

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Автоматизированные системы обработки информации и управления

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
КВАНТОВАЯ ИНФОРМАТИКА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.06.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	2 семестр - 16 часов;
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Вишняков С.В.
	Идентификатор	R35b26072-VishniakovSV-02810d9

(подпись)

С.В. Вишняков

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Вишняков С.В.
	Идентификатор	R35b26072-VishniakovSV-02810d9

(подпись)

С.В. Вишняков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Вишняков С.В.
	Идентификатор	R35b26072-VishniakovSV-02810d9

(подпись)

С.В. Вишняков

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение основ физики кубитов, методов квантовых вычислений и преобразований, квантовых алгоритмов и принципиальной схемы квантового компьютера.

Задачи дисциплины

- изучение классификации квантовых систем, освоение методов их математического описания;
- изучение основных теорем, освоение принципов и методов квантовых вычислений;
- освоение методов квантовых вычислений квантовых систем;
- освоение практического применения теории систем в квантовой криптографии и квантовых сетях.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен осуществлять проектирование вычислительных комплексов и систем, включая разработку аппаратного, программного обеспечения, системную интеграцию, ввод в эксплуатацию	ИД-2 _{ПК-3} Демонстрирует знание теории баз данных, включая перспективные технологии обработки больших данных	знать: - основные теоремы квантовых вычислений и методы квантовых вычислений; - классификацию квантовых систем, методы математического описания систем. уметь: - устанавливать кубиты в заданное состояние и измерять их; - применять основы квантового программирования на языке Q#.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автоматизированные системы обработки информации и управления (далее – ОПОП), направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Физика квантовой информации: основные понятия.	27	2	8	4	-	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Физика квантовой информации: основные понятия. Квантовая суперпозиция, кубит, перепутывание"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Физика квантовой информации: основные понятия. Квантовая суперпозиция, кубит, перепутывание" материалу.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Физика квантовой информации: основные понятия. Квантовая суперпозиция, кубит, перепутывание"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 18-34 [2], стр. 1-15</p>	
1.1	Физика квантовой информации: основные понятия. Квантовая суперпозиция, кубит, перепутывание. Квантовая криптография.	27		8	4	-	-	-	-	-	-	-	15		-
2	Квантовая плотная кодировка и квантовая телепортация.	27		8	4	-	-	-	-	-	-	-	15		-
2.1	Квантовая плотная	27		8	4	-	-	-	-	-	-	-	15		-

	кодировка и квантовая телепортация.														<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Квантовая плотная кодировка и квантовая телепортация." материалу.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Квантовая плотная кодировка и квантовая телепортация."</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 74-108 [2], стр. 25-70</p>
3	Концепция квантовых вычислений.	27	8	4	-	-	-	-	-	-	15	-		<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Концепция квантовых вычислений. Алгоритмы." материалу.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Концепция квантовых вычислений. Алгоритмы."</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 242-257 [2], стр. 74-122</p>	
3.1	Концепция квантовых вычислений. Алгоритмы. Квантовые сети	27	8	4	-	-	-	-	-	-	15	-		<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Декогерентность и квантовое исправление ошибок."</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для</p>	
4	Декогерентность и квантовое исправление ошибок.	27	8	4	-	-	-	-	-	-	15	-			
4.1	Декогерентность и квантовое	27	8	4	-	-	-	-	-	-	15	-			

	исправление ошибок.													выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Декогерентность и квантовое исправление ошибок." материалу. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Декогерентность и квантовое исправление ошибок." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 277-302 [2], стр. 101-1113
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	144.0	32	16	-	-	2	-	-	0.5	60	33.5		
	Итого за семестр	144.0	32	16	-	2	-	-	0.5	93.5				

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Физика квантовой информации: основные понятия.

1.1. Физика квантовой информации: основные понятия. Квантовая суперпозиция, кубит, перепутывание. Квантовая криптография.

Квантовая суперпозиция. Кубиты. Преобразования одного кубита. Перепутывание. Логический элемент «управляемое НЕ». Связывание атомов и фотонов. Модель передачи квантового состояния. Состояние Гринберга-Хорна-Цайлингера. Экспериментальное подтверждение ГХЦ-перепутывания..

2. Квантовая плотная кодировка и квантовая телепортация.

2.1. Квантовая плотная кодировка и квантовая телепортация.

Протокол квантовой плотной кодировки. Протокол квантовой телепортации. Источники перепутанных фотонов. Анализатор состояний Белла. Эксперименты по квантовой телепортации кубитов. Схема квантовой телепортации двух частиц. Телепортация непрерывных квантовых переменных. Обмен перепутыванием: телепортация перепутывания..

3. Концепция квантовых вычислений.

3.1. Концепция квантовых вычислений. Алгоритмы. Квантовые сети

Введение в квантовые вычисления. Квантовые алгоритмы. Принцип локальных операций. Оракулы и алгоритм Дойча. Квантовые ЛЭ и квантовое вычисление с захваченными ионами.. Связывание атомов и фотонов. Модель передачи квантового состояния. Состояние Гринберга-Хорна-Цайлингера. Экспериментальное подтверждение ГХЦ-перепутывания..

4. Декогерентность и квантовое исправление ошибок.

4.1. Декогерентность и квантовое исправление ошибок.

Декогерентность. Ограничения квантового вычисления из-за декогерентности. Исправление ошибок и устойчивое к сбоям вычисление. Общая теория квантового исправления ошибок и устойчивости к сбоям..

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Установка и настройка Q# Quantum (QDK);
2. Элементарные квантовые вычисления на Q#, Hadamar;
3. Элементарные квантовые вычисления на Q#, CNOT;
4. Создание программ на Q#, кубит.

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
классификацию квантовых систем, методы математического описания систем	ИД-2ПК-3	+				Контрольная работа/Тест1
основные теоремы квантовых вычислений и методы квантовых вычислений	ИД-2ПК-3			+		Контрольная работа/Тест 2.
Уметь:						
применять основы квантового программирования на языке Q#	ИД-2ПК-3		+			Контрольная работа/Контрольная работа 1
устанавливать кубиты в заданное состояние и измерять их	ИД-2ПК-3				+	Контрольная работа/Контрольная работа 2

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 1 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа 2 (Контрольная работа)
3. Тест 2. (Контрольная работа)
4. Тест1 (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Физика квантовой информации: Квантовая криптография. Квантовая телепортация. Квантовые вычисления : пер. с англ. / и др. ; Ред. Д. Боумейстер . – М. : Постмаркет, 2002 . – 376 с. - ISBN 5-901095-10-3 .;
2. Душкин Р. В.- "Квантовые вычисления и функциональное программирование", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2015 - (232 с.)
<https://e.lanbook.com/book/97340>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции;
4. Visual Studio;
5. Libre Office;
6. ОС Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>

6. Электронные ресурсы издательства **Springer** - <https://link.springer.com/>
7. База данных **Web of Science** - <http://webofscience.com/>
8. База данных **Scopus** - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы **American Chemical Society** - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы **American Institute of Physics** - <https://www.scitation.org/>
13. Журналы **American Physical Society** - <https://journals.aps.org/about>
14. База данных издательства **Annual Reviews Science Collection** - <https://www.annualreviews.org/>
15. База данных **Association for Computing Machinery Digital Library** - <https://dl.acm.org/about/content>
16. Журналы издательства **Cambridge University Press** - <https://www.cambridge.org/core>
17. База данных **IEL** издательства **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)** - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
18. База данных **Computers & Applied Sciences Complete (CASC)** - <http://search.ebscohost.com>
19. База данных **INSPEC** на платформе компании **EBSCO Publishing** - <http://search.ebscohost.com>
20. Журналы **Institute of Physics (IOP), Великобритания** - <https://iopscience.iop.org/>
21. Журналы научного общества **Optical Society of America (OSA)** - <https://www.osapublishing.org/about.cfm>
22. Патентная база **Orbit Intelligence** компании **Questel** - <https://www.orbit.com/>
23. Журналы издательства **Oxford University Press** - <https://academic.oup.com/journals/>
24. Журналы **Royal Society of Chemistry** - <https://pubs.rsc.org/>
25. Журналы издательства **SAGE Publication (Sage)** - <https://journals.sagepub.com/>
26. Журнал **Science** - <https://www.sciencemag.org/>
27. Журналы научного общества **Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library** - <https://www.spiedigitallibrary.org/>
28. Журналы издательства **Wiley** - <https://onlinelibrary.wiley.com/>
29. Электронная библиотека **МЭИ (ЭБ МЭИ)** - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	3-505, Учебная аудитория каф. "ВМСС"	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	3-504, Лаборатория каф. "ВМСС"	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	3-505, Учебная аудитория каф. "ВМСС"	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет,

		компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	З-508, Кабинет сотрудников каф. "ВМСС"	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-403, Склад	стол для работы с документами, шкаф, шкаф для документов
	З-308, Помещение для инвентаря	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Квантовая информатика**

(название дисциплины)

2 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Тест1 (Контрольная работа)
 КМ-2 Контрольная работа 1 (Контрольная работа)
 КМ-3 Тест 2. (Контрольная работа)
 КМ-4 Контрольная работа 2 (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Физика квантовой информации: основные понятия.					
1.1	Физика квантовой информации: основные понятия. Квантовая суперпозиция, кубит, перепутывание. Квантовая криптография.		+			
2	Квантовая плотная кодировка и квантовая телепортация.					
2.1	Квантовая плотная кодировка и квантовая телепортация.			+		
3	Концепция квантовых вычислений.					
3.1	Концепция квантовых вычислений. Алгоритмы. Квантовые сети				+	
4	Декогерентность и квантовое исправление ошибок.					
4.1	Декогерентность и квантовое исправление ошибок.					+
Вес КМ, %:			15	35	15	35