

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по ОД  
А.А. Панфилов  
« 03 » 09 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«КВАНТОВАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ»**

Направление подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Профиль подготовки \_\_\_\_\_

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоёмкость (зач. ед./ час)	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Лаб. работы (час)	СРС (час)	Форма контроля (экз./зач.)
7	6/216	36	36	-	99	экзамен (45 ч.)
<b>Итого</b>	<b>6/216</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>99</b>	<b>экзамен (45 ч.)</b>

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины «Квантовая обработка информации» является ознакомление с современной областью науки и технологий, сочетающей в себе разделы квантовой физики, булевой алгебры и нанотехнологий.

### **Задача дисциплины:**

- выяснение роли фундаментальных законов физики, открытых в XX-ом и начале XXI веков в процессах получения, передачи и обработки информации.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Квантовая обработка информации» относится к обязательным дисциплинам вариативной части ОПОП. Дисциплина логически и содержательно-методически тесно связана с рядом теоретических дисциплин и практик предшествующего периода обучения.

К числу дисциплин, наиболее тесно связанных с дисциплиной «Квантовая обработка информации», относятся «Физика», «Квантовая механика», «Статистическая физика», «Физика твердого тела». В результате освоения этих дисциплин студенты приобретают необходимые для изучения «Квантовая обработка информации» знания основных понятий и принципов физической теории и эксперимента.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины частично формируются следующие компетенции:

- ОПК-2; способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.
- ОПК-7; способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
- ПК-1; способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий;
- ПК-3; готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

В результате освоения дисциплины обучающийся демонстрирует следующие результаты образования:

ЗНАТЬ	УМЕТЬ	ВЛАДЕТЬ
естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический	выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический	естественнонаучной сущностью проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический

<p>аппарат (ОПК-2).  современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7).</p>	<p>аппарат (ОПК-2).  учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7).</p>	<p>аппарат (ОПК-2).  современными тенденциями развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7).</p>
<p>основные понятия и методы теории уравнений математической физики уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ПК-1).</p>	<p>формализовать задачу, строить алгоритм её решения, проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий, использовать основные приёмы обработки и представления экспериментальных данных в своей профессиональной деятельности; применять математические методы для построения математических моделей и исследования объектов профессиональной деятельности (ПК-1).</p>	<p>навыками решения дифференциальных уравнений математической физики на уровне, позволяющем анализировать математические модели прикладных задач; навыками работы в средах программирования; навыками работы с информацией в глобальных компьютерных сетях, методами информационных технологий с соблюдением требований информационной безопасности (ПК-1).</p>
<p>современное состояние и перспективы развития наноиндустрии (ПК-3).</p>	<p>осуществлять самостоятельный поиск и анализ необходимой для профессиональной деятельности информации, выделять основное содержание из общего массива сведений (ПК-3).</p>	<p>навыками эффективного поиска во всемирной сети Интернет информации; навыками отбора и конспективного представления полученной информации в соответствующей презентационной форме (ПК-3).</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Введение в теорию квантовой информации.	7	1	8	-	8	-	-	20	-	8/50	
2	Понятия квантовых вычислений.	7	2-8	8	-	8	-	-	20	-	8/50	рейтинг-контроль №1
3	Квантовые вычисления и протоколы.	7	9-12	12	-	12	-	-	30	-	12/50	рейтинг-контроль №2
4	Физические системы для реализации квантовых протоколов.	7	13-18	8	-	8	-	-	29	-	8/50	рейтинг-контроль №3
Всего		7	18	36	-	36	-	-	99	-	36/50	Экзамен (45)

#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КУРС

##### Семестр 4

#### Раздел 1. Введение в теорию квантовой информации.

- 1.1 Понятие о теории информации.
- 1.2 Термодинамический подход в теории информации.

#### Раздел 2. Понятия квантовых вычислений.

- 2.1 Волновая функция. Чистые и смешенные состояния. Матрица плотности.
- 2.2 Перепутанность. Меры перепутанности.
- 2.3 Понятие кубитов, куквартов и др.

#### Раздел 3. Квантовые вычисления и протоколы.

- 3.1 Квантовые вычисления.
- 3.2 Квантовые протоколы.
- 3.3 Квантовая криптография.
- 3.4 Квантовые сети.

#### Раздел 4. Физические системы для реализации квантовых протоколов.

- 4.1 Ловушки для ионов и нейтральных атомов.
- 4.2 Лазерное охлаждение атомов.
- 4.3 Твердотельные ЯМР (ядерные магнитно-резонансные) квантовые компьютеры.
- 4.4 Квантовый компьютер на основе временного кодирования в допированной среде.

4.5 Частица в центрально-симметричном поле сил.

#### **Практические занятия.**

Тема 1. Моделирование уравнения Лагранжа в механических системах (8 ч).

Тема 2. Моделирование уравнения движения и энергии в релятивистской механике (8ч.).

Тема 3. Расчет передающей волноводной линии (8ч.).

Тема 4. Моделирование уравнения Шредингера (12ч.).

### **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

#### **5.1. Активные и интерактивные формы обучения.**

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы.

Объем занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 36 часов (50%), контрольные работы 6 часов на лабораторных занятиях.

#### **5.2. Самостоятельная работа студентов.**

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению контрольных заданий, составление конспекта лекций по предложенным темам. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций, решение выданных задач, подготовка и отчет по лабораторным работам.

#### **5.3. Мультимедийные технологии обучения.**

Некоторые из лекционных и лабораторных занятий проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории (например, ауд. 430-3, 420-3) с использованием компьютерного проектора. Студентам предоставляется компьютерный курс лекций. Компьютерные технологии используются для оформления лабораторных работ.

#### **5.4. Лекции приглашенных специалистов.**

В рамках учебного курса планируются лекции приглашенных специалистов из Института спектроскопии РАН (г.Москва).

### **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Текущий контроль успеваемости проводится по всем видам занятий с использованием рейтинговой системы.

#### **6.1 . Экзаменационные вопросы**

1. Суть квантовой информации.
2. Закон Мура. Роль квантовых эффектов.
3. Машина Тьюринга.
4. Логические операции.
5. Требования к квантовому компьютеру.
6. Энтропия Шеннона.
7. Количество информации.



8. Термодинамический предел энергии переключения.
9. Пропускная способность информационного канала.
10. Понятие обратимости в логическом элементе.
11. Условная энтропия и взаимная информация.
12. Алгоритмы сжатия классических данных.
13. Двоичный канал связи. Емкость канала.
14. Код Хэмминга.
15. Квантовые схемы и матричное описание.
16. Волновая функция.
17. Принцип суперпозиции. Средние.
18. Формализм матрицы плотности.
19. Линейные операторы и их свойства.
20. Понятие чистого состояния.
21. Перепутанность.
22. Меры перепутанности.
23. Основные квантовые операции.
24. Двухкубитные квантовые операции.
25. Формирование перепутанного состояния.
26. Алгоритм Дойча.
27. Общие принципы квантовой криптографии.
28. Протокол Беннета-Брассарда BB-84.
29. Теорема Белла.
30. Расширенные протоколы квантовой криптографии.
31. Стратегия перехват-пересылка.
32. Оптимальное подслушивание.
33. Помехоустойчивые вычисления.
34. Коррекция квантовых ошибок.
35. Квантовая телепортация.
36. Квантовые информационные сети.
37. Кубиты на ионах в ловушках. Рамановская схема.
38. Ловушка Пеннинга.
39. Ловушка Пауля.
40. Ловушка для нейтральных атомов. Оптические решетки.
41. Лазерное охлаждение атомов.
42. Охлаждение в стоячей волне.
43. M-схема взаимодействия
44. Описание взаимодействия на основе матрицы плотности
45. Принцип временного кодирования, пример работы элемента XOR
46. Организация полупроводниковой структуры.
47. Описание электронно-ядерной спиновой системы.

## **6.2. Вопросы рейтинг-контроля**

### **Рейтинг-контроль № 1**

1. Суть квантовой информации.
2. Закон Мура. Роль квантовых эффектов.
3. Машина Тьюринга.

4. Логические операции.
5. Требования к квантовому компьютеру.
6. Энтропия Шенона.
7. Количество информации.
8. Термодинамический предел энергии переключения.
9. Пропускная способность информационного канала.
10. Понятие обратимости в логическом элементе.
11. Условная энтропия и взаимная информация.
12. Алгоритмы сжатия классических данных.
13. Двоичный канал связи. Емкость канала.
14. Код Хэмминга.
15. Квантовые схемы и матричное описание.
16. Волновая функция.
17. Принцип суперпозиции. Средние.
18. Формализм матрицы плотности.

### **Рейтинг-контроль № 2**

1. Линейные операторы и их свойства.
2. Понятие чистого состояния.
3. Перепутанность.
4. Меры перепутанности.
5. Основные квантовые операции.
6. Двухкубитные квантовые операции.
7. Формирование перепутанного состояния.
8. Алгоритм Дойча.
9. Общие принципы квантовой криптографии.
10. Протокол Беннета-Брассарда BB-84.
11. Теорема Белла.
12. Расширенные протоколы квантовой криптографии.
13. Стратегия перехват-пересылка.
14. Оптимальное подслушивание.
15. Помехоустойчивые вычисления.
16. Коррекция квантовых ошибок.
17. Квантовая телепортация.
18. Квантовые информационные сети.
19. Кубиты на ионах в ловушках. Рамановская схема.

### **Рейтинг-контроль № 3**

1. Ловушка Пеннинга.
2. Ловушка Пауля.
3. Ловушка для нейтральных атомов. Оптические решетки.
4. Лазерное охлаждение атомов.
5. Охлаждение в стоячей волне.
6. M-схема взаимодействия
7. Описание взаимодействия на основе матрицы плотности
8. Принцип временного кодирования, пример работы элемента XOR
9. Организация полупроводниковой структуры.
10. Описание электронно-ядерной спиновой системы.

### 6.3. Вопросы к самостоятельной работе студента

1. Пропускная способность информационного канала.
2. Понятие обратимости в логическом элементе.
3. Формирование перепутанного состояния.
4. Расширенные протоколы квантовой криптографии.
5. Коррекция квантовых ошибок.
6. Квантовая телепортация.
7. Оптические решетки.

### **7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

№ п/п	Название и выходные данные (автор, вид издания, издательство, издания, количество страниц)	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3
<b>Основная литература</b>		
1	Физика макроскопических квантовых систем [Электронный ресурс]: Курс лекций. Семинары / М.Ю. Каган. - Вып. 2. - М.: Издательский дом МЭИ, 2014. - (Серия "Высшая школа физики"). - ISBN 978-5-383-00895-9.	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383008959.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383008959.html</a>
2	Коррелированные фотоны и их применение [Электронный ресурс] / Самарцев В.В. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. - ISBN 978-5-9221-1511-7.	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115117.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115117.html</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1	Нанотехнологии. Азбука для всех [Электронный ресурс] / Под ред. Ю.Д. Третьякова. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - ISBN 978-5-9221-1048-8.	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922110488.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922110488.html</a>
2	Нанoeлектроника. Состояние и перспективы развития [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Игнатов А.Н. - М.: ФЛИНТА, 2012. - ISBN 978-5-9765-1619-9.	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976516199.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976516199.html</a>
3	Быстродействующий однофотонный детектор на основе тонкой сверхпроводниковой пленки NbN [Электронный ресурс]: монография / О.В. Минаева, О.В. Окунев, Г.М. Чулкова и др. - М.: Прометей, 2013. - ISBN 978-5-7042-2475-4.	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785704224754.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785704224754.html</a>

### **8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 430-3);
- электронные записи лекций;
- компьютеры со специализированным программным обеспечением (MatLab).



Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Рабочую программу составил доцент кафедры ФиПМ Прохоров А. В.

Рецензент

(представитель работодателя) Нач.НИИКО-2 ФКП-«ГЛП Радуга» Антипов А.А.

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол №1 от 03.09.2018 года

Заведующий кафедрой

(ФИО, подпись)

Аракелян С.М.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Протокол №1 от 03.09.2018 года

Председатель комиссии

(ФИО, подпись)

Аракелян С.М.

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_