

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Релятивистская теория фермионов (спиноров) БЗ.ДВ.3

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 6141017

Казань

2017

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.3 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Дисциплина входит в базовую часть профессионального цикла Б.3. в раздел дисциплины по выбору ДВ3.

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)
ок-16	способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности навыки работы с информацией из различных источников
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки)
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 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 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	
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	1	3	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Основные принципы нерелятивистской квантовой механики.	6	3-4	2	4	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Релятивистские поправки к уравнению Шредингера.	6	5-7	2	4	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Релятивистская квантовая механика.	6	8-11	4	6	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Решения уравнения Дирака.	6	12-13	2	3	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Теория дырок.	6	14-15	2	0	0	Устный опрос
7.	Тема 7. Группы Пуанкаре	6	16-18	5	5	0	Устный опрос
4.2 Содержание дисциплины							
	Тема 8. Основы специальной теории относительности, форма контроля лекционное занятие (1 часа(ов)):			0	0	0	Экзамен
<p>Преобразования Галилея и Лоренца. Релятивистская инвариантность уравнений электродинамики. 4-вектор напряженности электромагнитного поля, тензор электромагнитного поля. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Релятивистская механика частиц.</p> <p>практическое занятие (3 часа(ов)):</p> <p>Преобразования Галилея и Лоренца. Релятивистская инвариантность уравнений электродинамики. 4-вектор напряженности электромагнитного поля, тензор электромагнитного поля. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Релятивистская механика частиц</p> <p>Тема 2. Основные принципы нерелятивистской квантовой механики.</p> <p>лекционное занятие (2 часа(ов)):</p> <p>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.</p> <p>практическое занятие (4 часа(ов)):</p> <p>Волны Де Бройля, волновая функция, ее физический смысл, вероятностная основа квантовой механики. Принцип суперпозиции состояний. Нерелятивистское уравнение Шредингера, стационарные состояния. Операторы механических величин.</p> <p>Тема 3. Релятивистские поправки к уравнению Шредингера.</p>							

лекционное занятие (2 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 (4 часа(ов)):

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.

лекционное занятие (4 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 (6 часа(ов)):

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.

лекционное занятие (2 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 (3 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 (2 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 (5 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 (5 часа(ов)):

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.

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	4	устный опрос
2.	Тема 2. Основные принципы нерелятивистской квантовой механики.	6	3-4	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
3.	Тема 3. Релятивистские поправки к уравнению Шредингера.	6	5-7	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
4.	Тема 4. Релятивистская квантовая механика.	6	8-11	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
5.	Тема 5. Решения уравнения Дирака.	6	12-13	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
6.	Тема 6. Теория дырок.	6	14-15	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
7.	Тема 7. Группы Лоренца и Пуанкаре.	6	16-18	подготовка к устному опросу	5	устный опрос
	Итого				29	

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. (компетенции ОК-1,ОК-3,ПК-1,ПК-2,ПК-4,ПК-5,ПК-6)

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. (компетенции ОК-1,ОК-3,ПК-1,ПК-2,ПК-4,ПК-5,ПК-6)

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. (раздел формирует компетенции ОК-1, ОК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-6)

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. (раздел формирует компетенции ОК-1, ОК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-6)

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. (раздел формирует компетенции ОК-1, ОК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-6)

Тема 6. Теория дырок.

устный опрос , примерные вопросы:

Теория дырок. Проблема решений с отрицательной энергией. Зарядовое сопряжение, поляризация вакуума, обращение времени и другие симметрии. (раздел формирует компетенции ОК-1, ОК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-6)

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. (раздел формирует компетенции ОК-1, ОК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-6)

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

На экзамен 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. Вергелес С.Н. Лекции по квантовой электродинамике. Физматлит, 2008. 248с.
2. Давыдов А.С. Квантовая механика. БХВ-Петербург, 2011. 704с.

3. Дайсон Ф. Релятивистская квантовая механика. НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2009.248с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. ? М.: Физматлит, 2012. 536с. ("Теоретическая физика", том II)
5. Наймарк М.А. Теория представлений групп. 2-е изд. - М.: Физматлит, 2010. - 576 с. 9 экз.
6. Хамермеш М. Теория групп и ее применение к физическим проблемам (перевод с английского Данилова Ю. А.). Издание 3-е. - М.: Либроком, 2010. 49 экз.
7. 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. Лукаш В.Н., Михеева Е.В., Физическая космология. - М.: Физматлит, 2012. - 404 с.
<http://e.lanbook.com/view/book/5279/> (издательство "Лань")
http://rffi.molnet.ru/rffi/ru/books/o_26680(сайт РФФИ)
2. Молев А.И. Янгианы и классические алгебры Ли. - М.: Изд-во МЦНМО, 2009. 1 экз.
- 3 Алгебры Ли и ассоциативные алгебры : учебное пособие / Н. А. Корешков, С. М. Скрыбин ; Казан. гос. ун-т .? Казань : Казан. гос. ун-т, 2007 .? 24 с. ; 20 .? Библиогр.: с. 24 (6 назв.). 25 экз.
- 4 Янгианы и классические алгебры Ли / А. И. Молев .? Москва : Изд-во МЦНМО, 2009 .? 534 с. : ил. ; 22 .? Библиогр.: с. 504-531 (501 назв.) .? Предм. указ.: с. 532-534 .? ISBN 978-5-94057-498-9 (в пер.) , 400. 1 экз.

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/>
- Электронно-библиотечная система znanium.com - <http://znanium.com/catalog.php>
- Электронно-библиотечная система Издательства Лань - <http://e.lanbook.com/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Релятивистская теория фермионов (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.

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.

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.