

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

» 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Нanomатериалы и квантовая информатика Б1.В.ДВ.6

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Калачев А.А.

Рецензент(ы):

Салахов М.Х.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Салахов М. Х.

Протокол заседания кафедры No ____ от "____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__ г

Регистрационный No 6181419

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) Калачев А.А. , AAKalachev@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

знакомство с основными понятиями квантовой теории информации, получение знаний о последних достижениях в этом направлении, связанных с использованием наноматериалов, формирование у студентов понимания основных научно-технических проблем и перспектив развития квантовой информатики с использованием нанотехнологий

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.6 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

является вариативной частью профессионального цикла (блок Б.3) дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 222900.62 "Нанотехнологии и микросистемная техника"

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат
ОПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ПК-2 (профессиональные компетенции)	готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
ПК-6 (профессиональные компетенции)	готовностью рассчитывать и проектировать основные параметры наноструктурных материалов различного функционального назначения

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- основные понятия квантовой теории информации;
- требования к наноматериалам с точки зрения квантовой информатики
- принципы использования наноматериалов в системах квантовой обработки информации

2. должен уметь:

- ориентироваться в современных достижениях квантовой информатики
- ориентироваться в современных достижениях нанотехнологии

3. должен владеть:

навыками решения простейших задач и выполнения оценочных расчетов, связанных с экспериментальными реализациями квантовых вычислений

4. должен демонстрировать способность и готовность:
- системного научного анализа профессиональных проблем различного уровня сложности;
 - работы с современной научной аппаратурой

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) 216 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

- 86 баллов и более - "отлично" (отл.);
 71-85 баллов - "хорошо" (хор.);
 55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);
 54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Основные понятия квантовой теории информации	7	1-6	6	6	18	Отчет
2.	Тема 2. Квантовые вычисления и квантовая связь	7	7-12	6	6	20	Отчет
3.	Тема 3. Основные направления экспериментальных разработок в области квантовых компьютеров	7	13-18	6	6	20	Отчет
.	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Экзамен
	Итого			18	18	58	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Основные понятия квантовой теории информации

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Кубиты. Чистые и смешанные состояния. Перепутанные состояния. Меры информации и перепутанности. Квантовые каналы. Декогерентность. Квантовые измерения.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Решение задач, связанных с анализом чистоты квантовых состояний, нахождением разложения Шмидта, применением критерия Переса-Городецких, нахождением представления Крауса.

лабораторная работа (18 часа(ов)):

Работы, связанные с изучением оптических волокон как основного канала квантовой оптической связи: оптическая временная рефлектометрия, прохождение сигналов через волокно.

Тема 2. Квантовые вычисления и квантовая связь

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Однокубитовые и двухкубитовые вентили. Универсальные наборы. Сетевая модель квантовых вычислений. Основные квантовые алгоритмы. Устойчивые к сбоям вычисления и пороговая теорема. Квантовая телепортация и квантовая криптография.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Решение задач, связанных с разложением многокубитовых квантовых вентилей и анализом квантовых схем.

лабораторная работа (20 часа(ов)):

Работы, связанные с использованием лазерных технологий: стабилизация частоты лазера, удвоение частоты, волоконный лазер.

Тема 3. Основные направления экспериментальных разработок в области квантовых компьютеров

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Условия, необходимые для выполнения квантовых вычислений. Обзор основных направлений разработок. Квантовые вычисления на ядерных спинах, сверхпроводниковых кубитах, фотонных интегральных схемах.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Решение задач, связанных с реализацией квантовых вентилей в различных физических системах

лабораторная работа (20 часа(ов)):

Работы, связанные с интерференцией света: интерферометр Маха-Цендера и интерферометр Майкельсона.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Се-местр	Неде-ля семе-стра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самосто-ятельной работы
1.	Тема 1. Основные понятия квантовой теории информации	7	1-6	подготовка к отчету	24	отчет
2.	Тема 2. Квантовые вычисления и квантовая связь	7	7-12	подготовка к отчету	14	отчет
3.	Тема 3. Основные направления экспериментальных разработок в области квантовых компьютеров	7	13-18	подготовка к отчету	30	отчет
	Итого				68	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции (использование проблемных ситуаций), практические занятия (решение задач и интерактивные методы работы - активное, постоянное взаимодействие между преподавателем и студентом в процессе обучения), самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Основные понятия квантовой теории информации

отчет , примерные вопросы:

Примерные темы самостоятельных работ: Вычисление базиса Шмидта. Применение критериев перепутанности для анализа двухкубитовых состояний. Вычисление мер перепутанности. Разложение Шмидта для состояний в непрерывном базисе. Многочастичное перепутывание. Моделирование эволюции открытой системы методом Монте-Карло. Нахождение POVM-операторов для определённых квантовых измерений.

Тема 2. Квантовые вычисления и квантовая связь

отчет , примерные вопросы:

Примерные темы самостоятельных работ: Эффективные разложения унитарных преобразований. Наборы универсальных квантовых вентилей. Моделирование условной динамики и вычисление качества квантовых вентилей. Анализ квантовых схем. Однонаправленные квантовые вычисления и вычисления, основанные на измерениях. Кластерные состояния.

Тема 3. Основные направления экспериментальных разработок в области квантовых компьютеров

отчет , примерные вопросы:

Примерные темы самостоятельных работ: Материалы, перспективные для использования в качестве квантовых регистров. Анализ основополагающих экспериментов. Последние экспериментальные достижения.

Итоговая форма контроля

экзамен (в 7 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

Примерные вопросы к зачету:

1. Кубит. Геометрическое представление состояния кубита. Чистые и смешанные состояния кубита. Степень чистоты и степень совпадения квантового состояния.
2. Перепутанные, факторизованные и сепарабельные состояния двух кубитов. Разложение Шмидта. Необходимые и достаточные условия сепарабельности. Меры перепутанности
3. Двухкубитовые вентили. Условные преобразования. Представление двухкубитового оператора CU через последовательность четырёх однокубитовых вентилей и двух вентилей CNOT.
4. Теорема об универсальном наборе квантовых вентилей
5. Сетевая модель квантовых вычислений и основные элементы квантового компьютера.
6. Алгоритм Дойча.
7. Алгоритм Гровера.
8. Квантовое преобразование Фурье.
9. Квантовый алгоритм нахождения периода функции.

10. Квантовая телепортация.
11. Квантовый код, исправляющий амплитудные или фазовые ошибки, с тремя кубитами
12. Устойчивое к сбоям вычисление. Пороговая теорема.
13. Условия, необходимые для выполнения квантовых вычислений
14. Твердотельный ЯМР-квантовый компьютер.
15. Квантовые вычисления на сверхпроводниковых кубитах
16. Линейный оптический квантовый компьютер. Фотонные интегральные схемы.

7.1. Основная литература:

- 1) Шишкин, Г.Г. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.Г. Шишкин, И.М. Агеев. ? Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 411 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66208>
- 2) Белинский, А.В. Квантовые измерения [Электронный ресурс] : учеб. пособие - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 185 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66337>

7.2. Дополнительная литература:

- 1) Климов, В.В. Наноплазмоника [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2010. - 480 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2204>
- 2) Городецкий, М.Л. Оптические микрорезонаторы с гигантской добротностью [Электронный ресурс] : монография / М.Л. Городецкий. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2011. - 416 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2733>

7.3. Интернет-ресурсы:

Preskill J. Quantum computation and information (Caltech, 1998) - <http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/ph229>

Лекции David Deutsch - http://www.quiprocone.org/Protected/DD_lectures.htm

Лекции Michael Nielsen - <https://www.youtube.com/playlist?list=PL1826E60FD05B44E4>

Открытый портал по квантовым компьютерам - <http://www.quantiki.org/>

Статья в Википедии по квантовым компьютерам - http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_computer

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Наноматериалы и квантовая информатика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Лекционная аудитория со стандартным проекционным оборудованием.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки не предусмотрено.

Автор(ы):

Калачев А.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Салахов М.Х. _____

"__" _____ 201__ г.