

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Радиоэлектроники и телекоммуникационных систем»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №13 от 02 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»

Направление: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Компоненты микро- и наносистемной техники

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Иванов Николай Аркадьевич
Дата подписания: 04.08.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Ченский Александр
Геннадьевич
Дата подписания: 22.09.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Ниндакова Лидия
Очировна
Дата подписания: 27.08.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Физика конденсированного состояния» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-1 Способность решать задачи профессиональной деятельности на основе применения знаний математических, естественных и технических наук	ОПК ОС-1.12

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-1.12	Знает ключевые понятия, законы и формулы, с помощью которых описываются явления в твердых телах, владеет методами зонной теории, умеет рассчитывать основные характеристики сверхпроводящего и сверхтекучего состояния	Знать Знать знать: ключевые понятия, законы и формулы, с помощью которых описываются явления в твердых телах Уметь Уметь рассчитывать основные характеристики твердого тела и сверхпроводящего и сверхтекучего состояния Владеть Владеть владеть: методами зонной теории, методами рентгеновской дифракции

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Физика конденсированного состояния» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Физика наносистем»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Моделирование и проектирование микро- и наносистем», «Нанокompозитные материалы для микро- и наносистемной техники», «Твердотельная электроника», «Конструирование микро- и наносистем»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	32	32
Самостоятельная работа (в т.ч.	44	44

курсовое проектирование)		
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Симметрия и структура кристаллов	1	4			1	4	2	20	Устный опрос
2	Волны в кристаллической решетке	2	2			2	2			Устный опрос
3	Колебания кристаллической решетки.	3	2			3	2	1	18	Устный опрос
4	Тепловые свойства диэлектриков	4	2			7	4			
5	Однородный электронный газ.	5	2			4	2	1	6	Устный опрос
6	Зонная теория кристаллов	6	4			5	4			Устный опрос
7	Полупроводники.	7	2			6, 8	8			Устный опрос
8	Широкозонные диэлектрики.	8	4							Устный опрос
9	Парамагнетизм и диамагнетизм	9	2			10	2			Устный опрос
10	Ферромагнетизм.	10	2			9	2			Устный опрос
11	Сверхтекучесть	11	2							Устный опрос
12	Сверхпроводимость.	12	4			11	2			Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		32				32		44	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Симметрия и структура кристаллов	Симметрия и структура кристаллов. Понятие элементарной ячейки, базиса. решетки Браве.

		Кристаллические плоскости. Индексы Миллера. Точечная симметрия кристаллов. Группы симметрии. Типы кристаллических структур.
2	Волны в кристаллической решетке	Распространение электромагнитной волны в кристалле. Брэгговское отражение. Обратная решетка . Зоны Бриллюэна.
3	Колебания кристаллической решетки.	Колебания одномерной цепочки атомов. Колебательные моды в решетках с несколькими атомами в элементарной ячейке. Акустические и оптические, продольные и поперечные моды.
4	Тепловые свойства диэлектриков	Теплоемкость кристаллов. Функции распространения фононов. Модель Эйнштейна. Модель Дебая. Ангармонические эффекты. Тепловое расширение твердых тел.
5	Однородный электронный газ.	Свободный электронный газ. Уровень Ферми. Импульс, скорость, температура Ферми. Спектр и энергия электронного газа в приближении Хартри-Фока. Распределение Ферми-Дирака Теплоемкость электронного газа. Проводимость электронного газа.
6	Зонная теория кристаллов	Электроны в слабом периодическом потенциале. Поведение спектра и вид поверхности Ферми вблизи границы зон Бриллюэна. Появление энергетических зон. Приближение сильной связи
7	Полупроводники.	Особенности зонной структуры. Прямозонные и непрямозонные, вырожденные и невырожденные, собственные и несобственные полупроводники. Время жизни, подвижность, длина свободного пробега носителей заряда. Статистика носителей заряда. Эффект Холла. Распределение носителей заряда в p-n переходе.
8	Широкозонные диэлектрики.	Особенности широкозонных диэлектриков. Точечные дефекты в кристаллах. Примесные и собственные дефекты. Явление автолокализации дырок, электронов и экситонов. Применение широкозонных диэлектриков.
9	Парамагнетизм и диамагнетизм	Парамагнетизм в случае ненулевых спинов атомов в основном состоянии. Закон Кюри. Термодинамические свойства парамагнетика. Парамагнетизм Паули.
10	Ферромагнетизм.	Модель Гейзенберга. Основное состояние ферромагнетика. Антиферромагнетизм. Магноны. Температурная зависимость магнитной восприимчивости
11	Сверхтекучесть	Явление сверхтекучести. Термомеханический эффект Бозе-конденсация. Абрикосовские вихри.
12	Сверхпроводимость.	Открытие сверхпроводимости. Эффект Мейснера. Критическая температура, магнитное поле и ток. Поведение теплоемкости. Изотопический эффект. Высокотемпературные сверхпроводники. Куперовские пары. Теория Гинзбурга-Ландау.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий**Семестр № 6**

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Устный опрос. Решение задач по теме	4
2	Устный опрос. Решение задач по теме	2
3	Устный опрос. Решение задач по теме	2
4	Устный опрос. Решение задач по теме	2
5	Устный опрос. Решение задач по теме	4
6	Устный опрос. Решение задач по теме	4
7	Устный опрос. Решение задач по теме	4
8	Устный опрос. Решение задач по теме	4
9	Устный опрос. Решение задач по теме	2
10	Устный опрос. Решение задач по теме	2
11	Устный опрос. Решение задач по теме	2

4.5 Самостоятельная работа**Семестр № 6**

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям	24
2	Проработка разделов теоретического материала	20

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссии. Компьютерная визуализация.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины**5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины****5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям**

Семинары (практические занятия) представляют собой смысловой центр курса и выполняют сразу несколько функций. Общая логика каждого семинара представляет собой последовательное выяснение ряда вопросов, методик выполнения исследований, решение типовых задач, которые могут быть сформулированы еще на лекциях и предполагать уточнение и детализацию тех или иных высказанных на лекциях представлений. Соответственно, эффективность каждого семинара может быть достаточно объективно оценена как преподавателем, так и студентами – в зависимости от того, насколько полными и содержательными оказались решения поставленных проблем

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Самостоятельная работа студента может включать в себя подготовку рефератов, докладов, составление глоссария, создание электронных презентаций, самостоятельное изучение отдельных аспектов содержания дисциплины, проработку наиболее сложных тем. При этом изучение материала дисциплины происходит с использованием Интернет-ресурсов, информационных баз (Scopus и Web of Science), методических разработок, специальной учебной и научной литературы.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 6 | Устный опрос

Описание процедуры.

Описание процедуры:

Проведение устного опроса в форме «вопрос-ответ»

Критерии оценивания.

Критерии оценки:

ответ раскрыт полностью – 5 баллов

ответ раскрыт частично 2-4 баллов

имеет только общее представление о проблеме – 1 балл

не ответил – 0 баллов

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК ОС-1.12	Знает ключевые понятия, законы и формулы, с помощью которых описываются явления в твердых телах, владеет методами зонной теории, умеет рассчитывать основные характеристики сверхпроводящего и сверхтекучего состояния	Устное собеседование по теоретическим вопросам на экзамене и выполнение практических заданий

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет проводится путем устного и письменного опросов по выбранным билетам по п.6.2.2.1 во время проведения зачета. Билет включает в себя вопрос по теоретическому курсу.

Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

Симметрия и структура кристаллов. Понятие элементарной ячейки, базиса, решетки Браве. Кристаллические плоскости. Индексы Миллера. Точечная симметрия кристаллов. Группы симметрии. Типы кристаллических структур. Распространение электромагнитной волны в кристалле. Брэгговское отражение. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Колебания одномерной цепочки атомов. Колебательные моды в решетках с несколькими атомами в элементарной ячейке. Акустические и оптические, продольные и поперечные моды. Теплоемкость кристаллов. Функции распространения фононов. Модель Эйнштейна. Модель Дебая. Ангармонические эффекты. Тепловое расширение твердых тел. Свободный электронный газ. Уровень Ферми. Импульс, скорость, температура Ферми. Спектр и энергия электронного газа в приближении Хартри-Фока. Распределение Ферми-Дирака. Теплоемкость электронного газа. Проводимость электронного газа. Электроны в слабом периодическом потенциале. Поведение спектра и вид поверхности Ферми вблизи границы зон Бриллюэна. Появление энергетических зон. Приближение сильной связи. Особенности зонной структуры. Прямозонные и непрямозонные, вырожденные и невырожденные, собственные и несобственные полупроводники. Время жизни, подвижность, длина свободного пробега носителей заряда. Статистика носителей заряда. Эффект Холла. Распределение носителей заряда в p-n переходе. Особенности широкозонных диэлектриков. Точечные дефекты в кристаллах. Примесные и собственные дефекты. Явление автолокализации дырок, электронов и экситонов. Применение широкозонных диэлектриков. Парамагнетизм в случае ненулевых спинов атомов в основном состоянии. Закон Кюри. Термодинамические свойства парамагнетика. Парамагнетизм Паули. Модель Гейзенберга. Основное состояние ферромагнетика. Антиферромагнетизм. Магноны. Температурная зависимость магнитной восприимчивости. Явление сверхтекучести. Термомеханический эффект Бозе-конденсация. Абрикосовские вихри. Открытие сверхпроводимости. Эффект Мейснера. Критическая температура, магнитное поле и ток. Поведение теплоемкости. Изотопический эффект. Высокотемпературные сверхпроводники. Куперовские пары. Теория Гинзбурга-Ландау. Теория БКШ.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Правильный ответ на теоретический вопрос	Неправильный ответ на теоретический вопрос и не точны ответ на дополнительные вопросы

7 Основная учебная литература

1. Киттель Чарльз. Введение в физику твердого тела / Чарльз Киттель; Пер. А. А. Гусева, А. В. Пахнева, 1978. - 791.
2. Елифанов Г. И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Елифанов, 2019. - 287.

3. Савельев. Курс общей физики [у]Электричество и магнетизм. Волны. Оптика, 2008. - 496.

4. Савельев. Курс общей физики : учебное пособие для вузов: в 5 кн. Кн. 5 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, 2007. - 368.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Савельев. Курс общей физики [Текст] : учеб. пособие. Т. 3 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, 1979. - 304.

2. Байков Ю. А. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов, 2011. - 293.

3. Физика твердого тела : конспект лекций / Иркут. политехн. ин-т, 1970. - 111.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>

2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>

2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение

2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ

3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.