МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
_____ В.Р. Храмшин

13.02.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ИНФОРМАТИКИ

Направление подготовки (специальность)
09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль/специализация) программы
Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Вычислительной техники и программирования
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск
2024 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 929)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования
25.01.2024г, протокол № 5

Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
13.02.2024 г. протокол № 4

Председатель _____ В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры ВТиП, канд. техн. наук _____ Ю.В. Кочержинская

Рецензент:
директор НИИ "Промбезопасность" , д-р техн. наук _____ М.Ю. Наркевич

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Квантовая информатика – новый раздел науки, посвященный использованию квантовых объектов для обработки и передачи информации. В настоящее время большие усилия прикладываются к разработке квантового компьютера. Создаются квантовые элементы, строятся квантовые алгоритмы и разрабатывается архитектура квантового компьютера.

Другое перспективное направление квантовой информатики – квантовая криптография. Квантовые методы передачи гарантируют невозможность расшифровки сообщения. Идея создания перепутанных состояний, высказанная в свое время Эйнштейном, Подольским и Розеном, позволяет передавать сообщения по квантовому каналу – без

непосредственной связи между передатчиком и приемником. Однако один бит информации должен быть при этом передан по классическому каналу.

Целью изучения дисциплины является развитие способности к формализации и алгоритмизации поставленных задач, к написанию программного кода с использованием языков элементов квантовой информатики.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Основы квантовой информатики входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Математическая логика и дискретная математика

Прикладная математика

Программирование

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы квантовой информатики» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-7 Владеет способами разработки процедур интеграции программных модулей, компонент и верификации выпусков программного продукта, включая базы данных	
ПК-7.1	Оценивает выбор программных средств для разработки и верификации интеграционного слоя автоматизированных систем

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:
– контактная работа – 51,95 акад. часов:
– аудиторная – 51 акад. часов;
– внеаудиторная – 0,95 акад. часов;
– самостоятельная работа – 56,05 акад. часов;
– в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основные принципы квантовой информатики								
1.1 Кубит	4	1	3		6	Подготовка к выполнению лабораторной работы	Беседа. Проверка выполнения лабораторной работы.	
1.2 Однокубитовые логические элементы		1	5		4	Подготовка к выполнению лабораторной работы	Опрос. Выполнение лабораторной работы	
Итого по разделу		2	8		10			
2. Примеры однокубитовых элементов								
2.1 Логический элемент NOT	4	2	4		4	Подготовка к выполнению лабораторной работы	Устная беседа. Проверка выполнения лабораторной работы.	
2.2 Логический элемент Z и Адамара H			2			Подготовка к выполнению лабораторной работы	Устная беседа. Проверка выполнения лабораторной работы.	
2.3 Логический элемент Y и ПИ/8		2	2		4	Подготовка к выполнению лабораторной работы	Опрос. Проверка выполнения лабораторной работы.	
2.4 Логические элементы S и Ф		2	4		4	Подготовка к выполнению лабораторной работы	Коллоквиум. Проверка выполнения лабораторной работы.	
Итого по разделу		6	12		12			
3. Двухкубитовые системы								
3.1 Двухкубитовые состояния и операторы	4	1			6	Подготовка к выполнению лабораторной работы	Проверка выполнения лабораторной работы.	

3.2 Двухкубитовый квантовый логический элемент CNOT. Попытка копирования неизвестного кубита с помощью двухкубитового квантового элемента CNOT		1	4		5	Подготовка к выполнению лабораторной работы	Устная беседа Проверка выполнения лабораторной работы.	
Итого по разделу		2	4		11			
4. Квантовые схемы								
4.1 Однокубитовые квантовые схемы, построенные из одинаковых элементов	4	1	2		4	Подготовка к выполнению лабораторной работы	Проверка лабораторной работы	
4.2 Однокубитовые квантовые схемы, построенные из разных элементов		2	4		4	Подготовка к выполнению лабораторной работы	Проверка лабораторной работы	
4.3 Двухкубитовые квантовые схемы. Двухкубитовые квантовые схемы.		2	4		4	Подготовка к выполнению лабораторной работы	Проверка лабораторной работы Коллоквиум	
Итого по разделу		5	10		12			
5. Прикладные аспекты квантовой информатики								
5.1 Алгоритм распознавания функций (алгоритм Дойча) Сверхплотное кодирование Квантовая телепортация	4	2			11,05	Подготовка к докладу. Подготовка презентации к докладу	Выступление с докладом	
Итого по разделу		2			11,05			
Итого за семестр		17	34		56,05		зачёт	
Итого по дисциплине		17	34		56,05		зачет	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины "Основы квантовой информатики" используются традиционные технологии и специализированные интерактивные технологии.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2. Технологии проблемного обучения – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности аспирантов.

3. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе личностно значимого для них образовательного результата.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Лекция «обратной связи» – лекция-провокация (изложение материала с заранее запланированными ошибками), лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-конференция.

4. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении программных сред и технических средств работы со знаниями в различных предметных областях.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Чивилихин, С.А. Квантовая информатика. Учебное пособие / С.А. Чивилихин - СПб.: СПбГУ, 2009. 08 с. Режим доступа: https://books.ifmo.ru/file/pdf/626.pdf

2. Калачев, А.А. Квантовая информатика в задачах: учеб.-метод. пос. / А.А. Калачев. - Казань: Казан. ун-т, 2012. 48 с.: ил. Режим доступа: https://kpfu.ru/docs/F1654949430/PROBLEMS_Kalachev.pdf

б) Дополнительная литература:

1. Мазуренко, Ю.Т. КВАНТОВАЯ ИНФОРМАТИКА. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ. Учебное пособие / Ю.Т. Мазуренко, С.А.Чивилихин, А.И. Трифанов , В.В. Орлов, В.И. Егоров. – СПб: СПбГУИТМО, 2009. – 58с. Режим доступа: https://books.ifmo.ru/file/pdf/629.pdf.

2. Квантовая модель вычислений глазами классического программиста / С.С.Андреев [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша.2018. № 178. 30 с. doi:10.20948/prepr-2018-178 URL: http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2018-178

в) Методические указания:

1. Калачев, А.А. Квантовая информатика в задачах: учеб.-метод. пос. / А.А. Калачев. - Казань: Казан. ун-т, 2012. 48 с.: ил. Режим доступа: https://kpfu.ru/docs/F1654949430/PROBLEMS_Kalachev.pdf

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно
Maple 14 Classroom License	К-113-11 от 11.04.2011	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
AnyLogic University	Д-895-14 от 14.07.2014	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Лекционная аудитория ауд. 282. Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

2. Компьютерные классы Центра информационных технологий ФГБОУ ВО «МГТУ». Персональные компьютеры, объединенные в локальные сети с выходом в Internet, оснащенные современными программно-методическими комплексами для решения задач в области информатики и вычислительной техники.

3. Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки. Все классы УИТ и АСУ с персональными компьютерами, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

4. Аудиторий для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Ауд. 282 и классы УИТ и АСУ.

5. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и наличием доступа в электронную информационно-образовательную среду организации. Классы УИТ и АСУ.

6. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Центр информационных технологий – ауд. 379

Приложение 1.

«Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся»

Калачев, А.А. Квантовая информатика в задачах: учеб.-метод. пос. / А.А. Калачев. - Казань: Казан. ун-т, 2012. 48 с.: ил. Режим доступа: https://kpfu.ru/docs/F1654949430/PROBLEMS_Kalachev.pdf

Приложение 2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-6: Способность к формализации и алгоритмизации поставленных задач, к написанию программного кода с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными и оформлению программного кода в соответствии установленными требованиями		
ПК-6.1	Оценивает качество математической модели при формализации задачи предметной области	Найдите верное утверждение: 1) квант – это то же самое, что субатомная частица; например, протон можно назвать квантом атомного ядра; 2) квантом называют минимально возможную порцию энергии, например, электромагнитного излучения
		Выберите верное описание принципа неопределенности: 1) из-за квантово-волнового дуализма координаты квантового объекта нельзя измерить точнее определенного предела, который зависит от длины волны; 2) для одного квантового объекта можно точно знать либо координату, либо скорость. Точность измерений зависит от массы объекта и постоянной Планка.
		Что такое квантовая суперпозиция? 1) наложение, смешивание друг с другом двух или больше квантовых объектов. Например, можно говорить о суперпозиции электронов; 2) взаимодействие электромагнитных волн, в результате которого они могут усиливать или гасить друг друга; 3) «неопределенное» состояние квантового объекта, который после измерения может с одной вероятностью оказаться в одном состоянии, и с другой – во втором
ПК-6.2	Оценивает качество разработанных алгоритмов для последующего кодирования	Где правильно описана суть квантовой телепортации? 1) это способность частиц преодолевать потенциальный барьер, «телепортироваться» сквозь него; 2) квантовые объекты благодаря явления квантовой запутанности могут обмениваться состояниями: состояние одной частицы может быть «трансплантировано» на другую.
		Что обеспечивает квантовая криптография? 1) это шифр, основанный на использовании спинов электронов, Она позволяет обнаружить несанкционированное «прослушивание» канала связи; 2) её преимуществом является высокая скорость передачи закодированных в данных
		Какое утверждение неверно?

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		1) основной элемент атомных часов – лазер, колебания атомов которого и позволяют точно измерять время; 2) колебания маятника часов описывается законами классической механики; 3) осциллятор — основной элемент любого устройства для измерения времени
ПК-6.3	Оценивает выбор программных средств для программирования и манипулирования данными в соответствии установленными требованиями	В чем состоит принцип действия квантовых вычислительных устройств? 1) в использовании для кодирования информации квантовых свойств электронов – спинов; 2) в применении квантовых битов, которые могут находиться в состоянии суперпозиции.
		Чем отличаются квантовые компьютеры от квантовых симуляторов? 1) это два поколения квантовых вычислительных устройств. Они отличаются только быстродействием, но не принципами устройства; 2) квантовые компьютеры могут обрабатывать только один тип алгоритмов – алгоритмы Шора, симуляторы не имеют таких ограничений; 3) симуляторы – квантовые устройства, способные моделировать только один тип процессов и решать один тип задач, тогда как квантовые компьютеры – универсальны; 4) квантовые симуляторы – классические компьютеры, которые в ограниченных масштабах воспроизводят вычисления, возможные на квантовых компьютерах
		Выберите главное на сегодняшний день препятствия для создания универсального квантового компьютера. 1) квантовые биты не сохраняют свои состояния достаточно долго из-за теплового шума; 2) для квантовых компьютеров пока нет подходящих задач; 3) отсутствие достаточно дешевых и компактных систем охлаждения

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы квантовой информатики» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по дисциплине проводится по результатам отчетности на лабораторных занятиях с опросом в устной форме по этапам выполнения и активного выступления в беседе-обсуждении на лекционных занятиях, выполнения тестовых заданий. Пороговый уровень освоения для каждого элемента – 65% от максимального количества баллов, которые можно получить за освоение этого элемента.