

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.27 ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Направление подготовки (специальность) 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Профиль подготовки (специализация)

Форма обучения очная

Год набора 2024

Красноярск 2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили
доцент, к.ф.-м.н. Тегай С.Ф.

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины:

Формирование цельной физической картины мира на базе современных представлений об элементарных частицах, полях и фундаментальных взаимодействиях.

1.2 Задачи изучения дисциплины:

Дать базовые представления о современном состоянии физики элементарных частиц и основных подходах ее теоретического описания как в рамках стандартной модели, так и вне этих рамок. Познакомить с диаграммной техникой вычислений для основных типов процессов в физике частиц.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы высшего образования:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ОПК-4 Способен применять основные концепции современного естествознания в междисциплинарных исследованиях;	
ОПК-4.1 Демонстрирует знания естественнонаучных дисциплин	иметь базовые представления о современном состоянии физики элементарных частиц
ПК-1 Способен применять знания в области фундаментальной и прикладной физики в научно-исследовательских и прикладных работах	
ПК-1.1 Планирует, организовывает и проводит научные и прикладные исследования, используя знания в области фундаментальной и прикладной физики	знать диаграммную технику вычислений для основных типов процессов в физике частиц
ПК-1.2 Анализирует отечественные и зарубежные достижения в области фундаментальной и прикладной физики для осуществления выбора форм и методов научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем научного исследования	уметь анализировать достижения в области физики элементарных частиц

Дисциплина реализуется без применения ЭО и ДОТ

2 Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		10
Общая трудоемкость дисциплины	2 (72)	2 (72)
Контактная работа с преподавателем:	1 (36)	1 (36)
занятия лекционного типа	1 (36)	1 (36)
Самостоятельная работа обучающихся	1 (36)	1 (36)
Вид промежуточной аттестации (Зачет)		Зачёт

3 Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Вид работ	Темы занятия	Объем часов	Семестр /курс	Часы в эл. формате
Раздел 1. Обзорный раздел					
1.	Лек	Введение. Обзор физики фундаментальных взаимодействий и элементарных частиц	2	10	
Раздел 2. Теория Дирака					
1.	Лек	Релятивистская кинематика	2	10	
2.	Лек	Уравнение Дирака	2	10	
3.	Лек	Симметрии теории Дирака	2	10	
4.	Лек	Атом водорода в теории Дирака	2	10	
Раздел 3. Диаграммы Фейнмана					
1.	Лек	Золотое правило Ферми	2	10	
2.	Лек	Правила Фейнмана в квантовой электродинамике	4	10	
3.	Лек	Перенормировки в квантовой теории поля	2	10	
4.	Лек	Электродинамика кварков и адронов	2	10	
5.	Лек	Правила Фейнмана для слабых взаимодействий	2	10	
6.	Лек	Правила Фейнмана для сильных взаимодействий	2	10	
Раздел 4. Калибровочные теории поля					
1.	Лек	Теорема Нётер и калибровочная инвариантность	2	10	
2.	Лек	Неабелевы калибровочные теории	2	10	
3.	Лек	Лагранжиан стандартной модели	2	10	
4.	Лек	Механизм Хиггса	2	10	
5.	Лек	Вывод правил Фейнмана методом функционального интегрирования	2	10	
6.	Лек	Физика частиц за пределами стандартной модели	2	10	
7.	Ср	Самостоятельная работа	36	10	
Раздел 5. Зачет					
1.	Ср	Зачет		10	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика: Т. 2. Физика элементарных частиц: в 2-х т. : учебник для физических специальностей вузов : допущен Министерством высшего и среднего специального образования СССР. - Москва: Энергоатомиздат, 1983. - 376 с..
2. Хелзен Ф., Мартин А. Д., Амадуни А. Ц. Кварки и лептоны: введение в физику частиц. - Москва: Мир, 1987. - 455 с..
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика [Электронный ресурс]: В 10 т.. - Москва: Физматлит, 2001. - 736 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2232 .
4. Ломоносова Т. А., Никитин Ю. П. Сборник задач по квантовой электродинамике [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2010. - 208 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75970 .
5. Кейн Г. Современная физика элементарных частиц: пер. с англ.. - Москва: Мир, 1990. - 358 с..
6. Окунь Л. Б. Лептоны и кварки: . - Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. - 346 с..
7. Райдер Л. Х., Мир-Касимов Р. А. Квантовая теория поля: пер. с англ.. - Москва: Мир, 1987. - 511 с..
8. Ахиезер А. И., Берестецкий В. Б. Квантовая электродинамика: монография. - Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1981. - 432 с..
9. Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В. Введение в теорию квантовых полей: монография. - Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1976. - 480 с..
10. Тюрин Ю. И., Чернов И. П., Крючков Ю. Ю. Физика. Ядерная физика. Физика элементарных частиц. Астрофизика [Электронный ресурс]: учебник. - Томск: ТПУ, 2009. - 252 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=10284 .
11. Тегай С. Ф. Физика фундаментальных взаимодействий [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы [для студентов напр. подг. 011200.68 «Физика»]. - Красноярск: СФУ, 2013. - – Режим доступа: <http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/b22/i-812326.pdf> .

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Adobe Acrobat Reader DC . Программное обеспечение для просмотра и печати файлов PDF.
2. Microsoft Office Professional Plus 2007 Russian Academic. Офисный пакет Microsoft Office.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Поисковая машина электронных книг <http://www.poiskknig.ru>
2. Файловый архив для студентов <http://www.studfiles.ru>
3. Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru>
4. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>
5. Успехи физических наук Журнал Физического института им. П.Н.Лебедева Российской академии наук (ФИАН) <http://fian.ru>

5 Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля), хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины (модуля).

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория для проведения лекционных, семинарских и практических занятий: Специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

помещение для самостоятельной работы обучающихся: специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, АРМ обучающихся, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

По дисциплине (модулю)/ практике Б1.О.27 Физика элементарных частиц

Направление подготовки/специальность 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Образовательная программа 03.05.02.30 Фундаментальная и прикладная физика

Красноярск 2024

1. Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения, соотнесенных с результатами обучения по дисциплине (модулю), практики и оценочными средствами

Семестр ¹	Код и содержание индикатора компетенции	Результаты обучения ²	Оценочные средства ³
ОПК-4 Способен применять основные концепции современного естествознания в междисциплинарных исследованиях			
10	ОПК-4.1 Демонстрирует знания естественнонаучных дисциплин	иметь базовые представления о современном состоянии физики элементарных частиц	Решение задач; Контрольные вопросы к зачету
ПК-1: Способен применять знания в области фундаментальной и прикладной физики в научно-исследовательских и прикладных работах			
10	ПК-1.1: Планирует, организывает и проводит научные и прикладные исследования, используя знания в области фундаментальной и прикладной физики	знать диаграммную технику вычислений для основных типов процессов в физике частиц	Решение задач; Контрольные вопросы к зачету
10	ПК-1.2: Анализирует отечественные и зарубежные достижения в области фундаментальной и прикладной физики для осуществления выбора форм и методов научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем научного исследования	уметь анализировать достижения в области физики элементарных частиц	Решение задач; Контрольные вопросы к зачету

¹ Семестры указываются по порядку, для каждого индикатора

² Указываются результаты обучения по дисциплине (модулю), практике, соотнесенные с индикатором достижения компетенции.

³ Указываются оценочные средства для каждого индикатора.

2. Типовые оценочные средства или иные материалы, с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру проведения и оценивания достижения результатов обучения

Задачи для самостоятельного решения:

1. Найти 4-скорость, 4-импульс и энергию частицы, движущейся с заданной трехмерной скоростью. Рассмотреть предельный случай малых скоростей.
2. Два одинаковых куска глины сталкиваются лоб в лоб на скорости в три пятых скорости света и склеиваются. Какова масса получившегося куска глины?
3. Вычислить антикоммутирующие матрицы Дирака.
4. Вывести уравнение Дирака из лагранжиана теории Дирака.
5. Записать нормированные спиноры, представляющие электрон импульса \mathbf{p} и спиральности ± 1 .
6. Записать гамильтониан свободного электрона в теории Дирака и найти его коммутаторы с операторами спина и момента импульса.
7. Найти решения уравнения Дирака для частиц с определенной проекцией спина на направление движения. Найти зарядовые сопряжения этих решений.
8. Определить как преобразуется плотность тока в теории Дирака при поворотах, отражениях и переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую.
9. Показать, что спинор покоящегося электрона является собственным состоянием оператора четности.
10. Показать, что условие замкнутости тензора Фарадея эквивалентно паре уравнений Максвелла.
11. Вывести закон сохранения электрического тока из уравнений Максвелла в четырехмерной форме.
12. Найти релятивистскую поправку к уровням атома водорода.
13. Вывести формулу Резерфорда для сечения рассеяния электрона на массивной заряженной частице.
14. Вывести сечение аннигиляции электрон-позитронной пары.
15. Определить амплитуду комптоновского рассеяния.
16. Определить сечение электрон-электронного рассеяния.
17. Найти сечение рассеяния электрона на позитроне.
18. Найти зависимость постоянной тонкой структуры от передаваемого импульса.
19. Получить приближенное выражение для аномального магнитного момента электрона.
20. Найти амплитуду рождения пары кварк-антикварк при аннигиляции электрона и позитрона.
21. Найти коммутатор двух первых матриц Гелл-Манна.
22. Найти количество нетривиальных структурных констант группы $SU(3)$.

23. Найти цветовой множитель синглетного состояния в амплитуде взаимодействия кварка и антикварка.
24. Определить время жизни мюона.
25. Найти сечение упругого рассеяния мюонных нейтрино и антинейтрино на электроны.
26. Найти скорость распада Z^0 -бозона на фермион и антифермион, предполагая, что масса фермиона много меньше массы бозона.
27. Вывести уравнение Клейна – Гордона из лагранжиана скалярного поля.
28. Постройте локально калибровочный лагранжиан комплексного скалярного поля. Определите соответствующую плотность тока и убедитесь, что она удовлетворяет уравнению непрерывности.
29. Найти амплитуду распада бозона Хиггса на фермион и антифермион.

Методические рекомендации по решению задач

Решение задач является одним из видов оценочных средств для систематической проверки знаний по дисциплине. Этот вид проверочных заданий позволяет получать первичную информацию о ходе и качестве усвоения учебного материала, а также стимулировать регулярную целенаправленную работу студентов. Комплект задач (по разным темам) преподаватель формирует индивидуально для каждого студента. Сдача задач осуществляется во время лекционных занятий или в часы консультаций.

Критерии оценивания решения задач

Итоги этого вида текущего контроля усвоения материала «уровневой оценке» не подлежат. Оценка – зачет/незачет.

Шкала оценивания	
незачет	зачет
При решении задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. Уровень знаний ниже минимальных требований.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме (допускаются некоторые недочеты). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Преобразования Лоренца.
2. Энергия и импульс частицы.
3. Спиноры.
4. Лагранжиан теории Дирака.
5. Уравнение Дирака.
6. Решения уравнения Дирака для свободных частиц.
7. Частицы и античастицы.
8. Сохранение чётности.
9. Релятивистские поправки в спектр атома водорода.
10. Сечение рассеяния.

11. Золотое правило Ферми.
12. Правила Фейнмана для квантовой электродинамики.
13. Рассеяние Мотта.
14. Рассеяние Мёллера.
15. Рассеяние Баба.
16. Аннигиляция электрон-позитронной пары.
17. Комптоновское рассеяние.
18. Аномальный магнитный момент электрона.
19. Перенормировка заряда электрона.
20. Формфактор.
21. Матрицы Гелл-Манна.
22. Правила Фейнмана для хромодинамики.
23. Асимптотическая свобода.
24. Правила Фейнмана для слабого взаимодействия.
25. Распад мюона.
26. Распад нейтрона.
27. Угол Кабиббо.
28. Угол Вайнберга.
29. Упругое рассеяние нейтрино на электронах.
30. Объединение электромагнитного и слабого взаимодействий.
31. Калибровочные поля.
32. Теория Янга — Миллса.
33. Лагранжиан стандартной модели.
34. Электронный пропагатор.
35. Фотонный пропагатор.
36. Двухточечные корреляционные функции.
37. Теорема Вика.
38. Механизм Хиггса.
39. Применение методов физики элементарных частиц в области научной деятельности студента.

Методические рекомендации по проведению зачета

Зачет является заключительным этапом изучения учебной дисциплины и имеет целью проверить теоретические знания обучающихся. Форма проведения зачета - устный опрос по билетам. В билет включаются два теоретических вопроса из разных разделов программы.

Критерии оценивания знаний студентов на зачете

Итоги этого вида промежуточного контроля усвоения материала «уровневой оценке» не подлежат. Оценка – зачет/незачет.

Шкала оценивания	
незачет	зачет
Студент обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине. Уровень знаний ниже минимальных требований.	Студент демонстрирует систематический характер знаний по дисциплине. При изложении материала допущено несколько несущественных погрешностей. Студент испытывает незначительные трудности в ответах на дополнительные вопросы.

Разработчик



С.Ф. Тегай