

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Высшая школа информационных технологий и информационных систем



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.


КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДЕПАРТАМЕНТ
ОБРАЗОВАНИЯ
(ДО КФУ)

_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Физика. Дополнительные главы Б1.В.ДВ.5

Направление подготовки: 09.03.03 - Прикладная информатика

Профиль подготовки: не предусмотрено

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 Высшей школы информационных технологий и информационных систем:

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

Регистрационный No 68951918

Казань
2018

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.5 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 09.03.03 Прикладная информатика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

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

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

Для успешного освоения курса 'Физика. Дополнительные главы' 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.

Освоение дисциплины 'Физика. Дополнительные главы' необходимо для изучения дисциплин 'Алгоритмы и структуры данных', 'Параллельное программирование', 'Теория информации и кодирования', 'Защита информации в компьютерных системах и сетях'.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-23 (профессиональные компетенции)	способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью проводить описание прикладных процессов и информационного обеспечения решения прикладных задач

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 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 6 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	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Явление квантовой интерференции и фейнмановская формулировка квантовой механики.	6		2	2	0	
2.	Тема 2. Основные принципы канонической формулировки квантовой теории.	6		6	6	0	Письменная работа
3.	Тема 3. Постулаты квантовой теории.	6		6	6	0	Письменная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Тождественные частицы. Статистика Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.	6		2	6	0	Письменная работа
5.	Тема 5. Основные принципы квантовых вычислений и квантовой информатики.	6		6	10	0	Письменная работа
6.	Тема 6. Физическая реализация квантовых компьютеров	6		6	0	0	Письменная работа
7.	Тема 7. Управление состояниями кубита. Осцилляции Раби.	6		8	6	0	Письменная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Зачет
	Итого			36	36	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Явление квантовой интерференции и фейнмановская формулировка квантовой механики.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Амплитуда вероятности. Принцип суперпозиции амплитуд вероятности. Интерферирующие альтернативы. Структура амплитуды вероятности. Интегрирование по траекториям. Классический предел.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение задач, основанных на явлении квантовой интерференции.

Тема 2. Основные принципы канонической формулировки квантовой теории.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Пространство состояний квантовой системы. Пространства состояний простой частицы и поляризации фотонов. Измерения и проекционный постулат.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Решение задач с векторами и операторами гильбертова пространства.

Тема 3. Постулаты квантовой теории.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Связь векторов состояний с результатами экспериментов. Совместность наблюдаемых. Полная система совместных наблюдаемых. Формализм Дирака. Оператор эволюции. Уравнение Шредингера. Связь характера динамики со свойствами непрерывности оператора эволюции.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Решение задач с использованием динамического постулата.

Тема 4. Тождественные частицы. Статистика Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Квантовая механика системы тождественных частиц. Темы: Симметричные и антисимметричные волновые функции. Бозоны и фермионы. Понятие о распределении Бозе-Эйнштейна и о распределении Ферми-Дирака. Принцип Паули.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Решение задач с использованием статистики Бозе-Эйнштейна или Ферми-Дирака.

Тема 5. Основные принципы квантовых вычислений и квантовой информатики.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Квантовые биты. Несколько кубитов. Однокубитовые элементы. Многокубитовые элементы. Квантовая схема копирования неизвестного бита или кубита. Квантовая схема, создающая состояния Белла. Квантовая телепортация. Квантовые алгоритмы вычислений и их эффективность. Квантовая криптография.

практическое занятие (10 часа(ов)):

Решение задач с использованием кубитов, многокубитовых элементов, состояний Белла.

Тема 6. Физическая реализация квантовых компьютеров

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Условия для квантового вычисления. Представление квантовой информации. Реализация унитарных операторов. Приготовление начального состояния. Измерение конечного результата. Ионы в ловушке. Полупроводниковые квантовые точки. Ядерный магнитный резонанс. Квантовый компьютер на оптических фотонах. Сверхпроводящие токи. Квантовая электродинамика в оптических резонаторах.

Тема 7. Управление состояниями кубита. Осцилляции Раби.

лекционное занятие (8 часа(ов)):

Взаимодействие двухуровневой системы с резонансным лазерным излучением. Модель Джейнса-Каммингса. Частота Раби. Одетые состояния. Осцилляции Раби. Манипуляции с состояниями кубитов при взаимодействии их с резонансным электромагнитным полем. Взаимодействие двухуровневой системы с квантовым резонатором. Вакуумная частота Раби.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Решение задач с двухуровневым атомом, взаимодействующим с лазерным полем в дипольном приближении.

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
2.	Тема 2. Основные принципы канонической формулировки квантовой теории.	6		подготовка к письменной работе	6	Письменная работа
3.	Тема 3. Постулаты квантовой теории.	6		подготовка к письменной работе	6	Письменная работа
4.	Тема 4. Тождественные частицы. Статистика Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.	6		подготовка к письменной работе	2	Письменная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Основные принципы квантовых вычислений и квантовой информатики.	6		подготовка к письменной работе	10	Письменная работа
6.	Тема 6. Физическая реализация квантовых компьютеров	6		подготовка к письменной работе	4	Письменная работа
7.	Тема 7. Управление состояниями кубита. Осцилляции Раби.	6		подготовка к письменной работе	8	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. Явление квантовой интерференции и фейнмановская формулировка квантовой механики.

Тема 2. Основные принципы канонической формулировки квантовой теории.

Письменная работа , примерные вопросы:

Примерные вопросы и задания для письменной работы: 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 $c_1|\varphi_x\rangle+c_2|\varphi_y\rangle$. 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 3. Постулаты квантовой теории.

Письменная работа , примерные вопросы:

Примерные 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, кроме, 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. Докажите несовместность L_x , L_y и L_z . 13. Напишите вид оператора проекции орбитального момента L_z . 14. Собственный вектор и собственные значения L^2 и L_z . 15. Моментный базис. 16. Определить среднее значение координаты x частицы в яме в основном состоянии. 17. Определить неопределенность координаты x частицы в яме в основном состоянии.

Тема 4. Тожественные частицы. Статистика Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.

Письменная работа , примерные вопросы:

Примерные вопросы и задания для письменной работы: 1. Как статистика связана со спином? 2. Принцип запрета Паули. 3. Какой статистике подчиняются куперовские пары?

Тема 5. Основные принципы квантовых вычислений и квантовой информатики.

Письменная работа , примерные вопросы:

Примерные вопросы и задания для письменной работы: 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.

Тема 6. Физическая реализация квантовых компьютеров

Письменная работа , примерные вопросы:

Примерные вопросы и задания для письменной работы: 1. Квантовый компьютер, основанный на ионах в ловушке. 2. Квантовый компьютер, основанный на полупроводниковых квантовых точках. 3. Квантовый компьютер, основанный на оптических фотонах. 4. Квантовый компьютер, основанный на сверхпроводящих токах. 5. Квантовая электродинамика в оптических резонаторах.

Тема 7. Управление состояниями кубита. Осцилляции Раби.

Письменная работа , примерные вопросы:

Примерные вопросы и задания для письменной работы: 1. Дипольное приближение для гамильтониана взаимодействия атома с электромагнитным полем. 2. В чем заключается приближение вращающейся волны? 3. Спектр резонансной флуоресценции.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету

1. Явление квантовой интерференции.
2. Амплитуда вероятности. Принцип суперпозиции амплитуд вероятности.
3. Канонический и фейнмановский подходы к квантовой теории.
4. Основные принципы канонической формулировки квантовой теории. Пространство состояний.
5. Пространства состояний простой частицы и поляризации фотонов.
6. Связь векторов состояний с результатами экспериментов. Проекционный постулат.
7. Наблюдаемые. Операторный формализм.
8. Совместность наблюдаемых.
9. Полная система совместных наблюдаемых.
10. Формализм Дирака. Оснащенное гильбертово пространство состояний.
11. Динамический постулат. Оператор эволюции. Уравнение Шредингера.
12. Свойства непрерывности оператора эволюции.

13. Основные принципы фейнмановской формулировки квантовой механики.
14. Интегралы по траекториям.
15. Динамическое уравнение Шредингера в картине Гейзенберга
26. Динамическое уравнение Шредингера в картине взаимодействия
17. Моментный базис
18. Стационарное уравнение Шредингера
19. Спин
20. Тождественные частицы и статистика. Фермионы и бозоны.
21. Связь спина и статистики
22. Принцип Паули.
22. Какая константа движения связана с инвариантностью относительно зеркального отражения?
23. Матрица Паули.
24. Физика квантовой информации. Кубиты.
25. Перепутывание и квантовая неразличимость.
26. Однокубитовые элементы. Многокубитовые элементы. Квантовая схема копирования неизвестного бита или кубита.
27. Квантовая схема, создающая состояния Белла.
28. Квантовая телепортация.
29. Квантовые алгоритмы вычислений и их эффективность.
30. Квантовая криптография.
31. Реализация унитарных операторов.
32. Квантовый компьютер, основанный на ионах в ловушке.
33. Квантовый компьютер, основанный на полупроводниковых квантовых точках.
34. Квантовый компьютер, основанный на оптических фотонах.
35. Квантовый компьютер, основанный на сверхпроводящих токах.
36. Квантовая электродинамика в оптических резонаторах.

7.1. Основная литература:

1. Хренников, А.Ю. Введение в квантовую теорию информации. [Электронный ресурс] : учеб. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2008. - 284 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2176>
2. Паршаков, А.Н. Введение в квантовую физику. [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2010. ? 352 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/297>
3. Давыдов А.С. Квантовая механика: учебное пособие. - СПб: БХВ Петербург, 2011. - 704 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=351130>

7.2. Дополнительная литература:

1. Лозовский, В.Н. Курс физики. В 2-х тт. Т.2. [Электронный ресурс] : учеб. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2009. - 608 с. - Режим доступа: <http://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 (2013) <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 (2009). <http://kpfu.ru/portal/docs/F648190067/Zeno.paradox.pdf>

7.3. Интернет-ресурсы:

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>
Википедия - <http://ru.wikipedia.org>

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

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

Электронная библиотека издательства "Лань" -
https://e.lanbook.com/books/919#fizika_obsie_kursy_918_header

Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM - <http://znanium.com/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Физика. Дополнительные главы" 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 09.03.03 "Прикладная информатика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Мутыгуллина А.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Таюрский Д.А. _____

"__" _____ 201__ г.