

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор

По учебно-методической работе

А.А. Панфилов

« 01 » 10 2015 г.

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

Направление подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Программа "Математическое моделирование"

Уровень высшего образования магистр

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость (зач. ед./ час)	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Лаб. работы (час)	СРС (час)	Форма контроля (экз./зач.)
4	4/144	22	-	22	73	экзамен (27)
<b>Итого</b>	4/144	22	-	22	73	экзамен (27)

Владимир, 20 15

## 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 дисциплинам по выбору 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-3; способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение;
- ОПК-4; способностью использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики;
- ПК-2; способностью разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач;
- ПК-4; способностью разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

ЗНАТЬ	УМЕТЬ	ВЛАДЕТЬ
информационные технологии и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное	самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой	информационными технологиями и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и

мировоззрение (ОПК-3)	деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение (ОПК-3)	углублять своё научное мировоззрение (ОПК-3)
как использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики (ОПК-4)	использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики (ОПК-4)	способностью использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики (ОПК-4)
концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач (ПК-2)	разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач (ПК-2)	способностью разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач (ПК-2)
концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности (ПК-4)	разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности (ПК-4)	способностью разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности (ПК-4)

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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.	4	1	2	-	-	4	-	20	-	3/50	
2	Понятия квантовых вычислений.	4	2-5	8	-	-	6	-	20	-	7/50	рейтинг-контроль №1
3	Квантовые вычисления и протоколы.	4	6-8	6	-	-	6	-	20	-	6/50	рейтинг-контроль №2
4	Физические системы для реализации квантовых протоколов.	4	9-11	6	-	-	6	-	13	-	6/50	рейтинг-контроль №3

Всего	4	11	22	-	-	22	-	73	-	22/50	Экзамен (27)
-------	---	----	----	---	---	----	---	----	---	-------	-----------------

## 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.

#### Лабораторный практикум.

- Л.Р.№1. «Пропускная способность информационного канала» (2 ч).  
 Л.Р.№2. «Квантовые схемы и матричное описание.» (2 ч).  
 Л.Р.№3. «Двухкубитные квантовые операции.» (4 ч).  
 Л.Р.№4. «Протокол Беннета-Брассарда ВВ-84» (4 ч).  
 Л.Р.№5. «Коррекция квантовых ошибок» (6 ч).  
 Л.Р.№6. «М-схема взаимодействия» (4 ч).

## 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 22 часа (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).

### **5.5. Рейтинговая система обучения**

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: баллы на контрольных занятиях; качество выполнения домашних типовых заданий, рассматриваемых на практических занятиях. Распределение баллов по контрольным мероприятиям определяется лектором, ведущим дисциплину.

## **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 балльно-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 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.
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	Модели параллельного программирования [Электронный ресурс] / Федотов И.Е. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012. – ISBN 978-5-91359-102-9.	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913591029.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913591029.html</a>
3	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	Наноэлектроника. 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 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Рабочую программу составил доцент кафедры ФиПМ Прохоров А. В.

Рецензент

(представитель работодателя) сек. директор ООО «РС Сервис» Квашин Д.С.  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РиПМ

Протокол № 1А от 01.10.15 года

Заведующий кафедрой

(ФИО, подпись)

Аракелян С.М.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Протокол № 1А от 01.10.15 года

Председатель комиссии

(ФИО, подпись)

Аракелян С.М.

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 18-19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой

С.М. Аракелян

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 \_\_\_\_\_