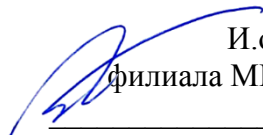


Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЛИАЛ МГУ В Г. ДУБНЕ

УТВЕРЖДАЮ


И.о. директора
филиала МГУ в г.Дубне
/ Э.Э. Боос /
«01» сентября 2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Стандартная модель и ее экспериментальная проверка

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Физика элементарных частиц

Форма обучения:

Очная

Дубна 2024

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению 03.04.02 «Физика», утвержденным приказом МГУ от 30.12.2020 г. № 1366.

Год (годы) приема на обучение _____

Авторы–составители:

1. Доктор физ.-мат. наук, профессор академик РАН В.А. Матвеев, заведующий кафедрой физического факультета МГУ

Руководитель магистерской программы:

Доктор физ.-мат. наук, профессор академик РАН В.А. Матвеев, заведующий кафедрой физического факультета МГУ

Аннотация к рабочей программе дисциплины

В курсе излагаются базовые сведения о современной теории поля, являющейся основным математическим инструментом для описания известных элементарных частиц, а также составляющих их кварков и глюонов. В нем рассматриваются фундаментальные вопросы определения энергии, импульса и спина частиц, законов сохранения, в том числе в искривленном пространстве-времени. Вводятся понятия физического вакуума, энергии вакуума, принципа причинности. Настоящий курс включает также примеры расчета эффектов взаимодействия полей и частиц, в том числе с помощью приближенных методов расчёта для существенно нелинейных систем.

Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3 семестре и является обязательной для освоения обучающимися.

Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 36 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часа, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) – экзамен в 3 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Стандартная модель и её экспериментальная проверка» входит в блок «Профессиональный» вариативной части и является обязательной для освоения обучающимися

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Базовые знания в области общей и теоретической физики в объеме классических университетских курсов

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Компетенции	Результаты обучения
ПК-1	<p><u>Знать</u> разделы ядерной физики, необходимыми для решения поставленной научной задачи</p> <p><u>Уметь</u> применять экспериментальные и теоретические знания при решении поставленной научной задачи</p> <p><u>Владеть</u> экспериментальными и теоретическими методами исследования при решении научных задач в области современной ядерной физики</p>
МПК-1	<p><u>Знать</u> постулаты квантовой теории поля, ее основные методы для описания физических взаимодействий элементарных частиц.</p> <p><u>Уметь</u> проводить квантование, рассчитывать характеристики конкретных процессов.</p> <p><u>Владеть</u> математическими основами квантовой теории поля.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: 36 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Контактная работа включает в себя: занятия лекционного типа и занятия семинарского типа.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (ак.ч.)	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Форма текущего контроля успеваемости, наименование
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, академические часы¹</i>						
		Занятия лекционного типа (лекции)	Занятия семинарского типа			Всего		
Семинары	Лабораторные занятия*		Практические занятия*					
Аппарат теории поля, как основной метод описания физических взаимодействий элементарных частиц	11	3	3			6	5	Опрос, проверка домашнего задания
Математические основы теории поля, включая методы дифференциальной геометрии.	11	3	3			6	5	Опрос, проверка домашнего задания
Полевая природа частиц, симметрии, уравнения движения и законы сохранения на примере теории	11	3	3			6	5	Опрос, проверка домашнего задания

¹Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.

скалярного и электромагнитного полей								
Особенности физики элементарных частиц на разных стадиях эволюции вселенной	11	3	3			6	5	Опрос, проверка домашнего задания
Аппарат вычисления эффектов взаимодействия частиц и полей, в том числе в искривленном пространстве-времени	11	3	3			6	5	Опрос, проверка домашнего задания
Примеры расчета наблюдаемых эффектов и сравнение предсказаний модели с экспериментом для различных масштабов энергии.	11	3	3			6	5	Опрос, проверка домашнего задания
Промежуточная аттестация							6²	Экзамен
Итого	72	36					36	

*Лабораторные занятия, практические занятия относятся к практической подготовке обучающихся.

²Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося

Тема 1. Аппарат теории поля, как основной метод описания физических взаимодействий элементарных частиц.

Стандартная модель физики элементарных частиц, физика гравитационного поля: общие и различающиеся черты. Краткая история развития теории и экспериментальных наблюдений, современные открытые вопросы.

Тема 2. Математические основы теории поля, включая методы дифференциальной геометрии.

Основы дифференциальной геометрии. Гладкие многообразия. Расслоения. Векторные и тензорные поля. Преобразования координат. Линейная связность, калибровочные поля, ковариантная производная. Лоренцевы многообразия. Тензор кривизны и его связь с тензором поля. Дополнительные геометрические структурны и поля. Спинорная структура, фермионные поля на гладких многообразиях. Струны и мембраны, поля форм. Топологические дефекты, космические струны, доменные стенки.

Тема 3. Полевая природа частиц, симметрии, уравнения движения и законы сохранения на примере теории скалярного и электромагнитного полей.

Основы теории поля на лоренцевых многообразиях. Кинематика частиц. Динамика полей материи. Тензор энергии-импульса. Изометрии, производная Ли, векторы Киллинга, Алгебра Ли векторных полей. Законы сохранения.

Тема 4. Особенности физики элементарных частиц на разных стадиях эволюции вселенной

Энергия-импульс полей и частиц Стандартной модели как источник гравитационного поля. Динамика гравитационного поля. Действие Эйнштейна-Гильберта. Уравнения Эйнштейна и их связь с законом всемирного тяготения. Космологическая постоянная, модель космологической эволюции с тёмной энергией и тёмной материей. Пространство Анти-де Ситтера и голографическое описание нелинейных процессов в физике Стандартной модели. Пространство де Ситтера и космологическая инфляция. Рождение частиц Стандартной модели в процессе разогрева Вселенной после космологической инфляции.

Тема 5. Аппарат вычисления эффектов взаимодействия частиц и полей, в том числе в искривленном пространстве-времени.

Приближение слабого поля. Переносчики взаимодействий. Фотон и гравитон. Линеаризованная теория. Волновые решения. Эффекты для полей и частиц во внешнем гравитационном поле. Законы сохранения с учётом гравитационного поля. Псевдотензор энергии-импульса, энергия, переносимая гравитационным полем. Группа БМС и инфракрасный предел, теорема о мягком гравитоне. Тожества Уорда и Инфракрасный треугольник Жибоедова-Пастерского-Строминджера.

Тема 6. Примеры расчета наблюдаемых эффектов и сравнение предсказаний модели с экспериментом для различных масштабов энергии.

Вакуумное среднее поля Хиггса и масштаб тёмной энергии. Механизм качелей для объяснения масс нейтрино и масштаб космологической инфляции. Наблюдаемые и гипотетические эффекты в масштабе от эффективной наблюдаемой космологической постоянной до планковского масштаба энергии.

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Типовые вопросы для проведения текущей проверки успеваемости:

1. Число поколений лептонов в Стандартной модели
2. Число поколений кварков в Стандартной модели
3. Число цветовых зарядов в Стандартной модели
4. Число ароматов кварков в Стандартной модели
5. Почему в Стандартной модели W -бозоны не могут иметь собственную массу?
6. Как возникает масса у калибровочных бозонов при помощи механизма Хиггса?
7. За счет чего поле Хиггса при относительно невысоких энергиях находится в устойчивом состоянии вблизи своего вакуумного среднего?
8. Почему фотон в отличие от других калибровочных бозонов не приобретает массу за счет механизма Хиггса?

Типовые вопросы, задания для проведения промежуточной аттестации (экзамена):

1. Мотивация создания Стандартной модели. Понятие инвариантности в ньютоновской механике, специальной теории относительности, общей теории относительности.
2. Гладкие многообразия. Локальные координаты, карты, атласы. Параметрическое задание кривой. Вложение многообразия в евклидово пространство.
3. Векторное расслоение. Касательное расслоение. Векторные и тензорные поля на многообразии. Локальные и глобальные симметрии. Преобразования координат и полей. Преобразование тензоров произвольного ранга. Инварианты на многообразии.
4. Линейная связность. Аффинная связность. Калибровочные поля. Ковариантная производная. Тензор кривизны. Тензор калибровочного поля.
5. Спиноры. Фермионные поля. Лоренцевы многообразия.
6. Метрика как гравитационное поле. Нерелятивистский предел. Эффекты физики элементарных частиц во внешнем гравитационном поле.
7. Космологическая постоянная, темная энергия, темная материя.
8. Сохраняющиеся токи. Тензор энергии-импульса. Симметрии и законы сохранения.

6.2. Шкала и критерии оценивания

Результат освоения дисциплины	Критерии оценивания знаний, умений и навыков			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
Знания	Отсутствие знаний	В целом успешные, но не систематические знания	В целом успешное, но содержащие отдельные	Успешные и систематические знания

			пробелы знания	
Умения	Отсутствие умения применять знания фундаментальных и актуальных проблем.	В целом успешное, но не систематическое умение применять знания	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания	Успешное и систематическое умение применять знания
Навыки	Отсутствие/фрагментарные навыки в решении задач	В целом успешные, но не систематические навыки в решении задач	В целом успешные, но содержащее отдельные пробелы навыки в решении задач	Успешные и систематические навыки в решении задач

7. Ресурсное обеспечение

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. С.П. Новиков, И.А. Тайманов "Современные геометрические структуры и поля", Москва, МЦНМО, 2014.
2. Н.Н. Боголюбов, Ширков, "Квантовые поля", Москва, Наука, 1993.
3. Н. Биррелл, П. Девис "Квантованные поля в искривленном пространстве-времени", Москва, Мир, 1984.

Дополнительная литература

1. А.Д. Линде «Физика элементарных частиц и инфляционная космология», Москва, Наука, 1990

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. База данных РИНЦ (российский индекс научного цитирования) <http://www.elibrary.ru>

Описание материально-технической базы: курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски

8. Язык преподавания: русский