

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:

Дополнительные главы физики высоких энергий

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 Строковский Евгений Афанасьевич, профессор физического факультета МГУ по совместительству

Руководитель магистерской программы:

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

Аннотация к рабочей программе дисциплины

Задачей данного курса является формирование методологии в системе основных представлений о физике элементарных частиц и релятивистской ядерной физики; практика работы с базовыми понятиями физики элементарных частиц, квантовой теории поля, квантовой хромодинамики, теории электрослабого взаимодействия; обсуждение классических экспериментов по физике элементарных частиц; обсуждение связи космологии и физики элементарных частиц.

Дисциплина реализуется на 1 курсе во 2 семестре и входит в состав вариативной части.

Объем дисциплины составляет 3 з.е., в том числе 51 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 57 академических часа, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) – зачет во 2 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дополнительные главы физики высоких энергий» входит в состав вариативной части и реализуется на 1 курсе во 2 семестре.

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 |
|-------------|--|
| ОПК-1 | <p><u>Знать</u> основные законы, научные концепции и методы исследований в области современной ядерной физики</p> <p><u>Уметь</u> применять на практике результаты актуальных научных исследований в области современной ядерной физики</p> <p><u>Владеть</u> навыками применения современных научных принципов и методов исследования в области ядерной физики для решения профессиональных задач</p> |
| МПК-2 | <p><u>Знать</u> основные идеи методов, используемых для решения экспериментальных и теоретических задач в физике элементарных частиц и релятивистской ядерной физике, и основные проводящиеся эксперименты по физике элементарных частиц и релятивистской ядерной физике на международном уровне и внутри страны.</p> <p><u>Уметь</u> оценивать применимость различных методов и выбирать наилучший способ решения определенной задачи, а также находить актуальную и новую информацию по исследованиям в физике элементарных частиц и релятивистской ядерной физике.</p> <p><u>Владеть</u> способностью выделить недостатки и оценить неточность для определенного метода решения задач физики элементарных частиц и релятивистской ядерной физике; работать с книгами, публикациям, статьями и препринтами по физике высоких энергий и релятивистской ядерной физике и анализировать их.</p> |

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе: 51 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 57 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) Виды контактной работы, академические часы ¹ | | | | | | |
| | | Занятия лекционного типа (лекции) | Занятия семинарского типа | | | Всего | | |
| Семинары | Лабораторные занятия* | | Практические занятия* | | | | | |
| Исследования структуры адронов с помощью лептонных снарядов. Глубококонечное рассеяние лептонов. | 12 | 2 | 4 | | | 6 | 6 | Опрос, проверка домашнего задания |
| Электромагнитные формфакторы адронов и основные методы их экспериментального измерения. | 12 | 2 | 4 | | | 6 | 6 | Опрос, проверка домашнего задания |

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

| | | | | | | | | |
|---|------------|-----------|---|--|--|---|----------------------|-----------------------------------|
| Основные направления экспериментальных исследований по релятивистской ядерной физике. | 15 | 3 | 6 | | | 9 | 6 | Опрос, проверка домашнего задания |
| Калибровочная инвариантность. | 13 | 2 | 4 | | | 6 | 7 | Опрос, проверка домашнего задания |
| Лагранжиан КХД. Цветовой заряд. Открытие глюонов. | 13 | 2 | 4 | | | 6 | 7 | Опрос, проверка домашнего задания |
| Конфайнмент. | 13 | 2 | 4 | | | 6 | 7 | Опрос, проверка домашнего задания |
| Стандартная модель: основные понятия и представления. | 13 | 2 | 4 | | | 6 | 7 | Опрос, проверка домашнего задания |
| Основные современные эксперименты по изучению свойств нейтрино. | 13 | 2 | 4 | | | 6 | 7 | Опрос, проверка домашнего задания |
| Промежуточная аттестация | | | | | | | 4² | Зачет |
| Итого | 108 | 51 | | | | | 57 | |

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

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

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. Можно ли сосчитать (и что для этого достаточно измерить) число кварков в природе?
2. Что такое «поляризационный метод определения электромагнитных формфакторов нуклонов»?
3. Чем интересен спектр электронов от бета-распада вблизи максимально возможной энергии электрона-продукта распада?
4. Какие токи входят в «эффективный» гамильтониан слабого взаимодействия?
5. Какая частица не имеет электрического заряда и почти не взаимодействует с веществом?
6. Что такое «цветовой заряд» в квантовой хромодинамике?
7. Какой из бозонов имеет наибольшую массу?
8. Что такое «сечение взаимодействия» в физике частиц?

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

Билет 1.

1. Что такое «электрослабая теория» и что такое «угол Вайнберга»?
2. Что такое «прямая реконструкция амплитуд» и зачем она нужна?
3. Что такое «дисперсионные соотношения» (на примере самого известного)? Каков их физический смысл и значение для физики элементарных частиц?

Билет 2.

1. Что такое «локальная калибровочная инвариантность» и в чем заключается основная физическая идея, высказанная Янгом и Миллсом?
2. Что такое полюса Редже? Что такое полюс Померанчука (померон) и чем он замечателен? Что вы можете сказать о диаграмме Чу-Фраучи?
3. Что такое «поляризационный метод определения электромагнитных формфакторов», где, как и кем он был применен впервые?

Билет 3.

1. Что такое «теорема Померанчука» и какие экспериментальные данные ее подтверждают или опровергают?
2. Что такое «инклюзивные» и «эксклюзивные» типы экспериментов, чем они различаются? Дайте пример *наиболее* инклюзивного эксперимента (т.е. такого, «инклюзивнее» которого никакой другой не может быть).
3. Одинакова ли структура заряженных и нейтральных слабых токов?

Билет 4.

1. Что такое «бозон Хиггса» и откуда следует, что частица, называемая сегодня бозоном Хиггса, действительно является (скорее всего) таковой (не забывайте, что когда-то мюон приняли за пион!)?
2. Чем интересен спектр электронов от бета-распада вблизи максимально возможной энергии электрона?
3. Что такое «зарядовая симметрия» и «зарядовая независимость» ядерных сил и различаются ли они? Почему – еще до открытия пионов – следовало ожидать (если теория Юкавы верна) существования нейтрального пиона?

Билет 5.

1. Почему кварки обязаны быть «цветными», т.е. иметь некоторое дополнительное квантовое число, которым обычные адроны не обладают? Что послужило отправной точкой для гипотезы о «цвете»?
2. График Кюри: что это такое? Какая информация о слабом взаимодействии скрыта в этом графике?
3. Дайте определение «центральных столкновений» нуклона с нуклоном. Чем они могут быть интересны?

Билет 6.

1. Как создаются пучки фотонов промежуточных и высоких энергий? Дайте хотя бы один пример.
2. Что такое «переходы Ферми» и что такое «переходы Гамова-Теллера»? Какие части полного эффективного гамильтониана слабого взаимодействия отвечают за каждый из этих переходов?
3. Как вы определите понятия: область «низких энергий», область «промежуточных» энергий и область «высоких» энергий?

Билет 7.

1. Что такое лептон-кварковая аналогия?
2. Где находится место, называемое «Дайя-Бэй» и связано ли оно со слабыми взаимодействиями? Если связь есть, то в чём эта связь заключается?
3. Дайте пример реакции рассеяния, в которой наглядно виден эффект интерференции слабого и электромагнитного взаимодействий.

Билет 8.

1. Что такое «слабый изоспин»?
2. Сколько величин характеризуют поляризационное состояние пучка частиц (со спином S)?
3. Откуда следует, что в доступной для экспериментов (в настоящее время) области энергий столкновения частиц, включая область более-менее

надежного экстраполирования к недоступным ныне энергиям, не приходится ожидать 4-го семейства лептонов?

Билет 9.

1. Было бы возможным, по вашему мнению, построить теорию, объединяющую электромагнитное и слабое взаимодействия, если бы число поколений кварков и число поколений лептонов были бы разными, а у кварков было бы только 2 цвета, например?
2. Связано ли существование процессов, нарушающих CP-чётность, с числом поколений кварков? Если связано, то как?
3. Есть ли (и если есть – то какие именно) экспериментальные данные, позволяющие определить число поколений лептонов при доступных в настоящее время энергиях?

Билет 10.

1. Что такое «тензорная поляризация» для частиц со спином 1 и чем она отличается от «выстроенности» для частиц со спином 1? Какой пример из оптики можете вы привести для пояснения того, что означает «тензорная поляризация»?
2. Возможно ли было бы нарушение CP-инвариантности, если бы число поколений кварков было бы меньше 3-х?
3. Что такое «установка БАЙКАЛ»?

Билет 11.

1. Что является **ключевым элементом** в построении механизма Хиггса, **приводящим** к появлению масс у фермионов?
2. Есть ли **принципиальная** разница между углами, называемыми «угол Кабиббо» и «угол Вайнберга»?
3. Что такое дисперсионные соотношения (на примере самого известного)? Каков их физический смысл и значение для физики элементарных частиц?

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 содержащее | Успешные и систематические знания |

| | | | | |
|--------|--|---|---|--|
| | | | отдельные 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. Л.Б.Окунь Физика элементарных частиц. М., Наука, 1988
2. Д.Перкинс, Введение в физику высоких энергий, М., Энергоатомиздат, 1991
3. М.Е.Пескин, Д.В.Шредер, Введение в квантовую теорию поля., Ижевск, НИЦ РХД, 2001
4. Г.И.Копылов, Основы кинематики резонансов, М., Наука, 1970

Дополнительная литература

1. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Теоретическая физика, Том 2, М. Наука, 1988
2. Е. Бюклинг, К. Каянти, Кинематика элементарных частиц, М., Мир, 1975

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- База данных РИНЦ (российский индекс научного цитирования)
<http://www.elibrary.ru>
- Открытая база данных Particle Data Group
- поисковая система INSPIRE (<http://inspirehep.net/>)
- Электронные версии журналов Phys. Lett., Phys. Rev., Eur. Phys. J., Nucl. Phys., Nucl. Instrum and Meth.

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