Утверждено
решением Ученого Совета
физического факультета МГУ
от 26.12.2019 г.
Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н.Сысоев

17.02.20

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
Магистерская программа
«*Физика частиц и космология*»

Билет № 1

1. Перенормировка диаграмм с перекрывающимися расходимостями на примере трёхпетлевой диграммы в теории φ^4.
2. Дираковская и майорановская массы нейтрино. Смешивание нейтрино и параметры матрицы смешивания. Двойной безнейтринный бета-распад.
3. При наблюдениях блазара с красным смещением z=1 были зарегистрированы хаотические изменения потока излучения на временном масштабе $\Delta t \square 1$ час. Оценить сверху размер излучающей области. Сравнить с размерами Солнечной системы.

Билет № 2

1. Суперсимметричная квантовая хромодинамика.
2. Методы определения расстояний до астрофизических объектов.
3. Вычислить эффективный заряд в модели φ^4.

Билет № 3

1. Осцилляции нейтрино в вакууме. Параметры нейтринных осцилляций.
2. Простейшие механизмы спонтанного нарушения суперсимметрии.
3. Показать, что магнитное поле одиночной нейтронной звезды препятствует долетанию протонов и ядер сверхвысокой энергии до ее поверхности.

Билет № 4

1. Построение простейших суперсимметричных теоретико-полевых моделей на примере модели Весса–Зумино. Киральный мультиплет.
2. Метод ренормгруппы в квантовой теории поля.
3. Вычислить ширину распада $\pi^+ \to \pi^0 e \nu_e$. Адронный матричный элемент вычислить в приближении киральной теории возмущений.

Билет № 5

1. Осцилляции нейтрино в веществе. Резонанс Михеева-Смирнова-Вольфенштейна.
2. Аксиальная аномалия как пример квантовых аномалий.
3. Построить теорию киральных суперполей со спонтанным нарушением суперсимметрии.

Билет № 6

1. Суперсимметричное обобщение электромагнитизма. Векторный мультиплет.
2. Широкие атмосферные ливни.
3. Оценить порядок величины времени осцилляций D^0- и анти-D^0-мезонов. Сравнить его с временем жизни этих мезонов.

Билет № 7

1. Квантовая хромодинамика с легкими кварками (u, d и s). Точные и приближенные симметрии этой теории. Спонтанное нарушение киральной симметрии.
2. Слабовзаимодействующие массивные частицы (WIMP) как кандидаты на роль холодной темной материи.
3. Продемонстрировать явным вычислением неперенормируемость суперпотенциала в модели взаимодействующих киральных полей в однопетлевом приближении.

Билет № 8

1. Рождение частиц на стадии пост-инфляционного разогрева на примере модели с квадратичным потенциалом инфлатона.
2. Эффективные низкоэнергетические теории голдстоуновских бозонов. Киральная теория возмущений.
3. Вычислить эффективный заряд в КЭД.

Билет № 9

1. Алгебра суперсимметрии и её тривиальная реализация в квантовой механике свободных систем.
2. Квантование электромагнитного поля методом функционального интеграла.
3. В модели двухстадийного взрыва сверхновой II типа оценить промежуток времени между двумя нейтринными сигналами. Сравнить с наблюдениями SN1987A.

Билет № 10

1. Суперсимметричная квантовая механика Виттена. Примеры вычисления спектров.
2. Аксиальная аномалия. Распад $\pi \to \gamma\gamma$.
3. Предположим, что электронное нейтрино образуется в Солнце на расстоянии r от центра. Найти зависимость от r вероятности "выживания" нейтрино как электронного после прохождения вещества Солнца и расстояния до Земли. Для оценки считать, что нейтрино имеет равномерный энергетический спектр с центром 5 МэВ и шириной 0.5 МэВ. Также считать, что $\theta_{13} = 0$, а плотность электронов в веществе Солнца распределена по закону $n_e(r)=245N_A \exp(-r/\lambda)$ см$^{-3}$, где $\lambda = 0.095\ R_{sun}$, $R_{sun} = 695700$ км — радиус Солнца, N_A – число Авогадро.

Билет № 11

1. Ограничения на новые элементарные частицы из факта существования звезд и из анализа звездной эволюции.
2. Осцилляции и CP-нарушение в системе нейтральных мезонов.
3. Доказать голоморфность функций Грина и неперенормируемость суперпотенциала и препотенциала в суперсимметричных теориях поля.

Билет № 12

1. Генерация лептонной асимметрии в ранней Вселенной в модели со стерильными нейтрино.
2. Глубоко-неупругое рассеяние. Скейлинг и его нарушение.
3. Сравнить гамма-излучение от Солнца и от центра Галактики, связанное с распадами или аннигиляцией слабовзаимодействующих частиц темной материи. Масса частицы M=20 ГэВ.