

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
«ОСНОВЫ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ»

(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Лазерные и квантовые технологии

(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир
Год 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.

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 «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)¹⁾

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 обобщения 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.	Знает: правила составления аналитических документов; правила оформления ссылок на библиографические описания; Умеет: соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности Владеет: навыки использования диалектического метода познания при анализе и синтезе информации различной природы и в различном контексте;	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание
ПК-4 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы в области лазерных и квантовых технологий	ПК-4.1. Знает методы и средства планирования и организации исследований и разработок в области лазерных и квантовых технологий, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации. ПК-4.2. Умеет находить аналитические решения задач квантовой теории, применять нормативную документацию, связанную с проведением научно-исследовательских и	Знает: методы и средства планирования и организации исследований и разработок; Умеет: применять практически теоретические знания при решении физических задач; Владеет: методами организации и проведения измерений и исследований в области лазерных и квантовых технологий, включая планирование, разработку, организацию и проведение исследований;	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание

	опытно-конструкторских работ, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских		
--	--	--	--

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетных единиц, 36 часов

№ 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 (6 ч).
Тема 2. Моделирование уравнения движения и энергии в релятивистской механике (6ч.).
Тема 3. Расчет передающей волноводной линии (4ч.).
Тема 4. Моделирование уравнения Шредингера (2ч.).

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

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.

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	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		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	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326167.html
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	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785941200764.html
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	https://znanium.com/catalog/product/950965
4. Пинский, А. А. Физика : учебник / А.А. Пинский, Г.Ю. Граковский ; под общ. 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.	2017	https://znanium.com/catalog/product/559355
Дополнительная литература		
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


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 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 30.08.2021 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 _____