

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 образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 02 » 09 2019 г.

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

Направление подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Профиль/программа подготовки "Математическое моделирование"

Уровень высшего образования магистратура

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
3	3 /108	18	18	-	72	Зачет с оценкой
<b>Итого</b>	3 /108	18	18	-	72	Зачет с оценкой

## 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 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 и статистическая физика», «Физика твердого тела». В результате освоения вышеперечисленных дисциплин студенты приобретают необходимые для изучения дисциплины «Квантовая обработка информации» знания основных понятий и принципов физической теории и эксперимента.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-2	частичный	<b>Знать:</b> основные классические, современные и перспективные подходы и методы решения задач фундаментальной и прикладной математики и информатики;; <b>Уметь:</b> адаптировать общие математические методы решения к специфике прикладных задач; <b>Владеть:</b> навыки оценки и сравнительного анализа альтернативных методов решения прикладных задач;
ОПК-3	частичный	<b>Знать:</b> основные концепции и особенности математического моделирования в различных областях знаний; <b>Уметь:</b> разрабатывать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности и оценивать их качество; <b>Владеть:</b> навыки научного исследования задач предметной области с использованием разработанных моделей.

## 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов

№ п / п	Наименование тем и/или разделов/тем 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, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Введение в теорию квантовой	3	1	8	8	-	20	8/50	

	информации.								
2	Понятия квантовых вычислений.	3	2-8	4	4	-	13	4/50	рейтинг-контроль №1
3	Квантовые вычисления и протоколы.	3	9-12	3	3	-	19	3/50	рейтинг-контроль №2
4	Физические системы для реализации квантовых протоколов.	3	13-18	3	3	-	20	3/50	рейтинг-контроль №3
Наличие в дисциплине КП/КР		-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по дисциплине		3	18	18	18	-	72	18/50	Зачет с оценкой

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

#### 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.

### Содержание практических занятий по дисциплине

- 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

В преподавании дисциплины «Квантовая обработка информации» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (тема №2);*
- *Групповая дискуссия (тема №1);*
- *Анализ ситуаций (тема №3);*
- *Применение имитационных моделей (лабораторные работы №3-5);*
- *Разбор конкретных ситуаций (тема №4);*

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

### Вопросы для 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.

### Вопросы к зачету с оценкой

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

57. Описание электронно-ядерной спиновой системы.

### 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.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
<b>Основная литература*</b>			
1. Численные методы [Электронный ресурс] / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 8-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2015. - (Классический университетский учебник).	2015		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326167.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326167.html</a>
2. Физика. От теории к практике. В 2 кн. Кн. 1: Механика, оптика, термодинамика [Электронный ресурс] / Бёрд Дж. - М.: ДМК Пресс, 2016. - (Серия "Карманный справочник"). - ISBN9785941200764	2016		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785941200764.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785941200764.html</a>
3. Кузнецов, С. И. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики : учеб. пособие / С.И. Кузнецов, А.М. Лидер. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2018. — 212 с. - ISBN 978-5-16-100426-5.	2018		<a href="https://znanium.com/catalog/product/950965">https://znanium.com/catalog/product/950965</a>
4. Пинский, А. А. Физика : учебник / А.А. Пинский, Г.Ю. Граковский ; под общ. ред. Ю.И. Дика, Н.С. Пурышевой. — 4-е изд., испр. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. — 560 с. : ил. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-102411-9.	2017		<a href="https://znanium.com/catalog/product/559355">https://znanium.com/catalog/product/559355</a>
<b>Дополнительная литература</b>			
1. Борисов А.Б., Киселев В.В, Квазиодномерные магнитные солитоны [Электронный ресурс] - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2014. - ISBN 978-5-9221-1590-2.	2014		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115902.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115902.html</a>
2. К теории двумерных и трехмерных систем автоматического регулирования [Электронный ресурс] / А.Г. Барский. - М. : Логос, 2015. - ISBN 978-5-98704-807-8.	2015		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987048078.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987048078.html</a>
3. Лекции по теории вероятностей и математической статистике [Электронный ресурс]: учебник / Прохоров Ю.В., Пономаренко Л.С. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Издательство Московского государственного университета, 2012. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-211-06234-4.	2012		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785211062344.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785211062344.html</a>
4. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений [Электронный ресурс] / Куликовский А.Г., Погорелов Н.В., Семёнов А.Ю. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - ISBN 978-5-9221-1198-0.	2012		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111980.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111980.html</a>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- аудитории для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным программным обеспечением (511-3, 100-3, 1226-3, 106-3);
- система математических и инженерных расчётов MATLAB;
- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 430-3, 420-3);
- электронные записи лекций.

Рабочую программу составил доцент кафедры ФиПМ А. В. Прохоров \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) Ген. директор ФС Сервис Квасов Д.С. \_\_\_\_\_  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ  
Протокол № 1 от 02.09.2019 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М.Аракелян  
(подпись) ФИО

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

Протокол № 1 от 02.09.2019 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ С.М.Аракелян  
(подпись) ФИО

### 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 \_\_\_\_\_