

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)

Институт прикладной математики, физики и информатики  
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института



К.С. Хорьков

2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«КВАНТОВАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ»**  
(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность**  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

Нанотехнологии и микросистемная техника  
(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир  
Год 2021

## 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

Дисциплина «Квантовая обработка информации» относится к обязательным дисциплинам блока Б1 Дисциплины (модули) учебного плана.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1. Знает основные законы естественных наук, методы математического анализа и моделирования, основные законы и методы общинженерных дисциплин. ОПК-1.2. Умеет использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности, проводить эксперименты по определению физико-химических свойств неорганических и органических веществ, проводить измерение основных электрических величин, определять параметры и характеристик электрических и электронных устройств. ОПК-1.3. Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности	Знать: законы и принципы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования. Уметь: использовать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач. Владеть: математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание
ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники	ОПК-7.1. Знает прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, используемые при решении инженерных задач. ОПК-7.2. Умеет проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов. ОПК-7.2. Владеет методиками организации работы персонала, соблюдения технологической и трудовой дисциплины.	Знать: прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, используемые при решении инженерных задач. Уметь: проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов. Владеть: методиками организации работы персонала, соблюдения технологической и трудовой дисциплины.	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Введение в теорию квантовой информации.	7	1	2	4	-	-	9	
2	Понятия квантовых вычислений.	7	2-8	14	4	-	-	30	Рейтинг-контроль №1
3	Квантовые вычисления и протоколы.	7	9-12	8	6	-	-	30	Рейтинг-контроль №2
4	Физические системы для реализации квантовых протоколов.	7	13-18	12	4	-	-	30	Рейтинг-контроль №3
Всего за 7 семестр:		7	18	36	18	-	-	99	Экзамен, 27
Наличие в дисциплине КП/КР			-	-	-	-	-	-	-
Итого по дисциплине		7	18	36	18	-	-	99	Экзамен, 27

##### 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 смешанные 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 (4ч).

Тема 2. Моделирование уравнения движения и энергии в релятивистской механике (4ч).

Тема 3. Расчет передающей волноводной линии (4ч).

Тема 4. Моделирование уравнения Шредингера (6ч).

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

##### 5.1. Текущий контроль успеваемости

## 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 экзамену

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.
0. Понятие обратимости в логическом элементе.
1. Условная энтропия и взаимная информация.
2. Алгоритмы сжатия классических данных.
3. Двоичный канал связи. Емкость канала.
4. Код Хэмминга.
5. Квантовые схемы и матричное описание.
6. Волновая функция.
7. Принцип суперпозиции. Средние.
8. Формализм матрицы плотности.
9. Линейные операторы и их свойства.
10. Понятие чистого состояния.
11. Перепутанность.
12. Меры перепутанности.
13. Основные квантовые операции.
14. Двухкубитные квантовые операции.
15. Формирование перепутанного состояния.
16. Алгоритм Дойча.
17. Общие принципы квантовой криптографии.
18. Протокол Беннета-Брассарда BB-84.
19. Теорема Белла.
20. Расширенные протоколы квантовой криптографии.
21. Стратегия перехват-пересылка.
22. Оптимальное подслушивание.
23. Помехоустойчивые вычисления.
24. Коррекция квантовых ошибок.
25. Квантовая телепортация.
26. Квантовые информационные сети.
27. Кубиты на ионах в ловушках. Рамановская схема.
28. Ловушка Пеннинга.
29. Ловушка Пауля.
30. Ловушка для нейтральных атомов. Оптические решетки.
31. Лазерное охлаждение атомов.
32. Охлаждение в стоячей волне.
33. M-схема взаимодействия
34. Описание взаимодействия на основе матрицы плотности
35. Принцип временного кодирования, пример работы элемента XOR
36. Организация полупроводниковой структуры.
37. 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 материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
Основная литература		
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>
Дополнительная литература		
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>

### 6.2. Периодические издания

1) Журнал «Квантовая электроника». Архив номеров. Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/qe/archive>.

2) Научно-технический журнал «Фотоника». Режим доступа: <http://www.photonics.su>.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Практические занятия проводятся в компьютерном классе (100-3, 1226-3, 5116-3 или аналогичной аудитории в зависимости от сетки расписания).

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

- 1) MS Word;
- 2) MATLAB;
- 3) Mathcad.

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

Рецензент  
Генеральный директор ООО «ВладИнТех» \_\_\_\_\_ А.В. Осипов \_\_\_\_\_  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ  
Протокол №1 от 30.08.2021 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
на заседании учебно-методической комиссии направления 12.03.05 Лазерная техника и  
лазерные технологии  
Протокол №1 от 30.08.2021 года  
Председатель комиссии \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, должность, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2022 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *С.М. Аракелян*

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ учебный года

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ учебный года

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_