

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Дополнительные главы физики Б1.В.ДВ.3

Направление подготовки: 01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Системное программирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Мутыгуллина А.А.

Рецензент(ы):

Таюрский Д.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Таюрский Д. А.

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

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

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

Регистрационный No

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) доцент, к.н. (доцент) Мутыгуллина А.А. Кафедра общей физики Отделение физики, Aigul.Mutygullina@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Формирование у студентов современного представления о физической картине мира и навыков использования основных законов физики в инженерной деятельности, а также навыков владения методами решения физических проблем, возникающих в области, связанной с профессиональной деятельностью.

Развитие творческих способностей студентов в целях освоения новых наукоемких технологий по своей специальности.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.3 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 4 семестр.

Дисциплина 'Дополнительные главы физики' является базовой и относится к математическому и естественнонаучному циклу. Наряду с лекциями ведутся практические занятия по решению задач. Дисциплине 'Дополнительные главы физики' предшествует освоение дисциплин:

- Физика.
- Высшая математика (Математический анализ. Алгебра. Геометрия).
- Информатика.

Для успешного освоения курса 'Дополнительные главы физики' студенты должны знать основные законы, понятия и модели механики, статистической физики, теории электромагнетизма и оптики, законы физики твердого тела, необходимые для понимания принципов работы современных компьютеров, законы оптики, овладеть определённым математическим аппаратом и некоторыми понятиями информатики.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способность осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способность формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, профессиональных и этических позиций

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основополагающие принципы современной квантовой теории;

постулаты, лежащие в основе канонического и фейнмановского подходов к квантовой теории;

основные принципы квантовых вычислений и квантовой информатики.

2. должен уметь:

работать с векторами и операторами гильбертова пространства.

3. должен владеть:

навыками использования аппарата гильбертова пространства для описания состояний кубитов и манипуляций ими;

навыками работы с учебной и научной литературой.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

использовать современные методы квантовой физики и квантовой информатики применительно к объектам профессиональной деятельности.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 4 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. Роль физики в информационных технологиях. Квантовые компьютеры.	4	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Экспериментальные основы квантовой физики.	4	3,5	4	0	10	Письменная работа
3.	Тема 3. Постулаты квантовой физики.	4	7,9	4	0	10	
4.	Тема 4. Введение в квантовую информацию.	4	11,13,15	6	0	16	Письменная работа
5.	Тема 5. Квантовые компьютеры: физическая реализация.	4	17	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
.	Тема . Итоговая форма контроля	4		0	0	0	Экзамен
	Итого			18	0	36	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Роль физики в информационных технологиях. Квантовые компьютеры.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

О достижениях фундаментальной физики, которые открывают новые возможности для информационных технологий. Перспективность квантовых вычислений.

Тема 2. Экспериментальные основы квантовой физики.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Явление квантовой интерференции. Опыт Юнга. Фейнмановская формулировка квантовой механики. Волновые свойства частиц. Опыт Дэвиссона и Джермера. Эффект Рамзауэра и Таунсенда. Корпускулярные свойства частиц. Фотоэффект. Эффект Комптона. Излучение черного тела. Атомные спектры. Опыт Штерна и Герлаха.

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Обсуждение и разбор заданий, связанных с волновыми и корпускулярными свойствами частиц.

Тема 3. Постулаты квантовой физики.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Вектора и операторы гильбертова пространства. Постулаты канонической квантовой теории.

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Выполнение заданий, которые требуют знаний постулатов квантовой физики.

Тема 4. Введение в квантовую информацию.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Квантовые носители информации. Квантовые логические элементы. Разбор квантовых схем. Квантовый парадокс Зенона. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Неравенство Белла. Квантовая телепортация. Сверхплотное кодирование. Квантовый параллелизм. Алгоритм Дойча. Квантовое преобразование Фурье. Алгоритм Шора.

лабораторная работа (16 часа(ов)):

Выполнение заданий, связанных с применением различных квантовых логических элементов к системам однокубитовым, двухкубитовым и многокубитовым.

Тема 5. Квантовые компьютеры: физическая реализация.


лекционное занятие (2 часа(ов)):

Перспективность различных претендентов на кубит. Трудности при экспериментальной реализации квантовых компьютеров. Дефазировка и декогеренция состояний кубитов.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
	Тема 2.					

Экспериментальные основы квантовой физики.

			подготовка к письменной работе	
Регистрационный номер Страница 6 из 14.	4	3,5		 ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ <small>ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КИУ</small>

ная работа

№	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Постулаты квантовой физики.	4	7,9	подготовка домашнего задания подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
4.	Тема 4. Введение в квантовую информацию.	4	11,13,15	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
				подготовка к письменной работе	10	Письменная работа
	Итого				36	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекционные и практические занятия проводятся с использованием мультимедийного комплекса, позволяющего наглядно получать студентам всю необходимую информацию. На лекциях проводятся демонстрации различных опытов и ярких явлений физики. Качество обучения достигается за счет использования следующих форм учебной работы: лекции, практические занятия по решению задач, самостоятельная работа студента (самостоятельная проработка вопросов вынесенных для самостоятельного изучения; выполнение домашнего задания), консультации.

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

Тема 1. Роль физики в информационных технологиях. Квантовые компьютеры.

Тема 2. Экспериментальные основы квантовой физики.

Письменная работа , примерные вопросы:

Вопросы к письменной работе ♦2 1. Явление квантовой интерференции. 2. Амплитуда вероятности. Принцип суперпозиции амплитуд вероятности. 3. Волновые свойства частиц. Опыт Дэвиссона и Джермера. 4. Эффект Рамзауэра и Таунсенда. 5. Корпускулярные свойства частиц. Фотоэффект. 6. Эффект Комптона. 7. Излучение черного тела. 8. Атомные спектры. 9. Опыт Штерна и Герлаха.

https://shelly.kpfu.ru/pls/student/docs/F_1157637966/Voprosy_i_zadachi_k_pismennoj_rabote_1.pdf

Тема 3. Постулаты квантовой физики.

домашнее задание , примерные вопросы:

Ответить на вопросы и выполнить задания: 1. Почему состояния описываются лучами? 2. Собственные состояния. Основные свойства собственных состояний. 3. Как определяются операторы? Почему операторы должны быть эрмитовыми? 4. Покажите, что нормальная матрица является эрмитовой тогда и только тогда, когда все ее собственные значения действительны. 5. Покажите, что любое собственное число унитарной матрицы по модулю равно единице, т.е. может быть записано в виде $e^{i\theta}$, где θ – некоторое действительное число. 6. Покажите, что матрицы Паули являются эрмитовыми и унитарными. 7. Смысл состояния $c_1|\varphi\rangle + c_2|\psi\rangle$. 8. Докажите, что все собственные числа проектора P равны 0 или 1. 9. Докажите, что два собственных вектора эрмитова оператора, соответствующие разным собственным значениям, ортогональны. 10. Что можно сказать о наблюдаемых, имеющих общие собственные вектора?

Тема 4. Введение в квантовую информацию.

домашнее задание , примерные вопросы:

Ответить на вопросы и выполнить задания: 1. Однокубитовый элемент NOT. Его представление в матричном виде. 2. Элемент Адамара. 3. Многокубитовые элементы: AND (И), OR (ИЛИ), XOR (исключающие ИЛИ). 4. Многокубитовые элементы: NAND (НЕ-И), NOR (НЕ-ИЛИ). 5. Покажите, что состояния Белла: образуют ортонормированный базис в пространстве состояний двух кубитов. 6. Квантовая телепортация. 7. Квантовый параллелизм. 8. Алгоритм Дойча. 9. Эффективность квантовых вычислений.

Письменная работа , примерные вопросы:

Вопросы и задания для письменной работы: 1. Обобщенное соотношение неопределенностей. 2. Координатное представление. 3. Импульсное представление. 4. Канонические коммутативные соотношения. 5. Покажите, что у всех матриц Паули след равен нулю. 6. Доказать соотношение неопределенности Гейзенберга. 7. Оператор орбитального момента L . 8. Уравнение Шредингера. 9. Оператор эволюции. 10. Динамическое уравнение в картине Гейзенберга. 11. Динамическое уравнение в картине взаимодействия. 12. Определить среднее значение координаты x частицы в яме в основном состоянии. 13. Определить неопределенность координаты x частицы в яме в основном состоянии. 14. Однокубитовый элемент NOT. Его представление в матричном виде. 15. Элемент Адамара. 16. Многокубитовые элементы: AND (И), OR (ИЛИ), XOR (исключающие ИЛИ). 17. Многокубитовые элементы: NAND (НЕ-И), NOR (НЕ-ИЛИ). 18. Покажите, что состояния Белла: образуют ортонормированный базис в пространстве состояний двух кубитов. 19. Квантовая телепортация. 20. Квантовый параллелизм. 21. Алгоритм Дойча. 22. Эффективность квантовых вычислений. 23. Алгоритм Шора.

https://shelly.kpfu.ru/pls/student/docs/F_185183690/Voprosy_i_zadaniya_k_Pismennoj_rabote2.pdf

Тема 5. Квантовые компьютеры: физическая реализация.

Итоговая форма контроля

экзамен (в 4 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

Вопросы к экзамену

1. Явление квантовой интерференции.
2. Амплитуда вероятности. Принцип суперпозиции амплитуд вероятности.
3. Волновые свойства частиц. Опыт Дэвиссона и Джермера.
4. Эффект Рамзауэра и Таунсенда.
5. Корпускулярные свойства частиц. Фотоэффект.
6. Эффект Комптона.
7. Излучение черного тела.
8. Атомные спектры.
9. Опыт Штерна и Герлаха.
10. Канонический и фейнмановский подходы к квантовой теории.

11. Основные принципы канонической формулировки квантовой теории. Пространство
12. состояний.
13. Пространства состояний простой частицы и поляризации фотонов.
14. Связь векторов состояний с результатами экспериментов. Проекционный постулат.
15. Наблюдаемые. Операторный формализм.
16. Совместность наблюдаемых.
17. Полная система совместных наблюдаемых.
18. Динамический постулат. Оператор эволюции. Уравнение Шредингера.
19. Свойства непрерывности оператора эволюции.
20. Динамическое уравнение Шредингера в картине Гейзенберга
21. Динамическое уравнение Шредингера в картине взаимодействия
22. Стационарное уравнение Шредингера
23. Спин
24. Тождественные частицы и статистика. Фермионы и бозоны.
25. Связь спина и статистики
26. Принцип Паули.
27. Матрица Паули.
28. Физика квантовой информации. Кубиты.
29. Перепутывание и квантовая неразличимость.
30. Однокубитовые элементы. Многокубитовые элементы. Квантовая схема копирования неизвестного бита или кубита.
31. Квантовая схема, создающая состояния Белла.
32. Квантовая телепортация.
33. Квантовые алгоритмы вычислений и их эффективность.
34. Квантовый параллелизм.
35. Алгоритм Дойча.
36. Квантовое преобразование Фурье. Алгоритм Шора.
37. Сверхплотное кодирование.
38. Квантовый компьютер, основанный на ионах в ловушке.
39. Квантовый компьютер, основанный на полупроводниковых квантовых точках.
40. Квантовый компьютер, основанный на оптических фотонах.
41. Квантовый компьютер, основанный на сверхпроводящих токах.
42. Перспективность различных претендентов на кубит.
43. Трудности при экспериментальной реализации квантовых компьютеров.
44. Дефазировка и декогеренция состояний кубитов.

7.1. Основная литература:

1. Хренников, А.Ю. Введение в квантовую теорию информации [Электронный ресурс] : учебник / А.Ю. Хренников. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2008. - 284 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2176>
2. Паршаков, А.Н. Введение в квантовую физику [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Паршаков. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2010. - 352 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/297>

7.2. Дополнительная литература:

1. Лозовский, В.Н. Курс физики. В 2-х тт. Т.2 [Электронный ресурс] : учебник / В.Н. Лозовский. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2009. - 608 с. -

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/239>

2. Взаимодействие атомов с полем лазерного излучения и резонансная флуоресценция. [Электронная версия] / Гайнутдинов Р.Х., Калачев А.А., Мутыгуллина А.А., Хамадеев М.А., Салахов М.Х./ учебно-методическое пособие. - Казань: КФУ, 2013. - 32 с.

Режим доступа :

<http://kpfu.ru/portal/docs/F1390410769/metodichka.VZAIMODEJSTVIE.ATOMOV.S.POLEM..pdf>

3. Парадоксы квантовой механики: квантовый парадокс Зенона [Электронная версия]/ Р.Х. Гайнутдинов, А.А. Мутыгуллин/ учебно-методическое пособие. - Казань: КФУ, 2009. - 18 с.

Режим доступа: <http://kpfu.ru/portal/docs/F648190067/Zeno.paradox.pdf>

7.3. Интернет-ресурсы:

Lekc_teor_ph - http://www.ph4s.ru/Lekc_teor_ph.html

Взаимодействие атомов с полем лазерного излучения и резонансная флуоресценция./ Гайнутдинов Р.Х., Калачев А.А., Мутыгуллина А.А., Хамадеев М.А., Салахов М.Х. -

<http://kpfu.ru/portal/docs/F1390410769/metodichka.VZAIMODEJSTVIE.ATOMOV.S.POLEM..pdf>

Достижения в области практической реализации квантовых вычислений и связи - <http://qist.lanl.gov>

Курс лекций по физике - <http://znanium.com/bookread.php?book=355277>

Парадоксы квантовой механики: квантовый парадокс Зенона / Р.Х. Гайнутдинов, А.А. Мутыгуллина - <http://kpfu.ru/portal/docs/F648190067/Zeno.paradox.pdf>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Дополнительные главы физики" 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 "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

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.

Мультимедийный комплекс для чтения лекций.

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, совмещенная с демонстрационным кабинетом.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.02 "Прикладная математика и информатика" и профилю подготовки Системное программирование .

Автор(ы):

Мутыгуллина А.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Таюрский Д.А. _____

"__" _____ 201__ г.