

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



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Теория спинов БЗ.ДВ.10

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Хуснутдинов Н.Р.

Рецензент(ы):

Балакин А.Б.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Сушков С. В.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No 6102114

Казань

2014

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) профессор, д.н. (доцент) Хуснутдинов Н.Р. Кафедра теории относительности и гравитации Отделение физики, Nail.Khusnutdinov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Релятивистская теория фермионов" являются изучение основных понятий, законов, и уравнений движения релятивистской квантовой механики. Предлагаемый курс, помимо основ слабoreлятивистского уравнения Шредингера и релятивистского уравнения Дирака и их решениях содержит сведения о группах Лоренца и Пуанкаре и их представлений. Студент должен знать группу симметрии Лоренца и Пуанкаре и их спинорные представления, спиноры, уравнение Дирака и его решения, уметь работать со биспинорами и матрицами Дирака.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.10 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Дисциплина входит в базовую часть общепрофессионального цикла Б.2. в раздел дисциплины по выбору ДВ2. Курс читается параллельно с курсом квантовой механики.

Требования к входным знаниям - знание теории линейных пространств, алгебры матриц, элементов теории непрерывных групп. Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: основной курс общей физики, основы математического анализа, линейной алгебры и аналитической геометрии.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки)

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Теоретические основы, основные понятия, законы и модели релятивистской квантовой механики; иметь представление о современном состоянии этого раздела теоретической физики, теоретические основы теории спиноров

2. должен уметь:

Пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями релятивистской квантовой механики; записывать уравнения движения для волновой функции различных релятивистских систем и находить их решения, использовать знание теоретических основ теории спиноров при анализе различных вопросов теоретической и математической физики, использовать теоретические понятия и практические методы при решении задач, возникающих в различных физических курсах

3. должен владеть:

Навыками решения квантовомеханических задач для простых релятивистских систем, основными понятиями из теории представлений ортогональных и линейных групп, спинорными представлениями ортогональных групп, уравнением Дирака, спинорами на римановых многообразиях, теорией явления тонкой структуры атома водорода

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен 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. Основы специальной теории						

ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.

6

1-2

2

8

0

устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Основные принципы нерелятивистской квантовой механики.	6	3-4	4	8	0	устный опрос
3.	Тема 3. Релятивистские поправки к уравнению Шредингера.	6	5-7	4	8	0	устный опрос
4.	Тема 4. Релятивистская квантовая механика.	6	8-11	8	11	0	устный опрос
5.	Тема 5. Решения уравнения Дирака.	6	12-13	4	7	0	устный опрос
6.	Тема 6. Теория дырок.	6	14-15	4	0	0	устный опрос
7.	Тема 7. Группы Лоренца и Пуанкаре.	6	16-18	10	10	0	устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	экзамен
	Итого			36	52	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Основы специальной теории относительности.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Преобразования Галилея и Лоренца. Релятивистская инвариантность уравнений электродинамики. 4-вектор напряженности электромагнитного поля, тензор электромагнитного поля. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Релятивистская механика частиц.

практическое занятие (8 часа(ов)):

Задачи по кинематике и динамике специальной теории относительности. Преобразования Галилея и Лоренца. Релятивистская инвариантность уравнений электродинамики. 4-вектор напряженности электромагнитного поля, тензор электромагнитного поля. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Релятивистская механика частиц

Тема 2. Основные принципы нерелятивистской квантовой механики.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Основные принципы нерелятивистской квантовой механики. Волны Де Бройля, волновая функция, ее физический смысл, вероятностная основа квантовой механики. Принцип суперпозиции состояний. Нерелятивистское уравнение Шредингера, стационарные состояния. Операторы механических величин.

практическое занятие (8 часа(ов)):

Решение нерелятивистского уравнения Шредингера. Построение стационарных состояний. Вычисление наблюдаемых значений различных операторных величин.

Тема 3. Релятивистские поправки к уравнению Шредингера.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Релятивистские поправки к уравнению Шредингера. Собственный механический и магнитный моменты электрона (спин). Оператор спина электрона, спиновые функции, майорановский спинор. Уравнение Паули. Плотность тока, уравнение непрерывности. Расщепление спектральных линий в магнитном поле. Полный момент, его свойства. Мультиплетная структура спектров. Системы одинаковых микрочастиц. Частицы Бозе и частицы Ферми. Принцип Паули. Спиновые состояния в молекулах.

практическое занятие (8 часа(ов)):

Решение релятивистского уравнения Шредингера. Построение релятивистских поправок. Решение уравнения Паули.

Тема 4. Релятивистская квантовая механика.

лекционное занятие (8 часа(ов)):

Релятивистская квантовая механика. Формулировка релятивистской квантовой теории. Уравнение Дирака. Биспинор. Нерелятивистский предел. Лоренцева инвариантность уравнений Дирака. Уравнения в форме уравнения Шредингера и в ковариантной форме. Ковариантные билинейные формы. Алгебра матриц Дирака.

практическое занятие (11 часа(ов)):

Решение типовых задач из алгебры спиноров. Решение уравнения Дирака. Построение нерелятивистского предела. Анализ лоренцева инвариантность уравнений Дирака. Запись уравнения в форме уравнения Шредингера и в ковариантной форме. Задачи из алгебры матриц Дирака.

Тема 5. Решения уравнения Дирака.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Решения уравнения Дирака для свободной частицы. Плоские волны. Проекционные операторы для энергии и спина. Физический смысл решений в виде плоских волн и волновых пакетов. Атом водорода. Полный набор операторов. Структура спектра.

практическое занятие (7 часа(ов)):

Плоские волны. Проекционные операторы для энергии и спина. Физический смысл решений в виде плоских волн и волновых пакетов. Атом водорода. Полный набор операторов. Структура спектра.

Тема 6. Теория дырок.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Теория дырок. Проблема решений с отрицательной энергией. Зарядовое сопряжение, поляризация вакуума, обращение времени и другие симметрии.

Тема 7. Группы Лоренца и Пуанкаре.

лекционное занятие (10 часа(ов)):

Группа Лоренца и Пуанкаре. Алгебра Ли группы Лоренца. Представления группы Лоренца, спинорное представление группы Лоренца. Двухкомпонентные спиноры, спиноры Дирака, Вейля и Майораны. Операторы Казимира и вектор Паули-Любанского. Массивные и безмассовые неприводимые представления. Функциональное представление.

практическое занятие (10 часа(ов)):

Типовые задачи алгебры Ли. задачи на представления группы Лоренца, спинорное представление группы Лоренца. Двухкомпонентные спиноры, спиноры Дирака, Вейля и Майораны. Операторы Казимира и вектор Паули-Любанского. Массивные и безмассовые неприводимые представления. Функциональное представление.

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
1	Тема 1. Основы специальной теории					

ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.

6

1-2

подготовка к

устному опросу

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Основные принципы нерелятивистской квантовой механики.	6	3-4	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
3.	Тема 3. Релятивистские поправки к уравнению Шредингера.	6	5-7	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
4.	Тема 4. Релятивистская квантовая механика.	6	8-11	подготовка к устному опросу	10	устный опрос
5.	Тема 5. Решения уравнения Дирака.	6	12-13	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
6.	Тема 6. Теория дырок.	6	14-15	подготовка к устному опросу	10	устный опрос
7.	Тема 7. Группы Лоренца и Пуанкаре.	6	16-18	подготовка к устному опросу	10	устный опрос
	Итого				56	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Курс лекций и практических занятий, организованных по стандартной технологии в интерактивной форме с живым диалогом между преподавателем и студентом. Использование мультимедийных средств и Интернета.

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

Тема 1. Основы специальной теории относительности.

устный опрос , примерные вопросы:

Преобразования Галилея и Лоренца. Релятивистская инвариантность уравнений электродинамики. 4-вектор напряженности электромагнитного поля, тензор электромагнитного поля. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Релятивистская механика частиц.

Тема 2. Основные принципы нерелятивистской квантовой механики.

устный опрос , примерные вопросы:

Основные принципы нерелятивистской квантовой механики. Волны Де Бройля, волновая функция, ее физический смысл, вероятностная основа квантовой механики. Принцип суперпозиции состояний. Нерелятивистское уравнение Шредингера, стационарные состояний. Операторы механических величин.

Тема 3. Релятивистские поправки к уравнению Шредингера.

устный опрос , примерные вопросы:

Релятивистские поправки к уравнению Шредингера. Собственный механический и магнитный моменты электрона (спин). Оператор спина электрона, спиновые функции, майорановский спинор. Уравнение Паули. Плотность тока, уравнение непрерывности. Расщепление спектральных линий в магнитном поле. Полный момент, его свойства. Мультиплетная структура спектров. Системы одинаковых микрочастиц. Частицы Бозе и частицы Ферми. Принцип Паули. Спиновые состояния в молекулах.

Тема 4. Релятивистская квантовая механика.

устный опрос , примерные вопросы:

Релятивистская квантовая механика. Формулировка релятивистской квантовой теории. Уравнение Дирака. Биспинор. Нерелятивистский предел. Лоренцева инвариантность уравнений Дирака. Уравнения в форме уравнения Шредингера и в ковариантной форме. Ковариантные билинейные формы. Алгебра матриц Дирака.

Тема 5. Решения уравнения Дирака.

устный опрос , примерные вопросы:

Решения уравнения Дирака для свободной частицы. Плоские волны. Проекционные операторы для энергии и спина. Физический смысл решений в виде плоских волн и волновых пакетов. Атом водорода. Полный набор операторов. Структура спектра.

Тема 6. Теория дырок.

устный опрос , примерные вопросы:

Теория дырок. Проблема решений с отрицательной энергией. Зарядовое сопряжение, поляризация вакуума, обращение времени и другие симметрии.

Тема 7. Группы Лоренца и Пуанкаре.

устный опрос , примерные вопросы:

Группа Лоренца и Пуанкаре. Алгебра Ли группы Лоренца. Представления группы Лоренца, спинорное представление группы Лоренца. Двухкомпонентные спиноры, спиноры Дирака, Вейля и Майораны. Операторы Казимира и вектор Паули-Любанского. Массивные и безмассовые неприводимые представления. Функциональное представление.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

На зачет выносятся следующие вопросы:

1. Преобразования Лоренца
2. Нерелятивистская квантовая механика
3. Уравнение Паули
4. Уравнение Дирака
5. Биспиноры и алгебра матриц Дирака
6. Решения уравнения Дирака для свободной частицы
7. Решения уравнения Дирака для атома водорода
8. Группа Лоренца и Пуанкаре
9. Операторы Казимира и Паули-Любанского
10. Представления Групп Лоренца и Пуанкаре

7.1. Основная литература:

1. Наймарк М.А. Теория представлений групп. 2-е изд. - М.: Физматлит, 2010. - 576 с.
2. Хамермеш М. Теория групп и ее применение к физическим проблемам (перевод с английского Данилова Ю. А.). Издание 3-е. - М.: Либроком, 2010.
3. Каргаполов М.И., Мерзляков Ю.И. Основы теории групп (5-е изд., стер.). - С.-Пб.-М.-Краснодар: Изд-во "Лань", 2009.- 288 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=177 (издательство "Лань")

7.2. Дополнительная литература:

1. Алгебры Ли и ассоциативные алгебры : учебное пособие / Н. А. Корешков, С. М. Скрябин ; Казан. гос. ун-т .? Казань : Казан. гос. ун-т, 2007 .? 24 с. ; 20 .? Библиогр.: с. 24 (6 назв.).
2. Теория симметрии (краткие конспекты лекций и задачи) : учебное пособие для магистрантов физ.факультета. Ч. 2 / Л. К. Аминов .? Казань, 2000 .? 82 с. : ил. ? В надзаг.: Физ. фак. Казан. гос. ун-та .? Библиогр.: с.79 .? 4.00.

7.3. Интернет-ресурсы:

Архив статей по физике - <http://arxiv.org>

Кочелаев Б.И. Квантовая теория (Конспект лекций, часть 1). - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=8205

Кочелаев Б.И. Квантовая теория (Конспект лекций, часть 2). - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=8205

П.К. Рашевский, теория спиноров -

http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=rm&paperid=7977&option_lang=rus

Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ - <http://lib.mexmat.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Теория спиноров" 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.

Учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.62 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Хуснутдинов Н.Р. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Балакин А.Б. _____

"__" _____ 201__ г.