

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 ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ»

Направление: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Иванов Николай Аркадьевич
Дата подписания: 11.08.2025

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 твердого тела и наносистем» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-2 Способен рассчитывать параметры и основные характеристики моделей исследуемых процессов и объектов нанотехнологии и микро- и наноразмерных систем с помощью современных компьютерных технологий и программных комплексов	ПК-2.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-2.2	Знать: базовые принципы расчета и проектирования основных физических параметров микро- и наноструктурных систем различного функционального назначения. Уметь: провести необходимые расчеты характеристик компонентов нано- и микросистемной техники и представить их в требуемом формате с использованием современных компьютерных технологий и программных комплексов. Владеть: современными методами обработки и анализа информации в области физики твердого тела и наносистем	Знать Знать: базовые принципы расчета и проектирования основных физических параметров микро- и наноструктурных систем различного функционального назначения. Уметь Уметь: провести необходимые расчеты характеристик компонентов нано- и микросистемной техники и представить их в требуемом формате с использованием современных компьютерных технологий и программных комплексов. Владеть Владеть: современными методами обработки и анализа информации в области физики твердого тела и наносистем

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Физика твердого тела и наносистем» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Актуальные проблемы современной нанотехнологии», «Процессы микро- и нанотехнологий»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Лазерная спектроскопия наноматериалов», «Методы исследования микро- и наносистем», «Рентгеновская диагностика микро-, наноматериалов и объектов», «Физико-химия наносистем и поверхностных явлений»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45
--------------------	--

	минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	42	42
лекции	28	28
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	14	14
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	102	102
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 № 2

№ 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	Мезоскопическая физика и нанотехнологии	1	6							Устный опрос
2	Особенности электронных состояний в размерноограниченных структурах.	2	6			1, 2	8	3	40	Устный опрос
3	Физика полупроводников с пониженной размерностью	3	6					2	30	Устный опрос
4	Процессы переноса в наноструктурах в электрических полях.	4	5			3	4	1	32	Устный опрос
5	Электронные приборы на наноструктурах	5	5			4	2			Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		28				14		102	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Мезоскопическая	Основные тенденции в развитии разработки

	физика и нанотехнологии	наноматериалов.. Характеристические длины в мезоскопических системах. Квантово-механическая когерентность. Квантовые ямы, проволоки и точки. плотность состояний и размерность системы. Полупроводниковые гетероструктуры. Квантовые процессы переноса.
2	Особенности электронных состояний в размерноограниченных структурах.	Уравнение Шредингера. Методы теории возмущений. Модель свободных электронов в твердых телах. Динамика электронов в энергетических зонах. Колебания решетки. Фононы.
3	Физика полупроводников с пониженной размерностью	Основные характеристики двумерных полупроводниковых наноструктур. Потенциальные квантовые ямы различной геометрии. Квантовые проволоки, квантовые точки. Зонная структура в квантовых ямах. Экситонные эффекты в квантовых ямах
4	Процессы переноса в наноструктурах в электрических полях.	Продольный перенос. Поперечный перенос. Квантовый перенос в наноструктурах. Кулоновская блокада.
5	Электронные приборы на наноструктурах	Модуляционно-легированные полевые транзисторы. Биполярные транзисторы на гетеропереходах. Резонансный туннельный эффект. Транзисторы на горячих электронах. Одноэлектронные транзисторы.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Устный опрос и решение практических задач	4
2	Устный опрос и решение практических задач	4
3	Устный опрос и решение практических задач	4
4	Устный опрос и решение практических задач	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	32
2	Подготовка к практическим занятиям	30
3	Проработка разделов теоретического материала	40

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссии, компьютерные симуляции

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 2 | Устный опрос

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
---	----------------------------	--

ПК-2.2	Демонстрирует отличное логически связанное знание основ физики конденсированного состояния. Способен проследить связь между атомарной структурой вещества и макроскопическими характеристиками.	Устное собеседование по теоретическим вопросам на экзамене и выполнение практических заданий
--------	---	--

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, 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.

2. Электроны в кристаллических твердых телах. Модель почти свободных электронов. Приближение сильной связи. Уравнения движения. Эффективная масса. Фононы. (Дж.М.Мартинес-Дуарт, и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники" стр. 60-80).
3. Энергетические зоны электронов в полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники. Концентрация электронов и дырок в полупроводниках. (Дж.М.Мартинес-Дуарт, и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники" стр. 81-98).
4. Элементарные процессы переноса в полупроводниках. Подвижность зарядов. Диффузионная проводимость. (Дж.М.Мартинес-Дуарт, и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники" стр. 98-108).
5. Оптические свойства полупроводников. Межзонное поглощение. Экситонные эффекты. Спектр излучения. Стимулированное излучение. (Дж.М.Мартинес-Дуарт, и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники" стр. 108-125).
6. Физика полупроводников с пониженной размерностью. Квантовые ямы, квантовые проволоки, квантовые точки. Природа размерного квантования. (Дж.М.Мартинес-Дуарт, и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники" стр. 127-144).
7. Полупроводниковые квантовые наноструктуры и сверхрешетки. МОП транзисторы. Гетеропереходы. (Дж.М.Мартинес-Дуарт, и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники" стр. 160-170).
8. Процессы переноса в наноструктурах в электрических полях. Механизм рассеяния электронов. Квантовый перенос в наноструктурах. Квантовая проводимость. Кулоновская блокада. (Дж.М.Мартинес-Дуарт, и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники" стр. 192-228).
9. Перенос зарядов в магнитных полях. Воздействие магнитного поля на кристаллы. Поведение систем с пониженной размерностью в магнитных полях. Квантовый эффект Холла. (Дж.М.Мартинес-Дуарт, и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники" стр. 229-251).

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Правильный ответ на теоретический	Неправильный ответ на теоретический

вопрос	вопрос
--------	--------

7 Основная учебная литература

1. Киттель Чарльз. Введение в физику твердого тела / Чарльз Киттель; Пер. А. А. Гусева, А. В. Пахнева, 1978. - 791.
2. Епифанов Г. И. Физика твердого тела : учеб. пособие для втузов / Г. И. Епифанов, 1977. - 288.
3. Вонсовский С. В. Квантовая физика твердого тела / С. В. Вонсовский, М. И. Кацнельсон, 1983. - 336.

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. Матухин В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков, 2010. - 218.

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.