

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Методы вычислений в нанофизике

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.02 - Физика

Направленность образовательной программы

магистерская программа «Физика конденсированного состояния»

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Методы вычислений в нанофизике» относится к вариативной части Б1.В блока Б1 «Дисциплины (модули)», является элективной дисциплиной, преподается на втором году обучения, в третьем семестре.

Целями освоения дисциплины «Методы вычислений в нанофизике» являются:

1. освоение обучающимися математических методов численного решения различных физических задач на ЭВМ, поставленных в рамках исследований в физике наноструктур;
2. обучение навыкам и приемам численного решения уравнений математической физики в частных производных;
3. выработка студентами компетенций, навыков постановки задач, построения разностных схем численного моделирования физических процессов на ЭВМ.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-4. Способен принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	<i>ПК-4.1. Знание современных методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности</i> <i>ПК-4.2. Умение совершенствовать и внедрять новые методы и методики</i> <i>ПК-4.3. Навыки разработок современных методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности</i>	(ПК-4) Знать современные методы и методические подходы в нанофизике; (ПК-4) Уметь совершенствовать и внедрять новые методы и методики в нанофизике; (ПК-4) Владеть навыками разработок современных методов и методических подходов в нанофизике.	Индивидуальные собеседования	Индивидуальные практические задания, экзамен

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
--	-------

Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	50
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	94
Промежуточная аттестация	45
	экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них				Самостоятельная работа в течение семестра, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Задача Харпера-Ховштадтера. Диагонализация гамильтоновской матрицы методами Якоби, Хаусхолдера, Комото. Ошибки численных расчетов, точность вычисления собственного вектора.	24	4	4	4	12	12
2. Численный расчет квантовых состояний. Методы численного расчета квантовых состояний носителей заряда в двумерных полупроводниковых сверхрешетках в присутствии внешних постоянных электрического и магнитного полей. Представление обобщенных функций Блоха-Пайерлса. Учет спин-орбитального взаимодействия в газе носителей. Метод Хаусхолдера унитарных преобразований гамильтоновской матрицы в ортонормированном базисе.	24	4	4	4	12	12
3. Численный расчет магнитотранспортных свойств. Методы расчета транспортных свойств газа носителей в сверхрешетках во внешних полях: компиляция задачи на собственные значения и собственные векторы с задачей численного решения однородного квазиклассического кинетического уравнения Больцмана. Расчеты вольт-амперных характеристик.	24	4	4	4	12	12

4. Численный расчет магнитооптических эффектов. Методы численного расчета магнитооптических эффектов в сверхрешетках во внешнем магнитном поле. Вычисление тензоров проводимости и диэлектрической проницаемости при наличии временной дисперсии. Углы Керра и Фарадея.	25	4	4	4	12	13
В т.ч. текущий контроль	2	2				–
Промежуточная аттестация – экзамен						

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение домашних заданий, решение задач, изучение рекомендованной литературы, использование электронных ресурсов международных научных поисковых систем и подготовку к зачету.

Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя устный опрос на занятиях в процессе лекций, активность в обсуждении качественных вопросов, решение задач на практических занятиях.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Экзамен	
Превосходно	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями. Искрывающее и логически строгое изложение всех разделов дисциплины. Владение материалом позволяет быстро справиться с видоизмененным заданием. Успешное решение любых типов практических заданий.
Отлично	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками. Твердое знание всех разделов дисциплины. Допускаются неточности, нарушения в последовательности изложения материала. Владение необходимыми приемами и способами решения практических заданий.
Очень хорошо	Хорошая подготовка с рядом заметных недочетов. Твердое знание основных разделов дисциплины. Владение необходимыми приемами и способами решения основных типов практических заданий.
Хорошо	В целом, хорошая подготовка, но со значительными ошибками. Твердое знание основных разделов дисциплины. Владение необходимыми приемами и способами решения практических заданий.

Удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям. Знания основного содержания разделов дисциплины, допускаются грубые неточности, неправильные формулировки, нарушения в последовательности изложения материала. Имеющихся знаний достаточно для освоения дисциплин последующих курсов. Допускаются значительные ошибки при выполнении практических заданий.
Неудовлетворительно	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания. Незнание значительной части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов.
Плохо	Подготовка совершенно недостаточная. Отсутствуют знания большей части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний совершенно недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов.

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

– индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии: практические контрольные задания. Типы практических контрольных заданий:

– выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Критерии ответа студента на экзамене

Оценка «отлично» – Ответ полный и правильный, на основании изученной теории; материал изложен в определенной логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный и полностью выполнены индивидуальные практические задания.

Оценка «хорошо» – Ответ полный и правильный, на основании изученной теории; материал изложен в определенной логической последовательности при этом допущены две–три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя и правильно; полностью выполнены индивидуальные практические задания.

Оценка «удовлетворительно» – Ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка или неполный, несвязный ответ и выполнены индивидуальные практические задания.

Оценка «неудовлетворительно» – Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя, не выполнены индивидуальные практические задания

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1 Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

1. Численный расчет спектра прямоугольной квантовой точки в двумерном электронном газе с неквадратичным законом дисперсии.
2. Численный расчет спектра двоякопериодической сверхрешетки в двумерном электронном газе со спин-орбитальным взаимодействием Рашбы.
3. Численный расчет спектра двоякопериодической сверхрешетки в двумерном электронном газе со спин-орбитальным взаимодействием Дрессельхауза, помещенной в поперечное сильное магнитное поле.
4. Численное решение задачи Харпера-Ховштадтера на решетке графена.
5. Численный расчет тензора проводимости в двоякопериодической сверхрешетке в двумерном электронном газе, помещенной в поперечное сильное магнитное поле.
6. Численное исследование магнитооптического эффекта Керра в двоякопериодической сверхрешетке в двумерном электронном газе, помещенной в поперечное сильное магнитное поле.

6.3.2. Вопросы для итогового контроля сформированности компетенции:

1. Методы численного решения задач на собственные векторы и собственные значения.
2. Задача Харпера-Ховштадтера.
3. Метод Хаусхолдера.
4. Методы численного решения кинетического уравнения Больцмана.
5. Численное интегрирование с дельта-функцией Дирака.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Для практических занятий, связанных с работами на персональных компьютерах, используются терминал-классы, оборудованные в соответствии с требованиями охраны труда.

ННГУ обеспечен всем необходимым программным обеспечением для проведения практических занятий, связанных с работами на персональных компьютерах.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

Автор(ы):

доцент кафедры теоретической физики физического факультета, к. ф.-м. н., доцент А.А. Перов.

Рецензенты(ы):

зав. кафедрой теоретической физики физического факультета, д. ф.-м. н., доцент В.А. Бурдов.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 17.11.2022, протокол № б/н.