

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет информационных технологий

СОГЛАСОВАНО

Декан ФИТ НГУ

М.М. Лаврентьев

«18» апреля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем

Направление подготовки: 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
Направленность (профиль): Квантовые технологии и криптография

Форма обучения: очная

Год обучения: 2, семестр: 3

№	Вид деятельности	Семестр
		3
1	Лекции, час.	32
2	Практические занятия, час.	32
3	Лабораторные занятия, час.	
4	Занятий в контактной форме без учета промежуточной аттестации, час, из них	64
5	в электронной форме, час.	
6	из них аудиторных занятий, час.	64
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	64
8	консультаций, час.	
9	Самостоятельная работа, час.	42
10	в том числе на выполнение письменных работ, час	20
11	Форма аттестации (экзамен, зачет, дифференцированный зачет), час	ДЗ 2
12	Всего зачетных единиц	3

Новосибирск 2022

Рабочая программа дисциплины составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) высшего образования - магистратура по направлению подготовки 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА.

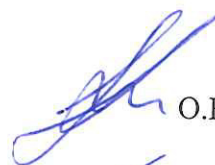
Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) высшего образования по направлению подготовки магистратуры 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА введен в действие приказом Минобрнауки 19.09.2017 № 918.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1 Дисциплины (модули), часть, формируемая участниками образовательных отношений, Блока 1 дисциплин (модулей) и дисциплина по выбору.

Рабочая программа дисциплины утверждена решением Ученого совета факультета информационных технологий от 28.03.2022, протокол № 84.

Программу разработали:

доцент КвЭл ФФ НГУ ФФ НГУ
доктор физико-математических наук



О.Е. Терешенко

Заведующий кафедрой систем информатики ФИТ,
доктор физико-математических наук



М.М. Лаврентьев

Ответственный за образовательную программу:
доцент КвЭл ФФ НГУ ФФ НГУ
кандидат физико-математических наук



И.И. Бетеров

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем»

Дисциплина «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы магистратуры 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, направленность (профиль): КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КРИПТОГРАФИЯ по очной форме обучения на английском языке.

Место в образовательной программе: Дисциплина «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем» реализуется в 3 семестре в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 дисциплин (модулей) и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем» является базовой для выполнения работы в рамках практики и выполнением выпускной квалификационной работы.

Дисциплина «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем» направлена на формирование компетенций:

Способен выполнять фундаментальные и прикладные работы поискового, теоретического и экспериментального характера (ПКС-1), в части следующих индикаторов достижения компетенции:

ПКС-1.1. Применяет актуальные модели и подходы в области профессиональной деятельности

ПКС-1.2. Комбинирует и адаптирует существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

ПКС-1.3 Применяет на практике программные средства и платформы информационных технологий для разработки и реализации математических моделей, проведение их анализа при решении задач в области профессиональной деятельности

Перечень основных разделов дисциплины:

Структура электронных оболочек атомов
Природа химической связи
Химическая связь, структура кристаллов и физико-химические свойства полупроводников
Идеальный кристалл
Рост тонких слоев
Физико-химические основы атомных процессов на поверхности полупроводников
Кристаллофизика поверхности полупроводников
Электронные состояния и химическая связь в алмазоподобных полупроводниках.
Структура электронных зон

При освоении дисциплины студенты выполняют следующие виды учебной работы: лекции, практические занятия, самостоятельная работа. В учебном процессе предусматривается использование активных и интерактивных форм проведения занятий.

Самостоятельная работа включает: подготовку к практическим занятиям по разделам дисциплины, выполнение заданий, подготовку к дифференцированному зачету.

Общий объем дисциплины – 3 зачетных единицы (108 часов).

Правила аттестации по дисциплине. Текущий контроль по дисциплине «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем» осуществляется на практических занятиях на основании оценки за портфолио (задания по темам практических занятий). По результатам защиты портфолио выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Промежуточная аттестация по дисциплине «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем» проводится по завершению периода ее освоения (семестра). Промежуточная аттестация по дисциплине включает 2 этапа:

- 1) портфолио (задания по темам практических занятий);
- 2) Дифференцированный зачет

Оценка «зачтено» за портфолио является необходимым условием для прохождения промежуточной аттестации. Результаты промежуточной (итоговой по дисциплине) аттестации определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

Учебно-методические материалы выкладываются на электронный ресурс, создаваемый для каждого нового набора.

1. Внешние требования к дисциплине

Таблица 1.1

Компетенция ПКС-1 Способен выполнять фундаментальные и прикладные работы поискового, теоретического и экспериментального характера, в части следующих индикаторов достижения компетенции:	
ПКС-1.1	Применяет актуальные модели и подходы в области профессиональной деятельности
ПКС-1.2	Комбинирует и адаптирует существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности
ПКС-1.3	Применяет на практике программные средства и платформы информационных технологий для разработки и реализации математических моделей, проведение их анализа при решении задач в области профессиональной деятельности

2. Требования к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий		
	Лекции	Практики / семинары	Самостояте льная работа
ПКС-1.1. Применяет актуальные модели и подходы в области профессиональной деятельности			
1. Знать методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области атомной структуры низкоразмерных систем, возможности, методы и системы компьютерных технологий для физических теоретических и экспериментальных исследований в данной области, основные принципы исследований низкоразмерных квантовых систем	+	+	+
ПКС-1.2. Комбинирует и адаптирует существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности			
2. Уметь самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области низкоразмерных квантовых систем с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий, применять полученные знания при решении задач и чтении оригинальных статей в области низкоразмерных квантовых систем	+	+	+
ПКС-1.3 Применяет на практике программные средства и платформы информационных технологий для разработки и реализации математических моделей, проведение их анализа при решении задач в области профессиональной деятельности			
3. Владеть: навыками постановки и решения задач научных исследований в области низкоразмерных квантовых систем с помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных исследований, базовыми принципами разработки моделей низкоразмерных квантовых систем, моделирования физических процессов в низкоразмерных квантовых системах	+	+	+

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час. (входит в общее кол-во часов)	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 3			
Структура электронных оболочек атомов	4	4	1, 2, 3
Природа химической связи	4	4	1, 2, 3
Химическая связь, структура кристаллов и физико-химические свойства полупроводников	4	4	1, 2, 3
Идеальный кристалл	4	4	1, 2, 3
Рост тонких слоев	4	4	1, 2, 3
Физико-химические основы атомных процессов на поверхности полупроводников	4	4	1, 2, 3
Кристаллофизика поверхности полупроводников	4	4	1, 2, 3
Электронные состояния и химическая связь в алмазоподобных полупроводниках.	4	4	1, 2, 3
Итого:	32	32	

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час. (входит в общее кол-во часов)	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 3				
1. Атом водорода. 1.1. Квантовые числа. Радиальные и угловые функции. Многоэлектронные атомы. Электронные оболочки. Электронная конфигурация атомов. Вырождение. Правило Хунда. Корреляционное взаимодействие. 1.2. Периодическая система Д.И. Менделеева. Энергия ионизации. Средство к электрону.	4	4	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
2. Свойства химической связи в молекуле	4	4	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала,

<p>водорода.</p> <p>2.1. Метод валентных связей. Спиновая валентность атомов. Приближение молекулярных орбиталей. Связывающие и разрыхляющие орбитали.</p> <p>2.2. Шкала электроотрицательности по Полингу. Металлическая составляющая связи, ионная составляющая связи и ширина запрещенной зоны в полупроводниках. Химическая связь в полупроводниковых соединениях ANB₈-N.</p> <p>2.3. Степень ионности связи. Описание возникновения ионности в приближении молекулярных орбиталей.</p>				<p>решение задач, практическое применение изученной темы</p>
<p>3. Симметрия кристаллов.</p> <p>3.1. Кристаллографические характеристики полупроводников: решетки, кристаллографические плоскости,</p> <p>3.2. Индексы Миллера, связь межплоскостных расстояний с индексами Миллера семейства плоскостей.</p>	4	4	1, 2, 3	<p>Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы</p>
<p>4. Методы структурного анализа кристаллических полупроводников.</p> <p>4.1. Рентгеновский и электронографический</p>	4	4	1, 2, 3	<p>Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы</p>

<p>анализ. Кинематическая теория дифракции рентгеновских волн.</p> <p>4.2. Интерференционная функция Лауэ. Обратная решетка. Атомный фактор. Структурный фактор. Фактор Дебая - Уоллера</p>				
<p>5. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование, феноменологический подход.</p> <p>5.1. Термодинамика и кинетика зародышеобразования. Микроскопические механизмы роста. Возникновение точечных дефектов при росте кристаллов.</p> <p>5.2. Термодинамика и кинетика дефектообразования. Энтальпия и энтропия образования и миграции дефектов. Равновесная концентрация дефектов.</p> <p>5.3. Термодинамика и кинетика легирования. Коэффициент распределения, растворимость примесей в полупроводниках. Введение примесей в процессе роста. Диффузионное легирование.</p>	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
<p>6. Физико-химические основы атомных процессов на поверхности полупроводников.</p> <p>6.1. физическая адсорбция, химическая адсорбция поверхностная диффузия собственных и примесных атомов, поверхностная сегрегация, испарение моноатомных полупроводников и полупроводниковых соединений.</p> <p>6.2. Атомные процессы на поверхности полупроводников при</p>	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы

<p>молекулярно-лучевой эпитаксии: МЛЭ кремния и германия с использованием электронно-лучевых испарителей и газовых источников.</p> <p>6.3. Идеальная и реальная структура сингулярных и вицинальных граней. Методы создания атомарно-чистых поверхностей. Поверхностные сверхструктуры на гранях Si: (111), (100), GaAs: (110), (100), (111).</p> <p>6.4. Методы изучения состава и структуры поверхности: дифракция быстрых и медленных электронов.</p> <p>6.5. Трансляционная симметрия зон Бриллюэна. Молекулярные орбитали и параметры перекрытия. Зонная структура элементов группы IV по методу сильной связи.</p>				
Итого:	32	32		

4. Самостоятельная работа студентов

Таблица 4.1

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 3				
1	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе, в том числе вопросов, не освещаемых на лекциях	1, 2, 3	17	
	Изучение предлагаемых теоретических разделов в соответствии с настоящей Программой. Учебно-методические материалы по дисциплине выложены на странице курса в сети Интернет			
2	Подготовка к практическим занятиям, к текущему контролю знаний	1, 2, 3	20	
	Выполнение заданий			
3	Подготовка к дифференцированному зачету	1, 2, 3	5	
	Повторение теоретического материала по вопросам, совпадающим с темами лекций			
	Итого		42	

5. Образовательные технологии

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине проводятся лекционные и практические занятия. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на практических занятиях. Применяются такие формы проведения практических занятий, как обсуждение и защита результатов работы, а также используются следующие интерактивные формы обучения (таблица 5.1).

Таблица 5.1

Технологии проблемного обучения	ПКС-1
Формируемые умения: уметь обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач	
Краткое описание применения: Постановка под руководством преподавателя проблемных задач и активная самостоятельная деятельность обучающихся по их разрешению, сопровождающаяся обсуждением результатов.	
Портфолио	ПКС-1
Формируемые умения: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач	
Краткое описание применения: студенты ведут портфолио (коллекцию работ), которое является основой для проведения аттестации по дисциплине.	

Для организации и контроля самостоятельной работы студентов, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (таблица 5.2).

Таблица 5.2

Информирование	Адрес преподавателя сообщается магистрантам на первом занятии
Консультирование	Адрес преподавателя сообщается магистрантам на первом занятии
Контроль	Адрес преподавателя сообщается магистрантам на первом занятии
Размещение учебных материалов	Рассылка материалов на университетские адреса студентов

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

По дисциплине «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем» проводится текущая и промежуточная аттестация (итоговая по дисциплине).

Текущая аттестация по дисциплине «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем» осуществляется на практических занятиях и представлена защитой заданий на практических занятиях. В ходе обучения каждый студент должен выполнить задания. По результатам текущей аттестации выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» по результатам защиты заданий является одним из условий успешного прохождения промежуточной аттестации.

Для получения оценки «зачтено» каждое задание должно быть выполнено и защищено в полном соответствии с предъявляемыми требованиями.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем» проводится по завершению периода ее освоения (семестра). Промежуточная аттестация по дисциплине включает 2 этапа:

- 1) портфолио (задания по темам практических занятий);
- 2) дифференцированный зачет.

Оценка «зачтено» за портфолио является необходимым условием для прохождения промежуточной аттестации. Результаты промежуточной аттестации определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

В таблице 6.1 представлено соответствие форм аттестации заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.1

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы аттестации	
		1 этап - портфолио	2 этап – дифференцированный зачет
ПКС-1	ПКС-1.1. Применяет актуальные модели и подходы в области профессиональной деятельности	+	+
	ПКС-1.2. Комбинирует и адаптирует существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	+	+
	ПКС-1.3 Применяет на практике программные средства и платформы информационных технологий для разработки и реализации математических моделей, проведение их анализа при решении задач в области профессиональной деятельности	+	+

Требования к структуре и содержанию портфолио, оценочные средства, а также критерии оценки сформированности компетенций и освоения дисциплины в целом, представлены в Фонде оценочных средств, являющемся приложением 1 к настоящей рабочей программе дисциплины.

7. Перечень учебной литературы

1. Бонч-Бруевич, Виктор Леопольдович. Физика полупроводников : учебное пособие для студентов физических специальностей высших учебных заведений / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. [2-е изд., перераб. и доп.]. Москва : Наука, 1990. 685 с. : ил. ; 22 см. ISBN 5-02-014032-5. (39 экз.)
2. Киттель, Чарлз. Введение в физику твердого тела : [учебник : для студентов естественнонаучных и инженерных факультетов вузов] / Ч. Киттель ; пер. с англ. под общ. ред. А.А. Гусева. Изд. 2-е, стер. Москва : Альянс, 2013. 791 с. : ил. ; 22 см. (10 экз.)

3. Левинштейн, Михаил Ефимович. Барьеры: от кристалла до интегральной схемы / М.Е. Левинштейн, Г.С. Симин. М. : Наука, 1987. 319 с. : ил. ; 20 см. (Библиотечка "Квант" ; вып.65) . (5 экз.)
4. Ансельм, Андрей Иванович. Введение в теорию полупроводников : [Учеб. пособие для физ. спец. вузов] / А.И. Ансельм. 2-е изд., доп. и перераб. М. : Наука., 1978. 615 с. : ил. (33 экз.)
5. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твёрдого тела. Т. I, II. М.: Мир, 1979. (18 экз.)
6. Шалимова, Клавдия Васильевна. Физика полупроводников : [учебное пособие для вузов] / К. В. Шалимова. Москва : Энергия, 1971. 311 с. : черт. ; 22 см. (10 экз.)

8. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

При освоении дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС, электронную почту, социальные сети.

Таблица 8.1

№ п/п	Наименование Интернет-ресурса	Краткое описание
1	http://oeis.org/	Онлайн-энциклопедия целочисленных последовательностей
2	http://www.jflap.org/	Среда для моделирования работы конечных автоматов JFLAP

9. Учебно-методическое и программное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов включает в себя следующие учебно-методические материалы:

1. Рабочая программа дисциплины, соответствующие разделы.
2. Учебники, учебные пособия и дополнительные материалы, указанные в соответствующих разделах настоящей рабочей программы
3. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», указанные в соответствующих разделах настоящей рабочей программы.
4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины, обеспечивающие самостоятельную работу студента при подготовке к учебным занятиям, выполнении домашних работ, подготовке к контрольным мероприятиям и аттестациям, приведенные в соответствующих разделах настоящей рабочей программы и приложения к ней.

9.2. Программное обеспечение

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Перечень специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины представлен в таблице 9.1.

Специализированное программное обеспечение

Таблица 9.1

№	Наименование ПО	Назначение
1	Microsoft Visual Studio 2013	Среда разработки приложений

10. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (2 предметные коллекции – Computer Science, Mathematics)
2. БД Scopus (Elsevier)

11. Материально-техническое обеспечение

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Таблица 11.1

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Для проведения лекционных и практических занятий
2	Компьютерный класс (с выходом в Internet)	Для организации самостоятельной работы обучающихся

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет информационных технологий

СОГЛАСОВАНО

Декан ФИТ НГУ

М.М. Лаврентьев

«18» апреля 2022 г.



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
по дисциплине Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем

Направление подготовки: 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА.

Направленность (профиль): Квантовые технологии и криптография

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Год обучения: 2, семестр 3

Форма аттестации	Семестр
Дифзачет	3

Новосибирск 2022

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации является **Приложением 1** к рабочей программе дисциплины «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем», реализуемой в рамках образовательной программы высшего образования – программы магистратуры 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, направленность (профиль): Квантовые технологии и криптография

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине утвержден решением Ученого совета факультета информационных технологий протокол № 84 от 28.03.2022

Разработчик:

доцент КвЭл ФФ НГУ

доктор физико-математических наук

О.Е. Терещенко

Заведующий кафедрой систем информатики ФИТ,
доктор физико-математических наук

М.М. Лаврентьев

Ответственный за образовательную программу:
Доцент кафедры квантовой электроники ФФ,
кандидат физико-математических наук

И.И. Бетеров

1. Содержание и порядок проведения промежуточной аттестации по дисциплине

1.1. Общая характеристика содержания промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем» проводится по завершению периода освоения образовательной программы (семестра) для оценки сформированности компетенций в части следующих индикаторов достижения компетенции (таблица П1.1).

Таблица П1.1

Коды компетенций ФГОС	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем»	Семестр 3	
		портфолио	дифзачет
ПКС-1 Способен выполнять фундаментальные и прикладные работы поискового, теоретического и экспериментального характера			
ПКС-1.1	Применяет актуальные модели и подходы в области профессиональной деятельности	+	+
ПКС-1.2	Комбинирует и адаптирует существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	+	+
ПКС-1.3	Применяет на практике программные средства и платформы информационных технологий для разработки и реализации математических моделей, проведение их анализа при решении задач в области профессиональной деятельности	+	+

Тематика вопросов к диф.зачету соответствует избранным разделам (темам) дисциплины «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем»

Структура электронных оболочек атомов

Природа химической связи

Химическая связь, структура кристаллов и физико-химические свойства полупроводников

Идеальный кристалл

Рост тонких слоев

Физико-химические основы атомных процессов на поверхности полупроводников

Кристаллофизика поверхности полупроводников

Электронные состояния и химическая связь в алмазоподобных полупроводниках.

Структура электронных зон

Промежуточная аттестация включает 2 этапа:

1. Портфолио.

2. Дифзачет.

Все компетенции, формируемые в рамках дисциплины, оцениваются как через портфолио, так и на дифзачете.

1.2. Порядок проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме дифзачета и включает 2 этапа: портфолио и дифзачет. Необходимым условием для прохождения промежуточной аттестации является оценка «зачтено» по результатам выполненного портфолио. Для оценивания портфолио студенту необходимо сдать все работы, входящие в структуру портфолио.

Портфолио включает выполнение заданий по темам практических занятий.

Дифзачет проводится в устной форме, в аудитории, студентам разрешено пользоваться бумагой для записей и авторучкой. Во время проведения дифзачета студенту разрешается использовать справочники, учебную и научную литературу, компьютеры. В процессе ответа на вопросы дифзачета студенту могут быть заданы дополнительные вопросы по темам дисциплины.

2. Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения промежуточной аттестации по дисциплине, представлен в таблице П1.2.

Таблица П1.2

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Этап 1 - портфолио			
1.	Портфолио	Целевая подборка работ студента, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения в одной или нескольких учебных дисциплинах	Структура портфолио
Этап 2 – Дифзачет			
2	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины

2.1. Требования к структуре и содержанию оценочных средств аттестации в семестре

Текущая аттестация по дисциплине «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем» проводится в форме портфолио. Промежуточная аттестация проводится в формате дифзачета.

2.1.1 Требования к структуре и содержанию портфолио

Портфолио включает защиту заданий на практических занятиях.

Оценка за курс выставляется по результатам дифзачета. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

2.1.2 Перечень вопросов дифзачета 3 семестра

Атом водорода.

Квантовые числа. Радиальные и угловые функции. Многоэлектронные атомы.

Электронные оболочки. Электронная конфигурация атомов. Вырождение. Правило Хунда. Корреляционное взаимодействие.

Периодическая система Д.И. Менделеева. Энергия ионизации. Средство к электрону.

Свойства химической связи в молекуле водорода.

Метод валентных связей. Спиновая валентность атомов. Приближение молекулярных орбиталей. Связывающие и разрыхляющие орбитали.

Шкала электроотрицательности по Полингу. Металлическая составляющая связи, ионная составляющая связи и ширина запрещенной зоны в полупроводниках. Химическая связь в полупроводниковых соединениях ANB₃-N.

Степень ионности связи. Описание возникновения ионности в приближении молекулярных орбиталей.

Симметрия кристаллов.

Кристаллографические характеристики полупроводников: решетки, кристаллографические плоскости,

Индексы Миллера, связь межплоскостных расстояний с индексами Миллера семейства плоскостей.

Методы структурного анализа кристаллических полупроводников.

Рентгеновский и электронографический анализ. Кинематическая теория дифракции рентгеновских волн.

Интерференционная функция Лауэ. Обратная решетка. Атомный фактор. Структурный фактор. Фактор Дебая -Уоллера

Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование, феноменологический подход.

Термодинамика и кинетика зародышеобразования. Микроскопические механизмы роста. Возникновение точечных дефектов при росте кристаллов.

Термодинамика и кинетика дефектообразования. Энтальпия и энтропия образования и миграции дефектов. Равновесная концентрация дефектов.

Термодинамика и кинетика легирования. Коэффициент распределения, растворимость примесей в полупроводниках. Введение примесей в процессе роста. Диффузионное легирование.

Физико-химические основы атомных процессов на поверхности полупроводников.

физическая адсорбция, химическая адсорбция поверхностная диффузия собственных и примесных атомов, поверхностная сегрегация, испарение моноатомных полупроводников и полупроводниковых соединений.

Атомные процессы на поверхности полупроводников при молекулярно-лучевой эпитаксии: МЛЭ кремния и германия с использованием электронно-лучевых испарителей и газовых источников.

Идеальная и реальная структура сингулярных и вицинальных граней. Методы создания атомарно-чистых поверхностей. Поверхностные сверхструктуры на гранях Si: (111), (100), GaAs: (110), (100), (111).

Методы изучения состава и структуры поверхности: дифракция быстрых и медленных электронов.

Трансляционная симметрия зон Бриллюэна. Молекулярные орбитали и параметры перекрытия. Зонная структура элементов группы IV по методу сильной связи.

Набор вопросов к дифзачету формируется и утверждается в установленном порядке в начале учебного года при наличии контингента обучающихся, завершающих освоение дисциплины «Атомная структура и электронные свойства низкоразмерных систем» в текущем учебном году.

3. Критерии оценки сформированности компетенций в рамках промежуточной аттестации по дисциплине

Таблица П1.5

Шифр компетенций	Структурные элементы оценочных средств	Показатель сформированности	Не сформирован	Пороговый уровень	Базовый уровень	Продвинутый уровень
ПКС-1	Портфолио (этап 1), Дифзачет (этап 2)	ПКС-1.1. Применяет актуальные модели и подходы в области профессиональной деятельности	Не знает актуальные модели и подходы в области профессии национальной деятельности	Допускает грубые ошибки, слабо знает методы и способы постановки и решения задач физических систем	Знает на базовом уровне методы и способы постановки и решения задач физических систем, знает методы и способы постановки и решения задач физических систем, знает методы и способы постановки и решения задач физических систем	Уверенно знает методы и способы постановки и решения задач физических систем, знает методы и способы постановки и решения задач физических систем, знает методы и способы постановки и решения задач физических систем
ПКС-1	Портфолио (этап 1), Дифзачет (этап 2)	ПКС-1.2. Комбинирует и адаптирует существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	Не умеет комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	Демонстрирует слабые умения самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований	Умеет самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований, знает методы и способы постановки и решения задач физических систем, знает методы и способы постановки и решения задач физических систем	Умеет самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований, знает методы и способы постановки и решения задач физических систем, знает методы и способы постановки и решения задач физических систем

ПКС-1	Портфолио (этап 1), Дифзачет (этап 2)	ПКС-1.3 Применяет на практике программные средства и платформы информационно-технологий для разработки и реализации математических моделей, проведение их анализа при решении задач в области профессиональной деятельности	ционные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	в области низкоразмерных квантовых систем	менной аппаратуры и компьютерных технологий	полученные знания при решении задач и чтении оригинальных статей в области низкоразмерных квантовых систем
			Не умеет применять на практике программные средства и платформы информационно-технологий для разработки и реализации математических моделей,	Слабо владеет навыками постановки и решения задач научных исследований в области низкоразмерных квантовых систем с помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных исследований, базовыми принципами разработки моделей низкоразмерных квантовых систем, моделирования физических процессов в низкоразмерных квантовых системах	Владеет навыками постановки и решения задач научных исследований в области низкоразмерных квантовых систем с помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных исследований, базовыми принципами разработки моделей низкоразмерных квантовых систем, моделирования физических процессов в низкоразмерных квантовых системах	Уверенно владеет навыками постановки и решения задач научных исследований в области низкоразмерных квантовых систем с помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных исследований, базовыми принципами разработки моделей низкоразмерных квантовых систем, моделирования физических процессов в низкоразмерных квантовых системах

				проведение их анализа при решении задач в области профессиональной деятельности				
--	--	--	--	---	--	--	--	--

4. Критерии выставления оценок по результатам промежуточной аттестации по дисциплине

В соответствии с учебным планом устанавливаются следующие формы контроля:

Результаты промежуточной аттестации определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Оценка «отлично» соответствует продвинутому уровню сформированности компетенции.

Оценка «хорошо» соответствует базовому уровню сформированности компетенции.

Оценка «удовлетворительно» соответствует пороговому уровню сформированности компетенции.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если хотя бы одна компетенция не сформирована.

Итоговая оценка результатов промежуточной аттестации выставляется как оценка за дифзачет.