

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

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

\_\_\_\_\_ К.С. Хорьков

август 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ОСНОВЫ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ»**

направление подготовки / специальность

**01.03.02 «Прикладная математика и информатика»**

направленность (профиль) подготовки

**Математическое и компьютерное моделирование, программирование и системный анализ**

г. Владимир  
2021

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы квантовых вычислений» относится к факультативным дисциплинам.

## 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	
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обращения информации. УК-1.2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности. УК-1.3. Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.	<b>Знает</b> правила составления аналитических документов; правила оформления ссылок на библиографические описания. <b>Умеет</b> соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности. <b>Владеет</b> навыками использования диалектического метода познания при анализе и синтезе информации различной природы и в различном контексте.	Практико-ориентированное задание
ПК-5.Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы	ПК-5.1. Знает методы и средства планирования и организации исследований и разработок, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации. ПК-5.2. Умеет применять нормативную документацию, связанную с проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применять методы проведения экспериментов. ПК-5.3. Владеет навыками сбора, обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, проведения экспериментов в соответствии с установленными полномочиями, составления отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов.	<b>Знает</b> методы и средства планирования и организации исследований и разработок. <b>Умеет</b> оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. <b>Владеет</b> навыками сбора, обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний.	Практико-ориентированное задание

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 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.	6	1		6	-	-	6	
2	Понятия квантовых вычислений.	6	2-8		6	-	-	6	рейтинг-контроль №1
3	Квантовые вычисления и протоколы.	6	9-12		4	-	-	4	рейтинг-контроль №2
4	Физические системы для реализации квантовых протоколов.	6	13-18		2	-	-	2	рейтинг-контроль №3
Всего за 6 семестр:		6	18		18	-	-	18	Зачет
Наличие в дисциплине КП/КР			-	-	-	-	-	-	
Итого по дисциплине		6	18		18	-	-	18	Зачет

##### Содержание практических занятий по дисциплине

- Тема 1. Моделирование уравнения Лагранжа в механических системах  
Тема 2. Моделирование уравнения движения и энергии в релятивистской механике  
Тема 3. Расчет передающей волноводной линии  
Тема 4. Моделирование уравнения Шредингера

#### 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.

### **5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.**

#### **Вопросы к зачету**

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.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

#### 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	КНИГООБЕСПЕЧЕНОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
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.	2017	<a href="https://znanium.com/c">https://znanium.com/c</a>

ред. Ю.И. Дика, Н.С. Пурьшевой. — 4-е изд., испр. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. — 560 с. : ил. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-102411-9.		atalog/product/55935 5
<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	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115902.html
2. К теории двумерных и трехмерных систем автоматического регулирования [Электронный ресурс] / А.Г. Барский. - М. : Логос, 2015. - ISBN 978-5-98704-807-8.	2015	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987048078.html
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	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785211062344.html
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	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111980.html

### 6.2. Периодические издания

1. Вестник компьютерных и информационных технологий, ISSN: 1810-7206.
2. Computerworld Россия, ISSN: 1560-5213.
3. Мир ПК, ISSN: 0235-3520.

### 6.3. Интернет-ресурсы

<https://www.researchgate.net>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

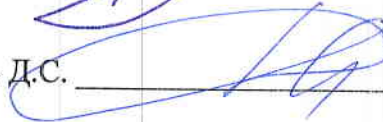
Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- аудитории для проведения практических 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  
к.ф.-м.н., доцент кафедры ФиПМ Прохоров А.В.



Рецензент (представитель работодателя):  
Генеральный директор ООО «ФС Сервис» Квасов Д.С.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ  
Протокол №1 от 30.08.2021 года  
Заведующий кафедрой ФиПМ Аракелян С.М.



Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»  
Протокол №1 от 30.08.2021 года  
Председатель комиссии



Аракелян С.М.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2022 / 2023 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2022 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *С.В. Абрамен*

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 \_\_\_\_\_