

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДЕНО  
решением  
Ученого совета ННГУ  
протокол от  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ г. № \_\_\_\_

**Рабочая программа дисциплины**

Специальный физический практикум

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.04.02 Физика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

магистерская программа "Квантовые и нейроморфные технологии"

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

магистр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Год начала обучения

2023

(для обучающихся какого года начала обучения разработана Рабочая программа)

Нижний Новгород

## **1. Место и цели дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Специальный физический практикум» относится к обязательной части Б1.О блока Б1 «Дисциплины (модули)», является обязательной для освоения, преподается на первом году обучения в магистратуре, во втором семестре.

Целями освоения дисциплины «Специальный физический практикум» являются:

- знакомство обучающихся с реальными физическими системами и методами расчета их характеристик, применяемыми в современных научных исследованиях;
- формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельной работы в решении практических задач, близких к сфере профессиональной деятельности.

## **2. Структура и содержание дисциплины (модуля)**

Объем дисциплины «Специальный физический практикум» составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (1 час – мероприятия промежуточной аттестации; 32 часа – лабораторные занятия, в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 75 часов составляет самостоятельная работа обучающегося в течение семестра.

## Содержание дисциплины «Специальный физический практикум»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В ТОМ ЧИСЛЕ				Самостоятельная работа в течение семестра, часы
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
<b>1. Определение закона дисперсии носителей в валентной зоне кристаллов со структурой алмаза или цинковой обманки.</b> Численное решение дисперсионного уравнения в вырожденной зоне и графическое представление решения.	44	—	—	8	8	36
<b>2. Фононные ветви в кубических кристаллах.</b> Расчет зависимости частоты от волнового вектора для упругих колебаний решетки в зоне Бриллюэна кубических кристаллов. Визуализация результатов.	45	—	—	8	8	37
<b>3. Зонная структура полупроводников в модели сильной связи.</b> Расчет энергетических ветвей в полупроводниках со структурными типами алмаза и сфалерита в рамках модели сильной связи. Расширение базиса – $s, p, d, \dots$ орбитали. Графическое представление зон.	45	—	—	8	8	37
<b>4. Расчет спектра молекулы SiH<sub>4</sub> с помощью метода линейной комбинации атомных орбиталей.</b> Параметры модели – матричные элементы гамильтониана. Интегралы перекрытия. Граничные условия. Решение дисперсионного уравнения.	45	—	—	8	8	37
<b>В т.ч. текущий контроль</b>	2	2				—
Промежуточная аттестация – зачет						

### 3. Образовательные технологии

- 1) методика «вопросы и ответы»;
- 2) индивидуальная работа над заданием компьютерного практикума;

3) работа в парах над заданием компьютерного практикума.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, выполнение практических заданий, отвечающих изучаемым разделам дисциплины.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Примеры практических заданий приведены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

#### 5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	(УК-2) <b>Знать</b> необходимый набор шагов и действий для управления проектом. (УК-2) <b>Уметь</b> управлять проектом на различных этапах его жизненного цикла. (УК-2) <b>Владеть</b> навыками управления проектом на различных этапах его жизненного цикла.
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	(УК-3) <b>Знать</b> необходимый набор шагов и действий для решения научно-исследовательских и инновационных задач. (УК-3) <b>Уметь</b> применять полученные в ходе изучения дисциплины навыки в научных исследованиях. (УК-3) <b>Владеть</b> навыками проведения научных исследований.
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности	(ОПК-1) <b>Знать</b> основные принципы использования суперкомпьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности. (ОПК-1) <b>Уметь</b> применять суперкомпьютерные технологии для решения задач профессиональной деятельности. (ОПК-1) <b>Владеть</b> навыками использования современных суперкомпьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности.
ОПК-2 Способен в сфере своей профессиональной деятельности организовывать самостоятельную и	(ОПК-2) <b>Знать</b> современное состояние исследований в области, охватываемой изучаемой дисциплиной. (ОПК-2) <b>Уметь</b> применять методы

коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики	решения физических проблем в исследовательской деятельности. (ОПК-2) <b>Владеть</b> методами решения физических проблем в исследовательской деятельности.
ОПК-3 Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки	(ОПК-3) <b>Знать</b> современные тенденции и направления развития физических исследований. (ОПК-3) <b>Уметь</b> применять знания, полученные при изучении других дисциплин физического профиля, при решении научно-инновационных задач. (ОПК-3) <b>Владеть</b> навыками использования полученных ранее знаний в области физики при решении научно-инновационных задач.

## 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

### 6.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Специальный физический практикум» является **зачет**.

По итогам зачета выставляется оценка «Зачтено» или «Не зачтено». Оценка «Не зачтено» означает отсутствие аттестации, оценка «Зачтено» выставляется при успешном прохождении аттестации.

### 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).

Контрольные вопросы для индивидуального собеседования представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

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

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

Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Критериями оценивания являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

**«Не зачтено»** – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

**«Зачтено»** – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности.

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

6.3.1. При проведении промежуточной аттестации обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Специальный физический практикум»:

1. Что понимается под вырождением энергетической зоны в кристалле?
2. Строение валентной зоны в полупроводниках со структурным типом алмаза или сфалерита.
3. Симметрия блоховских функций потолка валентной зоны в кубических кристаллах.
4. Нормальные колебания кристаллической решетки.
5. Число колебательных мод решетки.
6. Сколько фононов в основном состоянии кристаллической решетки?
7. Основные параметры модели сильной связи.
8. Понятие базиса модели.
9. Уравнение для определения электронного спектра.
10. Линейная комбинация атомных орбиталей.
11. Разложение волновой функции по базису.
12. Основные приближения метода ЛКАО.

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

1. Построить изоэнергетические поверхности для валентных электронов в кремнии.
2. Получить и построить графически зависимости фононных частот от волнового вектора в кристалле с простой кубической решеткой.

3. Методом сильной связи рассчитать и построить зонную диаграмму (до зоны проводимости) в кремнии и арсениде галлия в базисе  $s$  и  $p$  орбиталей.
4. Рассчитать уровни энергии в молекуле  $\text{SiH}_4$  методом линейной комбинации атомных орбиталей.

#### 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

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

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

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### а) основная литература:

1. Дж. Займан, Электроны и фононы, М.: ИЛ, 1962, 488 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 3 экз.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=80063>.
2. А.И. Ансельм, Введение в теорию полупроводников, М.: Наука, 1978, 616 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 4 экз.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=397901>.

#### б) дополнительная литература:

J.C. Slater, G.F. Koster, Simplified LCAO method for the periodic potential problem, *Physical Review* **94**, 1498 (1954).  
Электронный архив журналов Американского физического общества:  
<https://doi.org/10.1103/PhysRev.94.1498>.

#### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- 1) пакеты символьной математики Wolfram Mathematica и MathWorks MATLAB;
- 2) Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ  
<http://www.lib.unn.ru/>.

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных терминал-классов, оборудованных в соответствии с требованиями охраны труда.

ННГУ обеспечен всем необходимым программным обеспечением для проведения практических занятий, связанных с работой 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):

зав. кафедрой теоретической физики

физического факультета,

д. ф.-м. н., доцент \_\_\_\_\_ / Бурдов В.А. /

Рецензент(ы):

Зав. кафедрой теоретической физики

физического факультета,

д. ф.-м. н., доцент \_\_\_\_\_ / Бурдов В.А. /

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии  
физического факультета ННГУ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ года,  
протокол № б/н.

Председатель

Учебно-методической комиссии

физического факультета ННГУ \_\_\_\_\_ / Перов А.А. /