

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

Современные проблемы квантовой оптики

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

Форма обучения: очная

Год обучения: 1, семестр: 2

№	Вид деятельности	Семестр
		2
1	Лекции, час.	32
2	Практические занятия, час.	16
3	Лабораторные занятия, час.	
4	Занятий в контактной форме без учета промежуточной аттестации, час, из них	50
5	в электронной форме, час.	
6	из них аудиторных занятий, час.	48
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	48
8	консультаций, час.	2
9	Самостоятельная работа, час.	128
10	в том числе на выполнение письменных работ, час	50
11	Форма аттестации (экзамен, зачет, дифференцированный зачет), час	Э 2
12	Всего зачетных единиц	5

Новосибирск 2022

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:

профессор КвЭл ФФ НГУ ФФ НГУ
доктор физико-математических наук



Л.В.Ильичев

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

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Современные проблемы квантовой оптики»

Дисциплина «Современные проблемы квантовой оптики» 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 «Современные проблемы квантовой оптики» реализуется во 2 семестре в рамках базовой части дисциплин (модулей) Блока 1 и является обязательной дисциплиной.

Дисциплина «Современные проблемы квантовой оптики» является базовой для выполнения работы в рамках практики и выполнением выпускной квалификационной работы.

Дисциплина «Современные проблемы квантовой оптики» направлена на формирование компетенций:

Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий (УК-1), в части следующих индикаторов достижения компетенции:

УК-1.1. Выявляет проблемную ситуацию, определяет этапы ее разрешения

УК-1.2. Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для выработки стратегии действий по разрешению проблемной ситуации.

УК-1.3. Рассматривает варианты решения проблемной ситуации на основе системного подхода и разрабатывает стратегию действий

Перечень основных разделов дисциплины:

- Статистика поляризованного света в квантовой оптике
- Зацепленные состояния
- Запрет на «клонирование» квантовых состояний
- Квантовая криптография
- Телепортация квантовых состояний
- Идея квантового компьютера
- Основные квантовые алгоритмы

При освоении дисциплины студенты выполняют следующие виды учебной работы: лекции, практические занятия, консультации, 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 экзамену.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единицы (180 часов).

Правила аттестации по дисциплине. Текущий контроль по дисциплине «Современные проблемы квантовой оптики» 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 «Современные проблемы квантовой оптики» проводится по завершению периода ее освоения (семестра). Промежуточная аттестация по дисциплине включает 2 этапа:

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

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 УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий, в части следующих индикаторов достижения компетенции:	
УК-1.1.	Выявляет проблемную ситуацию, определяет этапы ее разрешения
УК-1.2	Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для выработки стратегии действий по разрешению проблемной ситуации
УК-1.3	Рассматривает варианты решения проблемной ситуации на основе системного подхода и разрабатывает стратегию действий

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
УК-1.1 Выявляет проблемную ситуацию, определяет этапы ее разрешения			
1 Знать современную интерпретацию основ квантовой теории, главные квантовые алгоритмы, основы и перспективы квантовой теории информации, идеи и пути возможной реализации квантовых алгоритмов	+	+	+
УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для выработки стратегии действий по разрешению проблемной ситуации			
2. Уметь самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области современных проблем квантовой оптики с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий	+	+	+
УК-1.3 Рассматривает варианты решения проблемной ситуации на основе системного подхода и разрабатывает стратегию действий			
3. Владеть навыками постановки и решения задач научных исследований в области современных проблем квантовой оптики с помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных исследований	+	+	+

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: 2			
Статистика поляризованного света в квантовой оптике	4	4	1, 2, 3
Зацепленные состояния	8	8	1, 2, 3
Запрет на «клонирование» квантовых состояний	4	4	1, 2, 3
Квантовая криптография	4	4	1, 2, 3

Телепортация квантовых состояний	4	4	1, 2, 3
Идея квантового компьютера	4	4	1, 2, 3
Основные квантовые алгоритмы	4	4	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: 2				
1. Статистика поляризованного света в квантовой оптике 1.1. Поляризация классической плоской световой волны. Поляризационная матрица. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре. Стохастичность поляризации. Классическое неравенство, связывающее дисперсию интенсивности с дисперсиями параметров стокса. 1.2. Поляризация квантовой волны. Поляризационный спин и схема измерения его компонент. Поляризация света, скрытая в шумах. Двухфотонный свет. Скалярные бифотоны.	4	4	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
2. Зацепленные состояния 2.1. Сходство скалярного бифотона и синглетной пары частиц. Сепарабельные состояния, зацепленность. 2.2. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена-Бома. Реализм, локальность, «скрытые параметры». Неравенство Белла. Неравенство Белла в квантовой оптике и его проверка. Вывод	4	4	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы

<p>неравенства Белла через совместное распределение вероятности. Обобщение на случай трёх наблюдателей и схема его проверки в квантовой оптике.</p> <p>2.3. Состояние и теорема Гринбергера-Хорна-Цайлингера (теорема Белла без неравенств). Критерий запутанности Переса-Городецки. Кванто-вая стратегия в игре, использующая запутанность. Гипотеза о «сверхквантовых» корреляциях и их связь с коммуникационной сложностью распределённых вычислений.</p>				
<p>3. Квантовая криптография и квантовая телепортация</p> <p>3.1. Протокол BB84. Протокол B92. Протокол E91 (проверка секретности ключа с помощью неравенства Белла).</p> <p>3.2. Базис Белла. Идея и экспериментальная реализация квантовой телепортации. Проблемы различения состояний Белла в оптике. Квантовая коммуникация. «Плотная кодировка» при передаче классической информации – инвертирование квантовой телепортации. Пример естественной телепортации запутанности при кросс-рекомбинации радикалов в спиновой химии.</p>	4	4	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
<p>4. Основные квантовые алгоритмы</p> <p>4.1. Кубиты, регистры. Вычислительный базис регистра. Элемент Адамара. Элемент C-NOT. Элемент Тоффоли. Достаточность</p>	4	4	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы

<p>двухкубитовых элементов. Универсальный набор логических элементов. Квантовый параллелизм. Реализация элемента C-NOT в линейной оптике.</p> <p>4.2. Понятие квантового оракула. Алгоритм Дойча-Йожи. Алгоритм Бернштейна-Вазирани. Алгоритм Саймона (поиск двоичного периода функции). Алгоритм Гровера – поиск в неупорядоченной базе данных. Система кодирования RSA (кодирование с «открытым ключом»). Её взлом с помощью алгоритма Шора. Квантовое преобразование Фурье.</p>				
Итого:	16	16		

4. Самостоятельная работа студентов

Таблица 4.1

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 2				
1	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе, в том числе вопросов, не освещаемых на лекциях	1, 2, 3	40	
	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	52	
	Выполнение заданий			
3	Подготовка к экзамену	1, 2, 3	36	2
	Повторение теоретического материала по вопросам, совпадающим с темами лекций			
	Итого		128	2

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, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации. 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	УК-1
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	УК-1
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 «Современные проблемы квантовой оптики» проводится текущая и промежуточная аттестация (итоговая по дисциплине).

Текущая аттестация по дисциплине «Современные проблемы квантовой оптики» осуществляется на практических занятиях на основании оценки за портфолио (задания по темам практических занятий). В ходе обучения каждый студент должен выполнить и защитить 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 «Современные проблемы квантовой оптики» проводится по завершению периода ее освоения (семестра). Промежуточная аттестация по дисциплине включает 2 этапа:

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

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 – экзамен
УК-1	УК-1.1. Выявляет проблемную ситуацию, определяет этапы ее разрешения	+	+
	УК-1.2. Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для выработки стратегии действий по разрешению проблемной ситуации	+	+
	УК-1.3. Рассматривает варианты решения проблемной ситуации на основе системного подхода и разрабатывает стратегию действий	+	+

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. Ильичев, Леонид Вениаминович. Элементы квантовой метафизики : учеб. пособие [для вузов] / Л. В. Ильичев ; РАН, Сиб. отд-ние, Ин-т автоматике и электротехники, Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск : НГУ, 2006-. ; 20 см. (15 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 10.1

№	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 Современные проблемы квантовой оптики**

Направление подготовки: 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА.

Направленность (профиль): Квантовые технологии и криптография

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Год обучения: 1, семестр 2

Форма аттестации	Семестр
Экзамен	2

Новосибирск 2022

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации является **Приложением 1** к рабочей программе дисциплины «Современные проблемы квантовой оптики», 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:

профессор КвЭл ФФ НГУ ФФ НГУ
доктор физико-математических наук



Л.В.Ильичев

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 «Современные проблемы квантовой оптики» 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 «Современные проблемы квантовой оптики»	Семестр 2	
		портфолио	экзамен
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий			
УК-1	Выявляет проблемную ситуацию, определяет этапы ее разрешения	+	+
УК-1	Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для выработки стратегии действий по разрешению проблемной ситуации.	+	+
УК-1	Рассматривает варианты решения проблемной ситуации на основе системного подхода и разрабатывает стратегию действий	+	+

Тематика вопросов к экзамену соответствует избранным разделам (темам) дисциплины «Современные проблемы квантовой оптики»

Статистика поляризованного света в квантовой оптике

Зацепленные состояния

Запрет на «клонирование» квантовых состояний

Квантовая криптография

Телепортация квантовых состояний

Идея квантового компьютера

Основные квантовые алгоритмы

Промежуточная аттестация включает 2 этапа:

1. Портфолио.

2. Экзамен.

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

1.2. Порядок проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и включает 2 этапа: портфолио и экзамен. 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 задания по темам практических занятий

Экзамен проводится в устной форме, в аудитории, студентам разрешено пользоваться бумагой для записей и авторучкой. Во время проведения экзамена студенту не разрешается использовать справочники, учебную и научную литературу, компьютеры. В процессе ответа на вопросы экзаменационного билета 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 – Экзамен			
2	Экзаменационный билет	Комплекс вопросов	Список теоретических вопросов

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

Текущая аттестация по дисциплине «Современные проблемы квантовой оптики» проводится в форме портфолио. Промежуточная аттестация проводится в формате экзамена.

2.1.1 Требования к структуре и содержанию портфолио

Портфолио включает защиту заданий на практических занятиях.

Оценка за курс выставляется по результатам экзамена с учетом успешно сданного реферата. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

2.1.2 Форма и перечень вопросов экзаменационного билета 2 семестра

Форма экзаменационного билета

Таблица П1.3

<p>Новосибирский государственный университет Экзамен</p> <p>Современные проблемы квантовой оптики</p> <p>09.04.01 Информатика и вычислительная техника. Квантовые технологии и криптография</p> <p>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №</p> <p>1. Вопрос из категории 1 2. Вопрос из категории 2</p> <p>Составитель _____ Л.В.Ильичев</p> <p>Ответственный за образовательную программу _____ И.И.Бетеров (подпись)</p> <p>« ____ » _____ 20 ____ г.</p>

Перечень вопросов для экзамена, структурированный по категориям, представлен в таблице П1.4

Таблица П1.4

Категория	Формулировка вопроса
Категория 1 (УК-1)	Поляризация классической плоской световой волны. Поляризационная матрица. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре. Стохастичность поляризации. Классическое неравенство, связывающее дисперсию интенсивности с дисперсиями параметров стокса.
	Поляризация квантовой волны. Поляризационный спин и схема измерения его компонент. Поляризация света, скрытая в шумах. Двухфотонный свет. Скалярные бифотоны
	Сходство скалярного бифотона и синглетной пары частиц. Сепарабельные состояния, зацеплен-ность.
	Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена-Бома. Реализм, локальность, «скрытые параметры». Неравенство Белла. Неравенство Белла в квантовой оптике и его проверка. Вывод неравенства Белла через совместное распределение вероятности. Обобщение на случай трёх наблюдателей и схема его проверки в квантовой оптике.

	Состояние и теорема Гринбергера-Хорна-Цайлингера (теорема Белла без неравенств). Критерий зацепленности Переса-Городецки. Кванто-вая стратегия в игре, использующая зацепленность. Гипотеза о «сверхквантовых» корреляциях и их связь с коммуникационной сложностью распределённых вычислений.
	Протокол BB84. Протокол B92. Протокол E91 (проверка секретности ключа с помощью неравенства Белла).
	Базис Белла. Идея и экспериментальная реализация квантовой телепортации. Проблемы различения состояний Белла в оптике..
	Квантовая коммуникация. «Плотная кодировка» при передаче классической информации – инвертирование квантовой телепортации. Пример естественной телепортации зацепленности при кросс-рекомбинации радикалов в спиновой химии
Категория 2 (УК-1)	Кубиты, регистры. Вычислительный базис регистра. Элемент Адамара. Элемент C-NOT. Элемент Тоффли. Достаточность двухкубитовых элементов. Универсальный набор логических элементов. Квантовый параллелизм. Реализация элемента C-NOT в линейной оптике.
	Понятие квантового оракула. Алгоритм Дойча-Йожи. Алгоритм Бернштейна-Вазирани. Алгоритм Саймона (поиск двоичного периода функции).
	Алгоритм Гровера – поиск в неупорядоченной базе данных.
	Система кодирования RSA (кодирование с «открытым ключом»). Её взлом с помощью алгоритма Шора. Квантовое преобразование Фурье.

Набор экзаменационных билетов формируется и утверждается в установленном порядке в начале учебного года при наличии контингента обучающихся, завершающих освоение дисциплины «Современные проблемы квантовой оптики» 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
УК-1	Портфолио (этап 1), Экзамен (этап 2)	УК-1.1. Выявляет проблемную ситуацию, определяет этапы ее разрешения	Не умеет выявлять проблемную ситуацию в предметной области, определять этапы ее разрешения	Допускает грубые ошибки, слабо знает современную интерпретацию основ квантовой теории, основные квантовые алгоритмы, основы и перспективы квантовой теории информации, идеи и пути возможной реализации квантовых алгоритмов	Знает на базовом уровне современную интерпретацию основ квантовой теории, основные квантовые алгоритмы, основы и перспективы квантовой теории информации	Уверенно знает современную интерпретацию основ квантовой теории, главные квантовые алгоритмы, основы и пути возможной реализации квантовых алгоритмов
УК-1	Портфолио (этап 1), Экзамен (этап 2)	УК-1.2. Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для выработки стратегии действий по разрешению проблемной ситуации	Не умеет критически анализировать и выбирать информацию, необходимую для выработки стратегии действий по разрешению проблемной ситуации	Демонстрирует слабые умения самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области современных проблем квантовой оптики с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий для учебных задач	Умеет ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области современных проблем квантовой оптики с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий для учебных задач	Умеет грамотно самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области современных проблем квантовой оптики с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий

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 экзамен.