

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**Институт технологий и инженерной механики
Кафедра физики**

УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий и
инженерной механики

Могильная Е.П.

« 19 » 04 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»**

По направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль подготовки «Физика»

Луганск 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Физика конденсированного состояния» по направлению подготовки 03.03.02 Физика. — 16 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Физика конденсированного состояния» составлена с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» августа 2020 года №891.

СОСТАВИТЕЛЬ:

д. т. н., профессор, заведующий кафедрой физики Корсунов К.А.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена на заседании кафедры физики
«18» 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой физики Корсунов К.А.

Переутверждена: «__» ____ 20__ г., протокол № ____

Директор института технологий и инженерной механики Могильная Е.П.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии
института технологий и инженерной механики Ясуник С.Н.

© Корсунов К.А., 2023 год
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния» является изучение теоретических основ физики конденсированного состояния вещества, ознакомление с достижениями и проблемами современной физики твердого тела, физики полупроводников и физического материаловедения.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основных понятий и законов физики конденсированного состояния вещества для формирования знаний и умений, необходимых при использовании методов физики конденсированного состояния в научно-исследовательской и инженерной деятельности;
- овладение наиболее известными методами исследования, описания и расчета кристаллических твердых тел.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к базовой части модуля профессиональных дисциплин. Для овладения дисциплиной требуется знание таких дисциплин: «Математический анализ», «Алгебра и геометрия», «Молекулярная физика», «Колебания и волны», «Введение в физику твердого тела», «Квантовая теория» и др.

Дисциплина реализуется кафедрой физики.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических и (или) естественных наук ОПК-1.2. Применяет базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук для решения задач профессиональной деятельности	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; предысторию тематики исследования;
		Уметь: рассчитывать характеристики колебаний кристаллической решетки и фононного газа; рассчитывать характеристики движения электронов в периодическом поле кристалла в рамках зонной теории

		твердого тела; рассчитать термодинамические и кинетические характеристики квантового электронного газа; уметь выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи; Владеть навыками решения задач, основанных на практическом применении изучаемого материала; применения основных законов физики конденсированного состояния в важнейших практических приложениях.
ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-2.1. Умеет обрабатывать и представлять экспериментальные данные ОПК-2.2. Владеет методами физических исследований ОПК-2.3 Применяет методы исследования физических объектов, систем и процессов для решения задач профессиональной деятельности	Знать: методы обработки экспериментальных данных, полученных при изучении кристаллических тел; Уметь: рассчитать термодинамические и кинетические характеристики квантового электронного газа; Владеть навыками: применения основных методов исследования кристаллических тел для решения естественно-научных и технических задач.
ПК-1. Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ПК-1.1. Знает теоретические основы физических методов исследования и методы анализа свойств физических систем разного уровня организации. ПК-1.2. Знает методы экспериментальных исследований в физике, возможности и области использования аппаратуры и оборудования для выполнения физических исследований. ПК-1.3. Умеет: осуществлять выбор оборудования и методик для решения конкретных задач, эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование. ПК-1.4. Владеет навыками использования современных методов исследования в выбранной области.	Знать: теоретические основы физических методов исследования кристаллических тел. Уметь: применять методы экспериментальных исследований в физике конденсированного состояния, уметь выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи. Владеть: навыками использования возможностей современных компьютеров и информационных технологий при аналитическом и численном исследованиях моделей физики конденсированного состояния.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	216 (6 зач. ед.)	Не предусмотрена
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	84	
Лекции	42	
Семинарские занятия	-	
Практические занятия	42	
Лабораторные работы	-	
Курсовая работа (курсовой проект)	-	
Другие формы и методы организации образовательного процесса (расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.)	-	
Самостоятельная работа студента / форма контактной работы	96/36	
Форма аттестация	экзамен	

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 7

Тема 1. Химическая связь и структура кристаллов.

Введение. Периодические структуры. Виды химической связи в кристаллах. Пространственная решетка. Элементарная ячейка. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.

Тема 2. Динамика кристаллической решетки.

Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы.

Тема 3. Тепловые свойства твердых тел.

Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Классическая теория теплоемкости. Закон Дюлонга-Пти. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Ангармонические колебания. Теплопроводность решеточная и электронная.

Тема 4. Зонная теория твердых тел.

Уравнение Шредингера. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна-Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов. Приближение сильно связанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Понятие об эффективной массе. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, полуметаллы, диэлектрики и полупроводники.

Тема 5. Металлы.

Классическая электронная теория металлов. Закон Видемана-Франца. Квантовая статистика электронов в металле. Теплопроводность металлов. Электропроводность металлов.

Тема 6. Полупроводники.

Собственные полупроводники, собственная концентрация свободных носителей заряда. Собственная проводимость полупроводников. Проводимость примесных полупроводников. Эффект Холла. Фотопроводимость полупроводников. Люминесценция.

Тема 7. Контактные явления.

Работа выхода. Контакт двух металлов. Контакт металла с полупроводником. Контакт двух полупроводников с различным типом проводимости, физические принципы работы полупроводниковых приборов, основанных на р-п-переходах. Термоэлектрические явления: эффект Зеебека, эффект Пельтье, эффект Томсона.

Тема 8. Диэлектрические свойства твердых тел.

Поляризация диэлектриков. Основные механизмы поляризации. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость. Диэлектрические потери. Фазовые переходы в диэлектриках. Сегнетоэлектрики. Спонтанная поляризация, сегнетоэлектрический фазовый переход. Доменная структура, гистерезис. Пьезоэлектрики, пирозэлектрики, электреты.

Тема 9. Магнитные свойства твердых тел.

Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри-Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Антиферромагнетики, магнитная структура антиферромагнетиков. Точка Нееля. Ферримагнетики, магнитная структура ферримагнетиков. Спиновые волны, магноны. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

Тема 10. Сверхпроводимость.

Явление сверхпроводимости. Щели в энергетическом спектре сверхпроводника. Эффект Мейснера. Изотопический эффект. Элементы зонной теории СП Бардина-Купера-Шриффера (БКШ). Куперовские пары. Эффект Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Химическая связь и структура кристаллов	4	-
2	Динамика кристаллической решетки	4	-
3	Тепловые свойства твердых тел	4	-
4	Зонная теория твердых тел	4	-
5	Металлы	4	-
6	Полупроводники	4	-
7	Контактные явления	4	-
8	Диэлектрические свойства твердых тел	4	-
9	Магнитные свойства твердых тел	4	-
10	Сверхпроводимость	6	-
Итого:		42	-

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Химическая связь и структура кристаллов	4	-
2	Динамика кристаллической решетки	4	-
3	Тепловые свойства твердых тел	4	-
4	Зонная теория твердых тел	4	-
5	Металлы	4	-
6	Полупроводники	4	-
7	Контактные явления	4	-
8	Диэлектрические свойства твердых тел	4	-
9	Магнитные свойства твердых тел	4	-
10	Сверхпроводимость	6	-
Итого:		42	-

4.5. Лабораторные работы по дисциплине «Физика конденсированного состояния» не предполагаются учебным планом.

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Химическая связь и структура кристаллов	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	8	-
2	Динамика кристаллической решетки	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	8	-
3	Тепловые свойства твердых тел	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	10	-
4	Зонная теория твердых тел	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	10	-
5	Металлы	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	10	-
6	Полупроводники	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	10	-
7	Контактные явления	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	10	-
8	Диэлектрические свойства твердых тел	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	10	-
9	Магнитные свойства твердых тел	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	10	-

10	Сверхпроводимость	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	10	-
Итого:			96	-

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине «Физика конденсированного состояния» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения (технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (презентационные материалы), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект) образовательных технологий.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. В 2-х томах. – М.: Мир, 1979.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Мир, 1978.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Ч.1. – М.: Наука, 1976. – 584 с.
4. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. - М.: Высш. шк., 1977. – 288 с.

б) дополнительная литература:

1. Спроул Р. Современная физика. – М.: Наука, 1974.
2. Шалимова К.В. Физика полупроводников. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 392 с.
3. Бушманов Б.Н., Хромов Ю.А. Физика твердого тела. - М.: Высш. шк., 1971. – 224 с.
4. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: Высш. шк., 1990. – 478 с.
5. Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. – М.: Наука, 1969. – 399 с.

в) методические указания:

1. Методические указания к проведению текущего контроля (тесты) по дисциплине «Физика конденсированного состояния» (для студентов, обучающихся по направлению «Физика», специальность 03.03.02) / Сост.: К.А. Корсунов. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2016. – 20 с.

г) Интернет-ресурсы:

- Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.пф/>
- Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
- Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
- Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
- Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
- Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
- Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

- Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
- Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>
- Электронный каталог Научно-технической библиотеки ЮРГПУ (НПИ) – <https://libweb.srspu.ru/MegaProWeb/Web>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/register>
- Научная электронная библиотека eLibrary – <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

- Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

На лекционных занятиях используются раздаточный материал, наглядные пособия, мультимедийный проектор для показа фильмов, имеется экран, компьютер.

Практические и лабораторные занятия проводятся в специальных лабораториях, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice

Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине «Физика конденсированного состояния»

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Физика конденсированного состояния»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Тема 1. Химическая связь и структура кристаллов	7
				Тема 2. Уравнения Динамика кристаллической решетки	7
				Тема 3. Тепловые свойства твердых тел	7
				Тема 4. Зонная теория твердых тел	7
				Тема 5. Металлы.	7
				Тема 6. Полупроводники.	7
				Тема 7. Контактные явления	7
				Тема 8. Диэлектрические свойства твердых тел	7
				Тема 9. Магнитные свойства твердых тел	7
				Тема 10. Сверхпроводимость	7
2	ОПК-2	Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3	Темы 1-10	7
	ПК-1	Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4	Темы 1-10	7

		физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта			
--	--	---	--	--	--

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ОПК-1 ОПК-1.1 ОПК-1.2	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; предысторию тематики исследования; Уметь: рассчитывать характеристики колебаний кристаллической решетки и фононного газа; рассчитывать характеристики движения электронов в периодическом поле кристалла в рамках зонной теории твердого тела; рассчитать термодинамические и кинетические характеристики квантового электронного газа; уметь выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи; Владеть: навыками решения задач, основанных на практическом применении изучаемого материала; применения основных законов физики конденсированного состояния в важнейших практических приложениях	Темы 1–10	Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы.
2	ОПК-2 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Знать: методы обработки экспериментальных данных, полученных при изучении кристаллических тел; Уметь: рассчитать термодинамические и кинетические характеристики квантового электронного газа; Владеть: навыками: применения основных методов исследования кристаллических тел	Темы 1-10	Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы.

		для решения естественно-научных и технических задач.		
2	ПК-1 ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4	Знать: теоретические основы физических методов исследования кристаллических тел. Уметь: применять методы экспериментальных исследований в физике конденсированного состояния, уметь выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи. Владеть: навыками использования возможностей современных компьютеров и информационных технологий при аналитическом и численном исследованиях моделей физики конденсированного состояния.	Темы 1-10	Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы

Фонды оценочных средств по дисциплине «Физика конденсированного состояния»

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Теоретические вопросы:

- 1 Периодические структуры. Виды химической связи в кристаллах.
- 2 Пространственная решетка. Элементарная ячейка.
- 3 Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.
- 4 Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов в приближении одномерной цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн.
- 5 Уравнения движения атомов в приближении одномерной цепочки атомов с базисом. Акустические и оптические колебания.
- 6 Квантование колебаний. Понятие о фононах.
- 7 Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Классическая теория теплоемкости. Закон Дюлонга-Пти.
- 8 Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну.
- 9 Квантовая теория теплоемкости по Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
- 10 Тепловое расширение твердых тел. Ангстремовские колебания.
- 11 Теплопроводность решеточная и электронная.
- 12 Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна-Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции.
- 13 Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна.
- 14 Энергетические зоны. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.
- 15 Приближение сильно связанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов.
- 16 Понятие об эффективной массе.
- 17 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний.
- 18 Металлы, полуметаллы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения

зонной теории.

- 19 Классическая электронная теория металлов. Закон Видемана-Франца.
- 20 Квантовая статистика электронов в металле.
- 21 Теплопроводность металлов.
- 22 Электропроводность металлов.
- 23 Собственные полупроводники, собственная концентрация свободных носителей заряда. Собственная проводимость полупроводников.
- 24 Примесные полупроводники. Проводимость примесных полупроводников.
- 25 Эффект Холла.
- 26 Фотопроводимость полупроводников.
- 27 Люминесценция.
- 28 Работа выхода.
- 29 Контакт двух металлов.
- 30 Контакт металла с полупроводником.
- 31 Контакт двух полупроводников с различным типом проводимости, физические принципы работы полупроводниковых приборов, основанных на р-п-переходах.
- 32 Термоэлектрические явления: эффект Зеебека.
- 33 Термоэлектрические явления: эффект Пельтье.
- 34 Термоэлектрические явления: эффект Томсона.
- 35 Поляризация диэлектриков. Основные механизмы поляризации.
- 36 Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость. Диэлектрические потери.
- 37 Фазовые переходы в диэлектриках.
- 38 Сегнетоэлектрики. Спонтанная поляризация, сегнетоэлектрический фазовый переход. Доменная структура, гистерезис.
- 39 Пьезоэлектрики, пьезоэлектрики, электреты.
- 40 Намагниченность и восприимчивость.
- 41 Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри-Вейсса.
- 42 Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
- 43 Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние.
- 44 Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
- 45 Ферромагнитные домены.
- 46 Антиферромагнетики, магнитная структура антиферромагнетиков. Точка Нееля.
- 47 Ферримагнетики, магнитная структура ферримагнетиков.
- 48 Спиновые волны, магноны.
- 49 Электронный парамагнитный резонанс.
- 50 Ядерный магнитный резонанс.
- 51 Явление сверхпроводимости.
- 52 Щели в энергетическом спектре сверхпроводника.
- 53 Эффект Мейснера.
- 54 Изотопический эффект.
- 55 Элементы зонной теории СП Бардина-Купера-Шриффера (БКШ). Куперовские пары.

56 Эффект Джозефсона.

57 Высокотемпературная сверхпроводимость.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)