|  |
| --- |
| Федеральное государственное бюджетное образовательноеучреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова |

Физический факультет

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**(межфакультетского учебного курса)**

**Микро- и макромир - единство противоположностей**

**Micro and macro world — unity of opposites**

*наименование дисциплины*

**Уровень высшего образования:** бакалавриат, магистратура, специалитет

**Направление подготовки:** все направления

*(код и название направления)*

**Профиль (направленность) ОПОП:** все

*(название направленности)*

Форма обучения: очная

Москва 2023

**1. Цель освоения дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины:**

Дисциплина направлена на формирование у студента компетенций: ПК-2, ПК-4

В результате освоения дисциплины студент должен знать

* основные идеи и понятия квантовой теории;
* современные подходы к описанию элементарных частиц и их взаимодействий;
* современные представления о строении и эволюции Вселенной.

Уметь

* эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, гипотезы, доказательства, законы;
* объяснять логические связи между различными разделами фундаментальной физики.

Владеть

* научной картиной мира;
* математическим подходом к описанию природных процессов и явлений;
* научным методом как исходным принципом познания объективного мира.

**2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО:**

Дисциплина **«Микро- и макромир - единство противоположностей»** относится к вариативной части основной профессиональной образовательной программы высшего образования по всем направлениям бакалавриата, магистратуры и специалитета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Период – **1 (один) семестр обучения**, 1 з.е. / 36 часов.

**3. Объем дисциплины составляет:**

Объем дисциплины – 1 з.е. / 36 часов, включая 24 часа на занятия лекционного типа, 12 часов на самостоятельную работу обучающегося. Вид промежуточной аттестации – **зачет**.

**4. Тематический план: структура дисциплины по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в соответствии с учебным планом)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование** **разделов и тем дисциплины,****Форма промежуточной** **аттестации по дисциплине** | **Номинальные трудозатраты** **обучающегося**  | **Всего академических часов** | **Форма текущего контроля успеваемости[[1]](#footnote-1) \*** |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)****Виды контактной работы, академические часы** | **Самостоя-тельная****работа** **обучаю-****щегося,****академи-****ческие** **часы** |
| **Занятия** **лекционного** **типа** | **Занятия** **семинарского** **типа / (в** **интерактивной форме)** |
| Тема 1. Вводная часть. Частицы, взаимодействия, Вселенная. | 2 | - | 1 | 3 | ПК, Д |
| Тема 2. Понятия и принципы квантовой физики. Состояния и наблюдаемые. Принцип суперпозиции.  | 2 | - | 1 | 3 | ПК, Д |
| Тема 3. Классические и квантовые измерения. Соотношение неопределенности. Квантовый осциллятор.  | 2 | - | 1 | 3 | ПК, Д |
| Тема 4. Запутанные состояния и квантовая нелокальность. Квантовая телепортация.  | 2 | - | 1 | 3 | ПК, Д |
| Тема 5. Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца. Понятие о релятивистских квантовых полях. | 2 | - | 1 | 3 | ПК, Д |
| Тема 6. Элементарные частицы: симметрии и взаимодействия. Диаграммы Фейнмана. | 2 | - | 1 | 3 | ПК, Д |
| Тема 7. Стандартная модель элементарных частиц. Механизм Хиггса. | 2 | - | 1 | 3 | ПК, Д |
| Тема 8. Современная нейтринная физика: осцилляции нейтрино, солнечные, атмосферные, астрофизические нейтрино. | 2 | - | 1 | 3 | ПК, Д |
| Тема 9. Обзор современного описания эволюции Вселенной. Этапы космологической эволюции. | 2 | - | 1 | 3 | ПК, Д |
| Тема 10. Обзор свойств наблюдаемой Вселенной: Ускоренное расширение Вселенной. Темная энергия. Реликтовое излучение и его связь с нашими представлениями о Вселенной.  | 2 | - | 1 | 3 | ПК, Д |
| Тема 11. Обзор свойств наблюдаемой Вселенной: Темная материя. Асимметрия между веществом и антивеществом.  | 2 | - | 1 | 3 | ПК, Д |
| Тема 12. Проблема начальных условий для горячей Вселенной. Инфляционная космология и ее альтернативы.  | 2 | - | 1 | 3 | ПК, Д |
| Промежуточная аттестация: ***Зачет*** |  |  |  |  | КО |
| **Итого** | **24** | **-** | **12** | **36** |  |

 Формы текущего контроля успеваемости – это: проверка конспектов лекций и первоисточников (статьи, монографии, учебника, книги и пр.) (ПК); контрольный (устный / письменный) опрос (КО); контрольная работа (КР); правовой диктант (ПД); презентация доклада, выступления, реферата (П); тестирование (решение тестовых заданий) (Т); коллоквиум (К); решение кейсов (конкретных практических ситуационных заданий) (РК); разработка исследовательского мини-проекта, отчет по нему (ИП); аналитический обзор официальной и исследовательской статистики и аналитики (АО); деловая игра (ДИ); выступление на научно-практической конференции (ВК). Формы текущего контроля успеваемости по всем темам дисциплины сопровождаются устными индивидуальными выступлениями (В) и групповой дискуссией (обсуждение противоречивых, проблемных тем и вопросов) обучающихся (Д).

**5. Содержание разделов, тем дисциплины: краткое содержание дисциплины (темы** **межфакультетского учебного курса):**

**Тема 1. Вводная часть. Частицы, взаимодействия, Вселенная.**

1. Обзор физических явлений от микромира (элементарные частицы и их взаимодействия) до Вселенной в целом (космология).

2. Характерные энергетические и временные масштабы в физике частиц и космологии.

**Тема 2. Понятия и принципы квантовой физики. Состояния и наблюдаемые. Принцип суперпозиции.**

1. Возникновение квантовой физики.

2. Обзор математического аппарата квантовой теории.

3. Физическое содержание принципа суперпозиции в примерах.

**Тема 3. Классические и квантовые измерения. Соотношение неопределенности. Квантовый осциллятор.**

1. Измерения физических величин в классической и квантовой физике.

2. Одновременная измеримость физических величин в квантовой физике.

3. Уравнение Шредингера, эволюция квантовых систем. Осциллятор.

**Тема 4. Запутанные состояния и квантовая нелокальность. Квантовая телепортация.**

1. Квантовые подсистемы и запутанные состояния.

2. Парадоксы, связанные с квантовой нелокальностью.

3. Понятие о квантовой телепортации.

**Тема 5. Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца. Понятие о релятивистских квантовых полях.**

1. Постулаты специальной теории относительности. Релятивистское квантовое поле как набор осцилляторов.

2. Типы квантовых полей, понятие о вакууме, описание состояний частиц в квантовой теории поля.

**Тема 6. Элементарные частицы: симметрии и взаимодействия. Диаграммы Фейнмана..**

1. Симметрии в классической и квантовой физике. Законы сохранения.

2. Описание взаимодействий с помощью квантовых полей и диаграммы Фейнмана.

 **Тема 7. Стандартная модель элементарных частиц. Механизм Хиггса.**

1. Обзор частиц и и взаимодействий в Стандартной модели элементарных частиц.

2. Точные и приближенные симметрии Стандартной модели.

3. Проблемы Стандартной модели.

**Тема 8. Современная нейтринная физика: осцилляции нейтрино, солнечные, атмосферные, астрофизические нейтрино.**

1. Обзор экспериментальных результатов нейтринной физике, которые привели к открытию нейтринных осцилляций.

2. Осцилляции нейтрино в вакууме и в веществе.

3. Связь физики нейтрино с проблемами Стандартной модели физики частиц.

**Тема 9. Обзор современного описания эволюции Вселенной: Этапы космологической эволюции.**

1. Представление о составе современной Вселенной.

2. Обзор основных этапов эволюции Вселенной и их связь с астрофизическими измерениями.

**Тема 10. Обзор свойств наблюдаемой Вселенной: Ускоренное расширение Вселенной. Темная энергия. Реликтовое излучение и его связь с нашими представлениями о Вселенной.**

1. Стандартные свечи и ускоренное расширение Вселенной.

2. Реликтовое излучение и неоднородности.

**Тема 11. Обзор свойств наблюдаемой Вселенной: Темная материя. Асимметрия между веществом и антивеществом.**

1. Свидетельства в пользу существования темной материи. Обзор моделей и современных поисков частиц темной материи.

2. Барионная асимметрия Вселенной и возможные механизмы ее образования.

**Тема 12. Проблема начальных условий для горячей Вселенной. Инфляционная космология и ее альтернативы.**

1. Проблемы плоскостности, горизонты и энтропии.

2. Понятие об инфляции, ее наблюдательных следствиях и альтернативных теориях.

**6. Перечень вопросов для подготовки к зачету**

 1. Принцип суперпозиции. Иллюстрация на примере электромагнитных волн. Запутанные состояния.

 2. Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца и инварианты.

 3. Классические и квантовые измерения. Соотношение неопределенности.

 4. Состояние системы и наблюдаемые величины в квантовой механике. Операторы и матрицы. Соотношение неопределенностей.

5. Квантовый осциллятор.

6. ЭПР парадокс. Квантовая телепортация.

7. Понятие о релятивистских квантовых полях.

8. Взаимодействие частиц в квантовой теории поля. Диаграммы Фейнмана.

9. Основные взаимодействия элементарных частиц. Частицы, описываемые Стандартной моделью.

 10. Симметрии и законы сохранения. Нарушение симметрии. Механизм Хиггса. Бозон Хиггса.

 11. Основные этапы эволюции Вселенной от Большого взрыва до сегодняшнего дня.

 12. Реликтовое излучение и закодированная в нем космологическая информация.

 13. Темная материя: свидетельства существования и экспериментальные поиски.

 14. Вопросы космологии к физике частиц: темная материя, темная энергия, барионная асимметрия.

 15. Проблемы начальных условий для горячей Вселенной.

 16. Инфляционная космология и ее альтернативы.

 17. Солнечные нейтрино. Осцилляции нейтрино и неполнота Стандартной модели.

**7. Ресурсное обеспечение:** п**еречень основной и дополнительной литературы**

**Основная литература:**

1. Л. Окунь. Физика элементарных частиц.
2. В. Белокуров, Д. Ширков. Теория взаимодействий частиц.
3. Р. Фейнман. КЭД – странная теория света и вещества.
4. Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего Большого взрыва, Д.С.Горбунов, В.А.Рубаков, Москва: «ЛКИ», 2008

**Дополнительная литература:**

1. С. Троицкий. Нерешенные проблемы физики элементарных частиц. Успехи физических наук, 182 (2012) 77–103
2. В. Рубаков. К открытию на Большом адронном коллайдере новой частицы со свойствами бозона Хиггса. Успехи физических наук, 182 (2012) 1017–1025.
3. С. Коулмен. Тайная симметрия: введение в теорию спонтанного нарушения симметрии и калибровочных полей, в сборнике «Квантовая теория калибровочных полей».

Интернет-ресурсы

http://ppc.inr.ac.ru/

[http://elementy.ru](http://elementy.ru/)

**8. Преподаватели дисциплины:**

**8.1.** Кандидат физико-математических наук, Демидов Сергей Владимирович, кафедра физики частиц и космологии физического факультета МГУ, demidov@ms2.inr.ac.ru, 8 499-783-92-91.

**8.2.** Кандидат физико-математических наук, заместитель директора ИТМФ МГУ, Левков Дмитрий Геннадиевич, кафедра физики частиц и космологии физического факультета МГУ, levkov@ms2.inr.ac.ru, 8 499-783-92-91.

**8.3.** Кандидат физико-математических наук, Нугаем Эмин Яткярович, кафедра физики частиц и космологии физического факультета МГУ, nugaev@ms2.inr.ac.ru, 8 499-783-92-91.

1. Формы текущего контроля успеваемости – это: проверка конспектов лекций и первоисточников (статьи, монографии, учебника, книги и пр.) (ПК); контрольный (устный / письменный) опрос (КО); контрольная работа (КР); правовой диктант (ПД); презентация доклада, выступления, реферата (П); тестирование (решение тестовых заданий) (Т); коллоквиум (К); решение кейсов (конкретных практических ситуационных заданий) (РК); разработка исследовательского мини-проекта, отчет по нему (ИП); аналитический обзор официальной и исследовательской статистики и аналитики (АО); деловая игра (ДИ); выступление на научно-практической конференции (ВК). Формы текущего контроля успеваемости по всем темам дисциплины сопровождаются устными индивидуальными выступлениями (В) и групповой дискуссией (обсуждение противоречивых, проблемных тем и вопросов) обучающихся (Д). [↑](#footnote-ref-1)