

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет информационных технологий

СОГЛАСОВАНО

Декан ФИТ НГУ


М.М. Лаврентьев

«18» апреля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физическое квантовое программирование

Направление подготовки: 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
Направленность (профиль): Квантовые технологии и криптография

Форма обучения: очная

Год обучения: 1, семестр: 1

№	Вид деятельности	Семестр
		1
1	Лекции, час.	32
2	Практические занятия, час.	32
3	Лабораторные занятия, час.	
4	Занятий в контактной форме без учета промежуточной аттестации, час, из них	64
5	в электронной форме, час.	
6	из них аудиторных занятий, час.	64
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	64
8	консультаций, час.	
9	Самостоятельная работа, час.	78
10	в том числе на выполнение письменных работ, час	20
11	Форма аттестации (экзамен, зачет, дифференцированный зачет), час	ДЗ 2
12	Всего зачетных единиц ¹	4

Новосибирск 2022

¹ С учетом выделенных часов на промежуточную аттестацию

Рабочая программа дисциплины составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) высшего образования - магистратура по направлению подготовки 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА.

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) высшего образования по направлению подготовки магистратуры 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА введен в действие приказом Минобрнауки 19.09.2017 № 918.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1 Дисциплины (модули), обязательная дисциплина.

Рабочая программа дисциплины утверждена решением Ученого совета факультета информационных технологий от 28.03.2022 протокол № 84.

Программу разработали:

доцент КвЭл ФФ НГУ ФФ НГУ
кандидат физико-математических наук



И.И.Бетеров

Заведующий кафедрой систем информатики ФИТ,
доктор физико-математических наук



М.М. Лаврентьев

Ответственный за образовательную программу:

доцент КвЭл ФФ НГУ ФФ НГУ
кандидат физико-математических наук



И.И.Бетеров

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Физическое квантовое программирование»

Дисциплина «Физическое квантовое программирование» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы магистратуры 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, направленность (профиль): КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КРИПТОГРАФИЯ по очной форме обучения на английском языке.

Место в образовательной программе: Дисциплина «Физическое квантовое программирование» реализуется в 1 семестре в рамках базовой части дисциплин (модулей) Блока 1 и является обязательной дисциплиной.

Дисциплина «Физическое квантовое программирование» является базовой для выполнения работы в рамках практики и выполнением выпускной квалификационной работы.

Дисциплина «Физическое квантовое программирование» направлена на формирование компетенций:

Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач (ОПК-2), в части следующих индикаторов достижения компетенции:

ОПК-2.1 Знать: современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач

ОПК-2.2 Уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач

ОПК-2.3 Владеть: методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач

Перечень основных разделов дисциплины:

Введение в квантовую информатику
Основы физической реализации квантовых вычислений
Сверхплотное кодирование и квантовая телепортация
Квантовое преобразование Фурье и его приложения
Квантовое программирование
Физическая реализация квантовых вычислений

При освоении дисциплины студенты выполняют следующие виды учебной работы: лекции, практические занятия, самостоятельная работа. В учебном процессе предусматривается использование активных и интерактивных форм проведения занятий.

Самостоятельная работа включает: подготовку к практическим занятиям по разделам дисциплины, выполнение заданий, подготовку к дифференцированному зачету.

Общий объем дисциплины – 4 зачетных единицы (144 часа).

Правила аттестации по дисциплине. Текущий контроль по дисциплине «Физическое квантовое программирование» осуществляется на практических занятиях на основании оценки за портфолио (задания по темам практических занятий). По результатам защиты портфолио выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физическое квантовое программирование» проводится по завершению периода ее освоения (семестра). Промежуточная аттестация по дисциплине включает 2 этапа:

- 1) портфолио (задания по темам практических занятий);
- 2) дифференцированный зачет.

Оценка «зачтено» за портфолио является необходимым условием для прохождения промежуточной аттестации. Результаты промежуточной (итоговой по дисциплине) аттестации определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

Учебно-методические материалы по дисциплине выкладываются в электронном ресурсе, который создается для каждого нового набора.

1. Внешние требования к дисциплине

Таблица 1.1

Компетенция ОПК-2 способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач, в части следующих индикаторов достижения компетенции:	
ОПК-2.1	Знать: современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач
ОПК-2.2	Уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач
ОПК-2.3	Владеть: методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач

2. Требования к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий		
	Лекции	Практики / семинары	Самостояте льная работа
ОПК-2.1 Знать: современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач			
1 Знать методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области квантового программирования, основные квантовые алгоритмы, возможности, методы и системы компьютерных технологий для физических теоретических и экспериментальных исследований в данной области, основные принципы квантовой информатики, основные квантовые алгоритмы, основные физические платформы для реализации квантовых вычислений	+	+	+
ОПК-2.2 Уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач			
2. Уметь самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области квантового программирования с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий, моделировать основные квантовые алгоритмы, в том числе используя имеющиеся в открытом доступе симуляторы квантовых компьютеров и квантовые процессоры, анализировать результаты выполнения квантовых алгоритмов	+	+	+
ОПК-2.3 Владеть: методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач			
3. Владеть навыками постановки и решения задач научных	+	+	+

исследований в области квантового программирования с помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных исследований, базовыми принципами квантовых информационных технологий; математическими подходами для описания квантовых алгоритмов, проводить оценки точности при реализации квантовых вычислений			
--	--	--	--

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час. (входит в общее кол-во часов)	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 1			
Введение в квантовую информатику	4	4	1, 2, 3
Основы физической реализации квантовых вычислений	4	4	1, 2, 3
Сверхплотное кодирование и квантовая телепортация	4	4	1, 2, 3
Квантовое преобразование Фурье и его приложения	4	4	1, 2, 3
Квантовое программирование	8	8	1, 2, 3
Физическая реализация квантовых вычислений	8	8	1, 2, 3
Итого:	32	32	

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час. (входит в общее кол-во часов)	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
1. Основы физической реализации квантовых вычислений. 1.1. Анализ примеров простейших квантовых схем. 1.2. Сравнительный анализ физических систем с точки зрения перспективы реализации квантовых вычислений. 1.3. Рассмотрение примера квантового распределения ключа.	4	4	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
2. Сверхплотное кодирование и квантовая телепортация 2.1. Анализ алгоритма сверхплотного	4	4	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы

<p>кодирования. Анализ схемы детектирования состояний Белла. Детектирование состояний перепутанных пар фотонов с помощью светоделителя и фотодетекторов, чувствительных к поляризации.</p> <p>2.2. Анализ статистики детектирования фотонов при экспериментальной реализации сверхплотного кодирования.</p> <p>2.3. Анализ алгоритма и схемы экспериментальной реализации квантовой телепортации.</p>				
<p>3. Квантовое преобразование Фурье и его приложения</p> <p>3.1. Анализ преобразования квантового состояния регистра при реализации алгоритмов Дойча и Дойча-Йожа.</p> <p>3.2. Анализ преобразования квантового состояния регистра при выполнении квантового преобразования Фурье. Примеры схем квантового преобразования Фурье для одного, двух и трех кубитов.</p> <p>3.3. Простейший пример выполнения квантовой оценки фазы на примере оператора Z.</p> <p>3.4. Пример выполнения алгоритма факторизации числа 15.</p>	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
<p>4. Квантовое программирование</p> <p>4.1. Пример реализации квантового алгоритма поиска. Различные трехкубитовые схемы оракулов.</p> <p>4.2. Принципы использования</p>	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы

современных средств квантового программирования.				
5. Физическая реализация квантовых вычислений 5.1. Анализ вращения кубита вокруг различных осей с использованием осцилляций Раби. Вращение кубита. 5.2. Анализ и примеры применения схем квантовой коррекции ошибок. 5.3. Анализ методов управления квантовыми состояниями ультрахолодных атомов и ионов для реализации квантовых вычислений. 5.4. Анализ особенностей различных твердотельных реализаций квантовых вычислений.	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
Итого:	32	32		

4. Самостоятельная работа студентов

Таблица 4.1

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе, в том числе вопросов, не освещаемых на лекциях	1, 2, 3	20	
	Изучение предлагаемых теоретических разделов в соответствии с настоящей Программой. Учебно-методические материалы по дисциплине выложены на странице курса в сети Интернет			
2	Подготовка к практическим занятиям, к текущему контролю знаний	1, 2, 3	37	
	Выполнение заданий			
3	Подготовка к дифференцированному зачету	1, 2, 3	21	
	Повторение теоретического материала по вопросам, совпадающим с темами лекций			
Итого			78	

5. Образовательные технологии

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине проводятся лекционные и

практические занятия. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на практических занятиях. Применяются такие формы проведения практических занятий, как обсуждение и защита результатов работы, а также используются следующие интерактивные формы обучения (таблица 5.1).

Таблица 5.1

Технологии проблемного обучения	ОПК-2
Формируемые умения: уметь обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач	
Краткое описание применения: Постановка под руководством преподавателя проблемных задач и активная самостоятельная деятельность обучающихся по их разрешению, сопровождающаяся обсуждением результатов.	
Портфолио	ОПК-2
Формируемые умения: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач	
Краткое описание применения: студенты ведут портфолио (коллекцию работ), которое является основой для проведения аттестации по дисциплине.	

Для организации и контроля самостоятельной работы студентов, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (таблица 5.2).

Таблица 5.2

Практические занятия	Адрес преподавателя сообщается магистрантам на первом занятии
Информирование	Адрес преподавателя сообщается магистрантам на первом занятии
Консультирование	Адрес преподавателя сообщается магистрантам на первом занятии
Контроль	Адрес преподавателя сообщается магистрантам на первом занятии
Размещение учебных материалов	Рассылка материалов на университетские адреса студентов

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

По дисциплине «Физическое квантовое программирование» проводится текущая и промежуточная аттестация (итоговая по дисциплине).

Текущая аттестация по дисциплине «Физическое квантовое программирование» осуществляется на практических занятиях и представлена защитой заданий на практических занятиях. В ходе обучения каждый студент должен выполнить задания. По результатам текущей аттестации выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» по результатам защиты заданий является одним из условий успешного прохождения промежуточной аттестации.

Для получения оценки «зачтено» каждое задание должно быть выполнено и защищено в полном соответствии с предъявляемыми требованиями.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физическое квантовое программирование» проводится по завершению периода ее освоения (семестра). Промежуточная аттестация по дисциплине включает 2 этапа:

- 1) портфолио (задания по темам практических занятий);
- 2) дифференцированный зачет.

Оценка «зачтено» за портфолио является необходимым условием для прохождения промежуточной аттестации. Результаты промежуточной аттестации определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

В таблице 6.1 представлено соответствие форм аттестации заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.1

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы аттестации	
		1 этап - портфолио	2 этап – дифференцированный зачет
ОПК-2	ОПК-2.1 Знать: современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач	+	+
	ОПК-2.2 Уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач	+	+
	ОПК-2.3 Владеть: методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	+	+

Требования к структуре и содержанию портфолио, оценочные средства, а также критерии оценки сформированности компетенций и освоения дисциплины в целом, представлены в Фонде оценочных средств, являющемся приложением 1 к настоящей рабочей программе дисциплины.

7. Перечень учебной литературы

1. Нильсен, Майкл А. Квантовые вычисления и квантовая информация / М. Нильсен, И. Чанг ; пер. с англ. под ред. М.Н. Вялого, П.М. Островского / с предисл. К.А. Валиева. М. : Мир, 2006. 822 с. : ил. ; 25 см. ISBN 5-03-003524-9. (2 экз.)

8. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

При освоении дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;

- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.
 Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное)
 осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС

Таблица 8.1

№ п/п	Наименование Интернет-ресурса	Краткое описание
1	http://oeis.org/	Онлайн-энциклопедия целочисленных последовательностей
2	http://www.jflap.org/	Среда для моделирования работы конечных автоматов JFLAP

9. Учебно-методическое и программное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов включает в себя следующие учебно-методические материалы:

1. Рабочая программа дисциплины, соответствующие разделы.
2. Учебники, учебные пособия и дополнительные материалы, указанные в соответствующих разделах настоящей рабочей программы
3. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», указанные в соответствующих разделах настоящей рабочей программы.
4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины, обеспечивающие самостоятельную работу студента при подготовке к учебным занятиям, выполнении домашних работ, подготовке к контрольным мероприятиям и аттестациям, приведенные в соответствующих разделах настоящей рабочей программы и приложения к ней.

9.2. Программное обеспечение

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Перечень специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины представлен в таблице 9.1.

Специализированное программное обеспечение

Таблица 9.1

№	Наименование ПО	Назначение
1	Microsoft Visual Studio 2013	Среда разработки приложений

10. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (2 предметные коллекции – Computer Science, Mathematics)
2. БД Scopus (Elsevier)

11. Материально-техническое обеспечение

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины;

Таблица 11.1

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Для проведения лекционных и практических занятий
2	Компьютерный класс (с выходом в Internet)	Для организации самостоятельной работы обучающихся

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

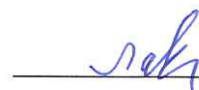
Факультет информационных технологий

СОГЛАСОВАНО

Декан ФИТ НГУ

М.М. Лаврентьев

«18» апреля 2022 г.



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
по дисциплине Физическое квантовое программирование

Направление подготовки: 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА.

Направленность (профиль): Квантовые технологии и криптография

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Год обучения: 1, семестр 1

Форма аттестации	Семестр
Дифзачет	1

Новосибирск 2022

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации является **Приложением 1** к рабочей программе дисциплины «Физическое квантовое программирование», реализуемой в рамках образовательной программы высшего образования – программы магистратуры 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, направленность (профиль): Квантовые технологии и криптография

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине утвержден решением Ученого совета факультета информационных технологий протокол № 84 от 28.03.2022

Разработчик:

доцент КвЭл ФФ НГУ

кандидат физико-математических наук



И.И.Бетеров

Заведующий кафедрой систем информатики ФИТ,
доктор физико-математических наук



М.М. Лаврентьев

Ответственный за образовательную программу:

Доцент кафедры квантовой электроники ФФ,

кандидат физико-математических наук



И.И.Бетеров

1. Содержание и порядок проведения промежуточной аттестации по дисциплине

1.1. Общая характеристика содержания промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физическое квантовое программирование» проводится по завершению периода освоения образовательной программы (семестра) для оценки сформированности компетенций в части следующих индикаторов достижения компетенции (таблица П1.1).

Таблица П1.1

Коды компетенций ФГОС	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины «Физическое квантовое программирование»	Семестр 1	
		портфолио	дифзачет
ОПК-2 способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач			
ОПК-2.1	Знать: современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач	+	+
ОПК-2.2	Уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач	+	+
ОПК-2.3	Владеть: методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	+	+

Тематика вопросов к диф.зачету соответствует избранным разделам (темам) дисциплины «Физическое квантовое программирование»

Элементы классической стохастической оптики

Классическая когерентность

Квантованное поле

Квантовополевая когерентность 1-ого порядка

Когерентность 2-ого порядка для двух пространственно-временных точек

Когерентные состояния квантованного поля

Квантовое кинетическое уравнение

Квантовая модель одномодового лазера

Модель Джейнса-Каммингса

Статистика резонансной флуоресценции двухуровневого атома в секулярном приближении

Сжатые состояния одномодового поля

Промежуточная аттестация включает 2 этапа:

1. Портфолио.

2. Дифзачет.

Все компетенции, формируемые в рамках дисциплины, оцениваются как через портфолио, так и на дифзачете.

1.2. Порядок проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме дифзачета и включает 2 этапа: портфолио и дифзачет. Необходимым условием для прохождения промежуточной аттестации является оценка «зачтено» по результатам выполненного портфолио. Для оценивания портфолио студенту необходимо сдать все работы, входящие в структуру портфолио.

Портфолио включает выполнение заданий по темам практических занятий.

Дифзачет проводится в устной форме, в аудитории, студентам разрешено пользоваться бумагой для записей и авторучкой. Во время проведения дифзачета студенту разрешается использовать справочники, учебную и научную литературу, компьютеры. В процессе ответа на вопросы дифзачета студенту могут быть заданы дополнительные вопросы по темам дисциплины.

2. Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения промежуточной аттестации по дисциплине, представлен в таблице П1.2.

Таблица П1.2

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Этап 1 - портфолио			
1.	Портфолио	Целевая подборка работ студента, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения в одной или нескольких учебных дисциплинах	Структура портфолио
Этап 2 – Дифзачет			
2	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины

2.1. Требования к структуре и содержанию оценочных средств аттестации в семестре

Текущая аттестация по дисциплине «Физическое квантовое программирование» проводится в форме портфолио. Промежуточная аттестация проводится в формате дифзачета.

2.1.1 Требования к структуре и содержанию портфолио

Портфолио включает защиту заданий на практических занятиях.

Оценка за курс выставляется по результатам дифзачета. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

2.1.2 Перечень вопросов дифзачета 1 семестра

1. Основы физической реализации квантовых вычислений.
 - 1.1. Анализ примеров простейших квантовых схем.
 - 1.2. Сравнительный анализ физических систем с точки зрения перспективы реализации квантовых вычислений.
 - 1.3. Рассмотрение примера квантового распределения ключа.
2. Сверхплотное кодирование и квантовая телепортация
 - 2.1. Анализ алгоритма сверхплотного кодирования. Анализ схемы детектирования состояний Белла. Детектирование состояний перепутанных пар фотонов с помощью светоделителя и фотодетекторов, чувствительных к поляризации.
 - 2.2. Анализ статистики детектирования фотонов при экспериментальной реализации сверхплотного кодирования.
 - 2.3. Анализ алгоритма и схемы экспериментальной реализации квантовой телепортации.
3. Квантовое преобразование Фурье и его приложения
 - 3.1. Анализ преобразования квантового состояния регистра при реализации алгоритмов Дойча и Дойча-Йожа.
 - 3.2. Анализ преобразования квантового состояния регистра при выполнении квантового преобразования Фурье. Примеры схем квантового преобразования Фурье для одного, двух и трех кубитов.
 - 3.3. Простейший пример выполнения квантовой оценки фазы на примере оператора Z .
 - 3.4. Пример выполнения алгоритма факторизации числа 15.
4. Квантовое программирование
 - 4.1. Пример реализации квантового алгоритма поиска. Различные трехкубитовые схемы оракулов.
 - 4.2. Принципы использования современных средств квантового программирования.
5. Физическая реализация квантовых вычислений
 - 5.1. Анализ вращения кубита вокруг различных осей с использованием осцилляций Раби. Вращение кубита.
 - 5.2. Анализ и примеры применения схем квантовой коррекции ошибок.
 - 5.3. Анализ методов управления квантовыми состояниями ультрахолодных атомов и ионов для реализации квантовых вычислений.
 - 5.4. Анализ особенностей различных твердотельных реализаций квантовых вычислений.

Набор вопросов к дифзачету формируется и утверждается в установленном порядке в начале учебного года при наличии контингента обучающихся, завершающих освоение дисциплины «Физическое квантовое программирование» в текущем учебном году.

3. Критерии оценки сформированности компетенций в рамках промежуточной аттестации по дисциплине

Таблица П1.5

Шифр компетенций	Структурные элементы оценочных средств	Показатель сформированности	Не сформирован	Пороговый уровень	Базовый уровень	Продвинутый уровень
ОПК-2	Портфолио (этап 1), Дифзачет (этап 2)	ОПК-2.1 Знать: современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач	Не знает методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области квантовой информатики	Допускает грубые ошибки, слабо знает методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области квантовой информатики	Знает на базовом уровне методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области квантового программирования, основные квантовые алгоритмы, возможности, методы и системы компьютерных технологий для физических теоретических и экспериментальных исследований в данной области, основные принципы квантовой информатики	Уверенно знает методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области квантового программирования, основные квантовые алгоритмы, возможности, методы и системы компьютерных технологий для физических теоретических и экспериментальных исследований в данной области, основные принципы квантовой информатики, основные квантовые алгоритмы, основные физические платформы для реализации квантовых вычислений
ОПК-2	Портфолио (этап 1), Дифзачет (этап 2)	ОПК-2.2 Уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных	Не умеет самостоятельно ставить и решать конкретные задачи	Демонстрирует слабые самостоятельные навыки ставить и решать конкретные физические задачи	Умеет самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области квантового программирования	Умеет самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области квантового программирования

		<p>технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач</p>	<p>физические задачи научных исследований в области квантовой информатики</p>	<p>научные задачи исследований в области квантовой информатики</p>	<p>области квантового программирования с использованием современных аппаратных технологий, моделирование основной аппаратуры и компьютерных технологий, моделирование основных квантовых алгоритмов</p>	<p>с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий, моделировать основные квантовые алгоритмы, в том числе используя имеющиеся в открытом доступе симуляторы квантовых компьютеров и квантовые процессоры, анализировать результаты выполнения квантовых алгоритмов</p>
<p>ОПК-2</p>	<p>Портфолио (этап 1), Дифзачет (этап 2)</p>	<p>ОПК-2.3 Владеть: методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач</p>	<p>Не владеет навыками постановки и решения задач научных исследований в области квантового программирования</p>	<p>Умеет решать задачи научных исследований в области квантового программирования с помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных исследований, допускает множественные ошибки</p>	<p>Владеет навыками постановки и решения задач научных исследований в области квантового программирования с помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных исследований</p>	<p>Уверенно владеет навыками постановки и решения задач научных исследований в области квантового программирования с помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных исследований, базовыми принципами квантовых информационных технологий; математическими подходами для описания квантовых алгоритмов, проводить оценки точности при реализации квантовых вычислений</p>

4. Критерии выставления оценок по результатам промежуточной аттестации по дисциплине

В соответствии с учебным планом устанавливаются следующие формы контроля:

Результаты промежуточной аттестации определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Оценка «отлично» соответствует продвинутому уровню сформированности компетенции.

Оценка «хорошо» соответствует базовому уровню сформированности компетенции.

Оценка «удовлетворительно» соответствует пороговому уровню сформированности компетенции.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если хотя бы одна компетенция не сформирована.

Итоговая оценка результатов промежуточной аттестации выставляется как оценка за дифзачет.