



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Квантовая информация**

Кафедра теоретической и математической физики, физического факультета

**Образовательная программа**

03.03.02 Физика

Профиль подготовки

Фундаментальная физика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

очная

Статус дисциплины: вариативная

Махачкала 2017

Рабочая программа дисциплины составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 – «Физика» (уровень бакалавриат) от «7» августа 2014г. № 937.

Разработчик: Аливердиев Абутраб Александрович, д.ф.-м.н., профессор,  
кафедра теоретической и математической физики,

**Рабочая программа дисциплины одобрена:**  
на заседании кафедры теоретической и математической физики  
от «29» марта 2017г., протокол № 7.

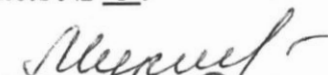
Зав. кафедрой

  
(подпись)

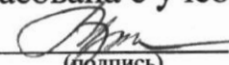
Мусаев Г.М.

на заседании Методической комиссии физического факультета  
от «30» марта 2017г., протокол № 8.

Председатель

  
(подпись)

Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим  
управлением «3» апреля 2017г.   
(подпись) Гасангаджиева А.Г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы дисциплины .....	4
1. Цели освоения дисциплины .....	5
2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры .....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).....	6
4. Объем, структура и содержание дисциплины.....	8
4.1. Объем дисциплины .....	8
4.2. Структура дисциплины .....	8
4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).....	9
5. Образовательные технологии .....	9
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	10
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	11
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	11
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания. ....	12
7.3. Типовые контрольные задания .....	20
7.1.1. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.....	20
7.1.2. Перечень вопросов к экзамену. ....	20
7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	21
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины. ....	21
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	22
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	22
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем. ....	23
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....	23

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Квантовая информация» входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 – «Физика» (профиль – Фундаментальная физика).

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой теоретической и математической физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением квантовых вычислений, квантовых алгоритмов, квантовых компьютеров, квантовой телепортации, квантовой криптографии.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

*общекультурных:* ОК-7;

*общепрофессиональных:* ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3; ОПК-4

*профессиональных:* ПК-2, ПК-5.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельную работу.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме текущий контроль в форме опросов, контрольной работы, коллоквиума, и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
8	72	36	-	-	-	-	36	зачет

## **1. Цели освоения дисциплины**

Цель освоения дисциплины «Квантовая информация» состоит в том, чтобы дать углубленное представление о квантовой теории информации — относительно новом разделе науки, возникшем на стыке квантовой механики и теории информации и включающем в себя вопросы квантовых вычислений, квантовых алгоритмов, квантовых компьютеров, квантовой телепортации, квантовой криптографии и др. на базе уже имеющегося у студентов опыта.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата**

Дисциплина входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 – «Физика» (профиль – Фундаментальная физика).

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области квантовой теории информации для решения конкретных задач, так или иначе связанных с возможностью применения квантовых вычислений и изучению квантовомеханических объектов.

Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: математический анализ, линейная алгебра, информатика, квантовая механика (теория).

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>• излагать и критически анализировать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</li> <li>• использовать полученные ранее знания и навыки в новой области.</li> </ul>
ОПК-2	способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные физические и математические термины, используемые при работе с квантовыми схемами и алгоритмами, и обозначения и представления.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать в дальнейшей профессиональной деятельности базовые схемы квантовых вычислений, создавать математические модели задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</li> </ul>
ОПК-3	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• общие принципы квантовых вычислений;</li> <li>• явления, демонстрирующие корпускулярно-волновой дуализм и эксперименты, дающие возможность реализации квантовых вычислений;</li> </ul> <p>Уметь:</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях;</li> <li>• применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по квантовой информации.</li> </ul>
ОПК-4	способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основы использования квантовых подходов к обеспечению безопасности передачи информации.</li> </ul>
ПК-1	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• общие принципы квантовых вычислений;</li> <li>• явления, демонстрирующие корпускулярно-волновой дуализм и эксперименты, дающие возможность реализации квантовых вычислений;</li> </ul>
ПК-2	способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• умениями использования научной и учебной литературы;</li> <li>• навыками составления простейших квантовых схем и алгоритмов.</li> </ul>
ПК-5	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы - 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) / Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Трудоемкость	Лекции	Практич. занятия	Самостоят. работа	
<b>Модуль 1. Основы квантовой теории информации.</b>							
1.	Общие принципы квантовых вычислений. Квантовые схемы. Схема копирования кубита. ЭПР-пары. Квантовая телепортация.	8	18	10	-	8	опрос
2.	Квантовые алгоритмы. Квантовый параллелизм. Алгоритм Дойча. Алгоритм Дойча-Йожа.		18	8	-	10	опрос
<b>Итого по модулю 1</b>			36	18	-	18	коллоквиум
<b>Модуль 2. Экспериментальная обработка квантовой информации.</b>							
1.	Связь с квантовой механикой и линейной алгеброй. Эксперимент Штерна-Герлаха.	8	18	9	-	9	опрос
2.	Перспективы практической обработки квантовой информации. Квантовая томография. Информация в квантовых каналах.		18	9	-	9	опрос
<b>Итого по модулю 2</b>			36	18	-	18	зачет
<b>ИТОГО</b>			<b>72</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	



### **4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).**

#### ***Модуль 1. Основы квантовой теории информации.***

Общие принципы квантовых вычислений. Введение в информатику. Вычислительные модели. Машина Тьюринга. Квантовые биты. Квантовые вычисления. Одно- и многокубитовые элементы. Квантовые схемы. Схема копирования кубита. ЭПР-пары. Квантовая телепортация. Квантовые алгоритмы. Классические вычисления на квантовом компьютере. Квантовый параллелизм. Алгоритм Дойча. Алгоритм Дойча-Йожа. Квантовое моделирование.

#### ***Модуль 2. Экспериментальная обработка квантовой информации.***

Связь с квантовой механикой и линейной алгеброй. Эксперимент Штерна-Герлаха. Перспективы практической обработки квантовой информации. Квантовая томография. Информация в квантовых каналах.

## **5. Образовательные технологии**

В течение семестра студенты посещают лекции, решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Аттестация проводится после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Обучающие и контролируемые модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

### Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- решение некоторых задач с применением компьютера.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Классическая теория вычислений	Запись числа в регистр. Универсальный компьютер (машина Тьюринга). Мультипликативный и факторизационный алгоритмы.
Аксиомы квантовой механики	Основные понятия. Собственные значения и собственные вектора. Базис эрмитового оператора. Квантовое измерение.
Квантовые коммуникации	Плотное кодирование. Однобитная телепортация. Обмен перепутывания.
Квантовые вычисления.	Логические схемы для квантовых компьютеров. Преобразование Адамара. Запись чисел в квантовый регистр. Вычисление функций.

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации магистранта (экзамен). При этом проводятся: тестирование, опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

## 7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОК-7 ОПК-4 ПК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• явления, демонстрирующие корпускулярно-волновой дуализм и эксперименты, дающие возможность реализации квантовых вычислений;</li> <li>• общие принципы квантовых вычислений;</li> <li>• основные физические и математические термины, используемые при работе с квантовыми схемами и алгоритмами, и обозначения и представления;</li> <li>• основы использования квантовых подходов к обеспечению безопасности передачи информации.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>• излагать и критически анализировать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос
ОПК-2 ОПК-3	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать в дальнейшей профессиональной деятельности базовые схемы</li> </ul>	Письменный опрос

	<p>квантовых вычислений, создавать математические модели задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях;</li> <li>• применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по квантовой информации.</li> </ul>	
<p>ПК-2 ПК-5</p>	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• умениями использования научной и учебной литературы;</li> <li>• навыками составления простейших квантовых схем и алгоритмов.</li> </ul>	<p>Круглый стол Мини-конференция</p>

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

### Критерии оценок на зачетах

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.
- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- **60 баллов** - студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- **50 баллов** - в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- **40 баллов** - ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- **0 баллов** – нет ответа.

«51 и выше» баллов – зачет

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который

- прочно усвоил предусмотренный программой материал;
- правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров;
- показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов
- без ошибок выполнил практическое задание.

Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной и контрольной работы, систематическая активная работа на семинарских занятиях.

Оценка «не зачтено» Выставляется студенту, который не справился с 50% вопросов и заданий билета, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем.

**ОК-7**

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью к самоорганизации и самообразованию».

<b>Уровень</b>	<b>Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)</b>	<b>Оценочная шкала</b>		
		<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>
<b>Пороговый</b>	Уметь: использовать полученные ранее знания и навыки в новой области, слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине, излагать и критически анализировать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами	<p>Может использовать полученные ранее знания и навыки в новой области, но нуждается в дополнительном указании.</p> <p>Предъявляет частичный конспект лекций.</p> <p>Демонстрирует слабое умение самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.</p>	<p>Демонстрирует умение использовать полученные ранее знания и навыки в новой области.</p> <p>Предъявляет полный конспект лекций.</p>	<p>Перманентно использует полученные ранее знания и навыки в новой области.</p> <p>Предъявляет полный конспект лекций, в котором хорошо ориентируется. Может эффективно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.</p>

## ОПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	<p>Знать основные физические и математические термины, используемые при работе с квантовыми схемами и алгоритмами, обозначения и представления.</p> <p>Уметь: использовать в дальнейшей профессиональной деятельности базовые схемы квантовых вычислений, создавать математические модели задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.</p>	<p>Имеет неполное представление об основных физических и математических терминах, используемых при работе с квантовыми схемами и алгоритмами.</p> <p>Путается в обозначениях и представлениях.</p> <p>Допускает грубые ошибки в построении базовых схем квантовых вычислений, создании математических моделей задач и интерпретировании полученных результатов.</p>	<p>Допускает неточности в обозначениях и представлениях, а также в понимании основных физических и математических терминов, используемых при работе с квантовыми схемами и алгоритмами.</p> <p>Допускает небольшие неточности в построении базовых схем квантовых вычислений, создании математических моделей задач и интерпретировании полученных результатов.</p>	<p>Демонстрирует ясное представление об основных физических и математических терминах, используемых при работе с квантовыми схемами и алгоритмами.</p> <p>Уверенно и точно пользуется обозначениями и представлениями.</p> <p>Может составить и ясно объяснить базовые схемы квантовых вычислений и математические модели.</p>

### ОПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знать общие принципы квантовых вычислений; явления, демонстрирующие корпускулярно-волновой дуализм и эксперименты, дающие возможность реализации квантовых вычислений.  Уметь применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях; применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по квантовой информации.	Имеет неполное представление об общих принципах квантовых вычислений; явлениях, демонстрирующих корпускулярно-волновой дуализм и экспериментах, дающих возможность реализации квантовых вычислений.	Допускает неточности в описании общих принципов квантовых вычислений; явлений, демонстрирующих корпускулярно-волновой дуализм и экспериментов, дающих возможность реализации квантовых вычислений.	Демонстрирует ясное представление об общих принципах квантовых вычислений; явлениях, демонстрирующих корпускулярно-волновой дуализм и экспериментах, дающих возможность реализации квантовых вычислений.
		Затрудняется в применении полученных теоретических знаниях при решении конкретных задач.	Допускает ошибки в применении полученных теоретических знаниях при решении конкретных задач.	Может применять полученные знания при решении задач по квантовой информации.



#### ОПК-4

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знать основы использования квантовых подходов к обеспечению безопасности передачи информации.	Имеет поверхностное представление об использовании квантовых подходов к обеспечению безопасности передачи информации. Затрудняется в объяснении деталей.	Имеет общее представление об использовании квантовых подходов к обеспечению безопасности передачи информации. Делает ошибки в объяснении деталей.	Имеет ясное представление об использовании квантовых подходов к обеспечению безопасности передачи информации.

## ПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин» содержание компетенции из ФГОС ВО).

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знать общие принципы квантовых вычислений, явления, демонстрирующие корпускулярно-волновой дуализм и эксперименты, дающие возможность реализации квантовых вычислений.	Имеет неполное представление об общих принципах квантовых вычислений, явлениях, демонстрирующих корпускулярно-волновой дуализм и экспериментах, дающих возможность реализации квантовых вычислений.	Допускает неточности в понимании общих принципах квантовых вычислений, явлениях, демонстрирующих корпускулярно-волновой дуализм и экспериментах, дающих возможность реализации квантовых вычислений.	Демонстрирует ясное представление об общих принципах квантовых вычислений, явлениях, демонстрирующих корпускулярно-волновой дуализм и экспериментах, дающих возможность реализации квантовых вычислений.

## ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта» содержание компетенции из ФГОС ВО).

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Владеть умениями использования научной и учебной литературы.	Ознакомлен с материалами по курсу квантовой информации.	Умеет найти дополнительный материал по курсу квантовой информации.	Демонстрирует знания, почерпнутые с использованием дополнительной литературы. Способен к самостоятельному поиску.

## ПК-5

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований» содержание компетенции из ФГОС ВО).

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Владеть навыками составления простейших квантовых схем и алгоритмов.	Допускает грубые ошибки при составлении простейших квантовых схем и алгоритмов.	Допускает неточности при составлении простейших квантовых схем и алгоритмов.	Владеет навыками составления простейших квантовых схем и алгоритмов.

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### **7.3. Типовые контрольные задания**

#### **7.1.1. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.**

1. Криптосистема с открытым ключом. Сопоставление классического и квантового алгоритмов.
2. Общие принципы квантовых вычислений. Квантовые биты.
3. Вычислительные модели. Машина Тьюринга.
4. Квантовые вычисления. Квантовые схемы.
5. Квантовая телепортация. Квантовая томография.
6. Классические вычисления на квантовом компьютере.
7. Квантовый параллелизм.
8. Квантовое моделирование.
9. Эксперимент Штерна-Герлаха.
10. Информация в квантовых каналах.
11. Собственные вектора и собственные значения. Скалярное произведение.
12. Тензорное произведение.
13. Оператор плотности. Квантовая энтропия.

#### **7.1.2. Перечень вопросов к экзамену.**

1. Машина Тьюринга.
2. Алгоритм Дойча.
3. Алгоритм Дойча-Йожа.
4. Квантовый параллелизм.
5. Схема копирования кубита.
6. ЭПР-пары.
7. Квантовая телепортация.
8. Квантовая томография.
9. Собственные вектора и собственные значения.
10. Скалярное произведение.
11. Тензорное произведение.
12. Эксперимент Штерна-Герлаха.

#### **7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на лекциях – 15 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 60 баллов,
- и др. (выполнение домашних работ, доклады, рефераты) – 15 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

#### **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

##### ***а) основная литература:***

1. Д. Боумейстер, А. Экерт, А. Цайлингер, Физика квантовой информации. Москва, Постмаркет, 2002.-376с., ил.
2. М. Нильсен, И. Чанг, Квантовые вычисления и квантовая информация. Москва, Мир, 2006.-824с., ил.
3. Дж. Прескилл, «Квантовая информация и квантовые вычисления», пер. с англ., Москва, 2008.

##### ***б) дополнительная литература:***

1. С.П.Кулик, Лекции по курсу «Квантовая информация и квантовая оптика»
2. С.Я. Килин, «Квантовая информация», УФН, 169, № 5, 1999, с. 507-526
3. В.Н. Горбачев, А.И. Жилиба, «Физические основы современных информационных процессов», С.-Петербург, Тверь, 2001.

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Международная база данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
6. <http://physweb.ru/db/section/e190500000>
7. Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ <http://lib.mexmat.ru/>
8. Научно-образовательный центр при МИАН <http://www.mi.ras.ru/>

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Оптимальным путем освоения дисциплины является посещение всех лекций и семинаров, выполнение предлагаемых заданий в виде задач, тестов и устных вопросов.

На лекциях рекомендуется деятельность студента в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование лекции. На семинарских занятиях деятельность студента заключается в активном обсуждении задач, решенных другими студентами, решении задач самостоятельно, выполнении контрольных заданий. В случае если студентом пропущено лекционное или семинарское занятие, он может освоить пропущенную тему самостоятельно с

опорой на план занятия, рекомендуемую литературу и консультативные рекомендации преподавателя.

Перед проведением экзамена проводится коллективная аудиторная консультация, на которой даются советы по подготовке к экзамену. В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче экзамена.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

При наличии технической возможности, желательно использование электронных презентаций и видеопроектора для лучшей наглядности приводимых на лекциях схем.

Необходимым является использование компьютерной техники при работе над вопросами, включенными в план самостоятельной работы.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях факультета.

Технические средства обучения, используемые в учебном процессе для освоения дисциплины:

1. компьютерное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
2. пакет плакатов и графиков, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
3. электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.