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 12–16 баллов, задания выполнены частично и отчеты представлены не позже заданного срока. Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены.

Баллы в интервале 0-55% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 0–11 баллов, большая часть заданий не выполнена и отчеты представлены позже заданного срока. Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены.

4.1.1.3. Содержание оценочного средства

Выполняются лабораторные работы из списка:

- Физика полупроводников (элементы теории, руководство и задания к лабораторным работам).
- Физика полупроводниковых приборов Контактные явления в полупроводниках. Полупроводниковый диод.
- Полупроводниковый инжекционный лазер
- Измерение вольт-амперных и люкс-амперных характеристик фоторезистора из CdS.
- Определение температуры перехода в сверхпроводящее состояние высокотемпературного сверхпроводника.
- Изучение работы полевого транзистора.
- Температурная зависимость проводников
- Эффект Холла
- Изучение процессов намагничивания и переманничивания магнетиков.
- Туннельный диод
- Упругая и пластическая деформация.

4.1.2. Письменная работа

Темы:

- 7. Типы твердых тел, типы связи Типы твердых тел, типы связи
- 8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.
- 10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства.

4.1.2.1 Порядок проведения

Обучающиеся получают задание в тестовой форме в виде вопросов по освещению определённых тем, включает решение задачи. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.

Выполняется в аудитории для практических и семинарских занятий. Время на выполнение – 1 академический час. Работа сдается в письменной форме.

Оценивается:

- правильность ответов и количество правильных ответов (10 баллов)

4.1.2.2. Критерии оценивания

Баллы в интервале 86-100% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 5 баллов. Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.

Баллы в интервале 71-85% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 4 балла, правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом.

Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.

Баллы в интервале 56-70% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 3 балла, задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.

Баллы в интервале 0-55% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 0–2 баллов, задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.

4.1.2.3. Содержание оценочного средства

Примерные задания работы

- 1. Металлическая связь 1. гомеоплярная 2. молекулярная 3. гетероплярная
- Ковалентный и металлический радиусы 1. идентичны 2. неидентичны 3. схожи
- 3.Полиморфный переход является 1. фазовым переходом первого рода 2. фазовым переходом второго рода 3. не является фазовым переходом
- Число атомов, приходящееся на элементарную объёмноцентрированную ячейку кристалла, равно 1. Один 2. Два 3. Восемь 4. Девять 3.
- 5.Сопrotивление кристаллических проводников определяется 1. Рассеянием электронов на узлах кристаллической решётки 2. Рассеянием электронов на неоднородностях кристаллической решётки 3. Взаимодействием с дырками валентной зоны
- 6. Какое из перечисленных условий НЕ является необходимым для работы лазера непрерывного излучения: 1. Накачка среды до возникновения инверсной заселённости. 2. Наличие как минимум 3-х энергетических уровней активной среды 3. Наличие высокочастотного интерферометра Фабри-Перо 4. Наличие самопросветляющегося затвора
- 7. Полупроводники 1. При нормальных температурах проводят электрический ток, а при низких являются изоляторами 2. Выталкивают из себя магнитное поле при низких температурах 3. Проводят ток только в одном направлении 4. При нормальных температурах являются изоляторами
- 8.координационное число простой кубической решетки 1. 2 2. 8 3. 6
- 9.сколько типов решеток, различающихся своими пространственными группами симметрии 1. 4 2. 14 3. 7
- 10. для конструктивной интерференции рентгеновских лучей на кристаллической решетке необходимо выполнение условий 1. при изменении волнового вектора на произвольный вектор обратной решетки 2. рентгеновские лучи должны испытывать зеркальное отражение от ионов каждой из плоскостей

4.1.3. Решение задач (практика)

Темы:

- 8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.
- 10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства.
- 11. Полупроводники и диэлектрики, сегнетоэлектрики. Полупроводники.
- 13. Сверхпроводимость. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.
- 14. Дефекты кристаллической решетки Упругие свойства кристаллов

4.1.3.1 Порядок проведения

Выполняется в аудитории для практических и семинарских занятий. После объяснения темы преподаватель предлагает решить несколько задач для закрепления материала. В конце семестра проводится письменная работа. Работа на практических занятиях предполагает активное участие в обсуждении рассматриваемых вопросов. При подготовке к занятиям рекомендуется выделять в материале проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем на лекциях, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторами могут быть даны различные ответы. Практические задания выдаются преподавателем и предполагают самостоятельное решение. Однако при необходимости можно посоветоваться с преподавателем.

Оценивается:

- способность выделить конкретное физическое содержание в задаче и сформулировать задачу (3 балла);
- правильность решенных задач и их количество (2 балла);

4.1.3.2. Критерии оценивания

Баллы в интервале 86-100% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 5 баллов. Правильно решены все задачи. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания для решения конкретных задач.

Баллы в интервале 71-85% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 4 балла, Правильно решена большая часть задач. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных задач.

Баллы в интервале 56-70% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 3 балла, задачи решены более, чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения для решения конкретных задач.

Баллы в интервале 0-55% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 0–2 баллов, задачи решены менее, чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения для решения конкретных задач.

4.1.3.3. Содержание оценочного средства

Примерные задачи:

- Определить плотность кристалла стронция, если известно, что кристаллическая решетка гранецентрированной кубической сингонии, а период решетки равен 0.43 нм.
- Плотность кристалла NaCl равна $\rho = 2.18 \cdot 10^3$ кг/м³. Атомный вес натрия равен 23, а хлора – 35.46. Определить постоянную решетки.
- Чему равно число атомов в элементарной ячейке гексагональной плотноупакованной решетки?
- Вычислить значение энергии кристаллической решетки NaCl, если постоянная n , характеризующая потенциал сил отталкивания, равна 9.4, а постоянная Маделунга 1.75. Постоянная решетки NaCl равна 2.81 Å.
- Вычислить энергию отталкивания для KCl, если энергия диссоциации равна (-4.40) эВ. Принять $r_0 = 2.79$ Å, энергию ионизации атома калия равной 4.34 эВ, энергию сродства атома хлора к электрону – (-3.82 эВ).
- Пусть гранецентрированная кубическая и гексагональная решетки построены из одинаковых атомов, представляющих собой жесткие сферы с радиусом r . Показать, что
$$\frac{\pi\sqrt{2}}{6} = 0,74$$
 часть объема, занятая атомами при таком расположении, равна:
- Найти угол, образуемый гранями (100) и (010) кубического кристалла.

- Известно, что длина волны характеристического рентгеновского излучения, полученного с медного анода, составляет $1,537 \text{ \AA}$. Эти лучи, попадая на кристалл алюминия, вызывают дифракцию от плоскостей (111) под брэгговским углом $1902'$. Алюминий имеет структуру гранецентрированного куба, плотность его 2699 кг/м^3 , молярная масса – 26.98 г/моль . Рассчитать число Авогадро по этим экспериментальным данным.
- Появятся ли на рентгенограмме линии, возникшие в результате отражения от плоскостей (200) и (101) гранецентрированной кубической решетки?
- Сжимаемость меди $0,76 \cdot 10^{11} \text{ м}^2/\text{Н}$, коэффициент Пуассона 0.334 . Определить характеристическую температуру меди. Сравнить это значение характеристической температуры со значением, полученным в предыдущей задаче.
- Найти энергию фонона, соответствующего граничной частоте Дебая, если характеристическая температура Дебая равна 250 К .
- Почему электронная теплоемкость неметаллов практически равна нулю?
- Показать, что теплоемкость по теории Дебая достигает значения $3R$ при высоких температурах, когда $\theta_D/T \rightarrow 0$.

4.1.4. Устный опрос

Темы:

- 6. Квантовый идеальный газ.
- 7. Типы твердых тел, типы связи
- 9. Динамика кристаллической решетки
- 11. Полупроводники и диэлектрики, сегнетоэлектрики. Полупроводники.
- 12. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Антиферромагнетизм. Доменная структура.
- 13. Сверхпроводимость. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.
- 14. Дефекты кристаллической решетки Упругие свойства кристаллов

4.1.4.1 Порядок проведения

Проводится в лекционной аудитории после либо до начала лекции. Задаются устно вопросы, примерный список которых приведен ниже. Активно и правильно отвечающие обучающиеся поощряются баллами за правильные ответы.

4.1.4.2. Критерии оценивания

Баллы в интервале 86-100% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 5 баллов. В ответах уверенно и качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.

Баллы в интервале 71-85% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 4 балла. Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.

Баллы в интервале 56-70% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 4 балла, тема вопроса частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. .

Баллы в интервале 0-55% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 0–2 баллов, вопрос не раскрыт. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.

4.1.4.3. Содержание оценочного средства

- Промежуточные типы связей. Каковы характерные энергии связей различных типов.
- Перечислить элементы симметрии. Перечислить решетки Браве. Дать определения примитивной ячейки, ячейки Вигнера- Зейтца. Кристаллографические направления и плоскости. Индексы Миллера.
- В чем состоит адиабатическое приближение. Акустические и оптические колебания решетки. Энергия, импульс и квазиимпульс фонона.
- Положения теории металлов Друде. Закон Видемана-Франца. В чем состоит Эффект Холла. Перечислить положения теории металлов Зоммерфельда. Уравнение Шредингера для свободных электронов. В чем состоит граничное условие Борна-Кармана. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Закон дисперсии.
- Дать определение поверхности Ферми. Энергетическая щель. Уровни Ландау для свободных электронов в магнитном поле.
- Выражения для статистики носителей заряда в полупроводниках. Электроны и дырки.
- Охарактеризовать полупроводники с прямой и непрямой щелью.
- В чем состоит оптическая и термическая активация. Легирование полупроводников. Доноры и акцепторы. Квантовый эффект Холла.
- В чем состоит эффект Мейсснера. Чем отличаются сверхпроводники 1-го и 2-го рода. В чем состоит эффект Джозефсона. Уравнение Лондонов. Основные идеи положения теории Бардина-Купера-Шриффера.
- Перечислить типы дефектов. Перечислить типы дислокаций. Механизм источника Франка-Рида. Сформулировать закон Хола-Петча.
- Дать определения диамагнетизма и парамагнетизма. Функции Бриллюэна и Ланжевена. Сформулировать закон Кюри. Спиновый парамагнетизм Паули. Диамагнетизм Ландау.
- Охарактеризовать тип магнитного упорядочения - ферромагнетизм.
- Назвать причины формирования магнитных доменов. Спиновые волны - магноны.
- Охарактеризовать тип магнитного упорядочения - антиферромагнетизм.

4.1.5. Контрольная работа

Темы:

- 1. Основные принципы статистической физики
- 2. Общие методы статистической механики

4.1.5.1 Порядок проведения

Обучающиеся получают задание в виде задач по освещению определённых тем. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.

Выполняется в аудитории для практических и семинарских занятий. Время на выполнение – 2 академических часа. Работа сдаётся в письменной форме.

Оценивается:

- правильность ответов и количество правильных ответов (10 баллов)

4.1.5.2. Критерии оценивания

Баллы в интервале 86-100% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 10 баллов. Правильно решены все задачи. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания для решения конкретных задач.

Баллы в интервале 71-85% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 8-9 балла. Правильно решена большая часть задач. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных задач.

Баллы в интервале 56-70% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 5-7 балла, задачи решены более, чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения для решения конкретных задач.

Баллы в интервале 0-55% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– набрал 0-4 балла, задачи решены менее, чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения для решения конкретных задач.

4.1.5.3. Содержание оценочного средства

В полном объеме оценочное средство размещено по адресу: https://shelly.kpfu.ru/pls/student/docs/F943877732/bilety_FKS_BTS.pdf

Примерные задания контрольной работы:

- Молекулы газа распределены по двум уровням энергии и с кратностями вырождения и соответственно. Вычислить молярную теплоемкость газа.
- Твердое тело состоит из не взаимодействующих между собой ядер со спином 1. Каждое ядро может находиться в одном из трех квантовых состояний, причем два состояния имеют энергию, а энергия третьего состояния равна. Вывести выражение для теплоемкости ядер.
- Система может находиться в двух квантовых состояниях с энергиями и . Кратности вырождения состояний и . Получить зависимость энтропии от энергии .
- Найти приближенное выражение (с точностью до двух первых слагаемых) для статистической суммы частицы в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной яме шириной в пределе низких температур. Определить среднюю энергию и теплоемкость в этом пределе.
- Для системы невзаимодействующих частиц, имеющих два энергетических уровня и с кратностями вырождения и соответственно, найти среднюю энергию и теплоемкость .
- Молекулы газа распределены по двум уровням энергии 0 и ϵ и с кратностями вырождения g_1 и g_2 соответственно. Вычислить молярную теплоемкость газа.
- Твердое тело состоит из не взаимодействующих между собой ядер со спином 1. Каждое ядро может находиться в одном из трех квантовых состояний, причем два состояния имеют энергию , а энергия третьего состояния равна . Вывести выражение для теплоемкости ядер.
- Система может находиться в двух квантовых состояниях с энергиями ϵ_1 и ϵ_2 . Кратности вырождения состояний g_1 и g_2 . Получить зависимость энтропии от энергии.
- Найти приближенное выражение (с точностью до двух первых слагаемых) для статистической суммы частицы в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной яме шириной в пределе низких температур. Определить среднюю энергию и теплоемкость в этом пределе.
- Молекулы газа распределены по двум уровням энергии и с кратностями вырождения и соответственно. Вычислить молярную теплоемкость газа .
- Твердое тело состоит из N не взаимодействующих между собой ядер со спином 1. Каждое ядро может находиться в одном из трех квантовых состояний, причем два

состояния имеют энергию, а энергия третьего состояния равна ε_0 . Вывести выражение для теплоемкости ядер C_V .

4.2. Оценочные средства промежуточной аттестации

4.2.1. Экзамен

Устный ответ по вопросам билета

4.2.1.1. Порядок проведения

Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопросы и время на подготовку. Зачёт проводится в устной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий

Билеты содержат по два вопроса из нижеприведенного списка. Ответ на каждый вопрос оценивается из максимально возможной оценки 25 баллов.

4.2.1.2. Критерии оценивания.

Баллы в интервале 86-100% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

– набрал 22–25 баллов при ответе на каждый вопрос.

Баллы в интервале 71-85% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

– набрал 18–21 баллов при ответе на каждый вопрос

Баллы в интервале 56-70% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

– набрал 14–17 баллов при ответе на каждый вопрос

Баллы в интервале 0-55% от максимальных ставятся, если обучающийся:

– Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

– набрал 0 –13 баллов при ответе на каждый вопрос

4.2.1.3. Оценочные средства.

Экзаменационный билет № 1

1. Типы твердых тел. Ионная, ковалентная и ван-дер-Ваальсова связи. Металлическая связь.
2. Статистика носителей заряда в вырожденных полупроводниках.

Экзаменационный билет № 2

1. Решетки Браве. Понятия примитивной и условной ячейки, ячейки Вигнера-Зейтца.
2. Эффекты Ганна, Зинера.

Экзаменационный билет № 3

1. Классическая теория гармонического кристалла, гармоническое приближение, одномерная решетка Бравэ. Акустические и оптические колебания.
2. Диамагнетизм и парамагнетизм твердых тел.

Экзаменационный билет № 4

1. Энергия, импульс и квазиимпульс фонона. Методы исследования фононного спектра.
2. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Функции Бриллюэна и Ланжевена.

Экзаменационный билет № 5

1. Модель свободных электронов. Закон Видемана-Франца. Эффект Холла.
2. Закон Кюри. Спиновый парамагнетизм Паули. Диамагнетизм Ландау.

Экзаменационный билет № 6

1. Уравнение Шредингера для свободных электронов. Граничное условие Борна-Кармана.
2. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода.

Экзаменационный билет № 7

1. Квазиимпульс электрона. Зона Бриллюэна. Закон дисперсии. Поверхность Ферми.
2. Уравнения Лондонов. Вихри Абрикосова.

Экзаменационный билет № 8

1. Теплоемкость решетки. Закон Дюлонга-Пти. Модель Эйнштейна.
2. Основные положения теории Бардина-Купера-Шриффера.

Экзаменационный билет № 9

1. Контакт двух полупроводников с разным типом проводимости.
2. Приближение почти свободных электронов. Модель Кронига-Пенни. Структура энергетических зон.

Экзаменационный билет № 10

1. Собственная проводимость полупроводников. Легирование полупроводников, примесные полупроводники.
2. Антиферромагнетизм.

Экзаменационный билет № 11

1. Электропроводность в сильных электрических полях, отклонение от закона Ома, горячие электроны. Эффекты Ганна, Зинера.
2. Доменная структура. Ферромагнитные домены. Движение границ при намагничивании, эффект Баркгаузена.

Экзаменационный билет № 12

1. Явления в контактах. Соотношение Эйнштейна. Условия равновесия контактирующих тел. Термомоэлектронная работа выхода. Формула Ричардсона-Дэшмана.

2. Теория Зоммерфельда. Свойства электронного газа в основном состоянии.

Экзаменационный билет № 13

1. Контакт металл - полупроводник. Контакт двух полупроводников.
2. Закон Видемана-Франца. Теплопроводность металлов в модели Друде и Зоммерфельда.

Экзаменационный билет № 14

1. Зарядная емкость. Выпрямление в контакте.
2. Классификация решеток Бравэ. Точечные и пространственные группы

Экзаменационный билет № 15

1. Колебания линейных цепочек. Классификация колебательных мод. Акустические и оптические колебания.
2. Дипольное магнитное взаимодействие и обменное взаимодействие.

Экзаменационный билет № 16

1. Положение уровня Ферми в собственных полупроводниках.
2. Вырожденные и невырожденные системы частиц. Квантовые распределения.

Экзаменационный билет № 17

1. Эффект Мейсснера. сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Эффект Джозефсона.
2. Кристаллическая структура. Решетка с базисом.

Экзаменационный билет № 18

1. Эффективная масса. Квазиимпульс. Эффект Ганна.
2. Рассеяние нейтронов. Бесфононное, однофононное и двухфононное рассеяние. Рассеяние электромагнитного излучения. Рассеяние рентгеновского излучения. Бриллюэновское и мандельштам-рамановское рассеяние.

Экзаменационный билет № 19

1. Температурная зависимость проводимости в полупроводниках.
2. Обратная решетка. Дифракция рентгеновских лучей. Условие Лауэ и Вульфа-Брэггов.

Экзаменационный билет № 20

1. Теория металлов Друде. Статическая электропроводность. Теплопроводность. Закон Видемана-Франца.
2. Ферромагнетизм. Магнитные домены. Причины образования доменов.

Экзаменационный билет № 21

1. Условия равновесия контактирующих тел (пп/пп, м/пп).
2. Квазиимпульс. Эффективная масса.

Экзаменационный билет № 22

1. Обогащенный контактный слой в отсутствие тока, истощенный контактный слой, длина экранирования
2. Движение электронов в кристалле под действием внешних электрических и магнитных полей.

Экзаменационный билет № 23

1. Туннельный диод.
2. Свойства диэлектриков. Тепловая поляризация.

Экзаменационный билет № 24

1. Магнитная анизотропия, магнитокристаллическая анизотропия. Наведенная, обменная анизотропия.
2. Свойства диэлектриков. Вынужденная поляризация. Фотополяризация. Пирополяризация. Пьезополяризация. Электреты.

Экзаменационный билет № 25

1. Механизмы рассеяния электронов. Правило Матиссена.
2. Энергия кристаллической решетки. Адиабатическое приближение.

Экзаменационный билет № 26

1. Атомные плоскости. Индексы Миллера атомных плоскостей. Геометрический структурный фактор и атомный форм-фактор.
2. Уравнение Шредингера для электрона в периодическом потенциале. Функция Блоха, теорема Блоха

Экзаменационный билет № 27

1. Теплоемкость решетки. Модель Дебая.
2. ВАХ p-n перехода.

Экзаменационный билет № 28

1. Приближение почти свободных электронов. Модель Кронига-Пенни. Структура энергетических зон.
2. Резкий и плавный p-n переход. Зарядная емкость.

Экзаменационный билет № 29

1. Свойства диэлектриков. Упругая поляризация.
2. Статистика носителей заряда в невырожденных полупроводниках.

Экзаменационный билет № 30

1. Положение уровня Ферми в полупроводниках.
2. Электропроводность в сильных электрических полях, отклонение от закона Ома, горячие электроны, ударная ионизация

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Основная литература:

1. Стрекалов, Ю. А. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2018. - 307 с.: - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-00967-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/959952> (дата обращения: 29.06.2023). – Режим доступа: по подписке.
2. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела: учебное пособие / Г. И. Епифанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1001-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210671> (дата обращения: 29.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния: учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. — 4-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2020. — 296 с. — ISBN 978-5-00101-825-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151595> (дата обращения: 29.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Матухин, В. Л. Физика твердого тела: учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210305> (дата обращения: 29.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния» [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. И. Кузнецов, Н. А. Тимченко. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 47 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/417650> (дата обращения: 29.06.2023). – Режим доступа: по подписке.
3. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-0922-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210524> (дата обращения: 29.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7/8/10 Профессиональная.

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.