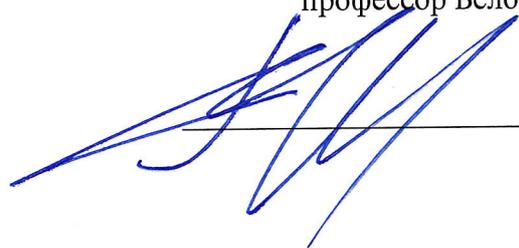


**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. декана физического факультета МГУ

профессор Белокуров В.В.



---

**БИЛЕТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

**Направление подготовки 03.04.02 «Физика»**

**Магистерская программа**

**«ФИЗИКА ЧАСТИЦ И КОСМОЛОГИЯ»**

### Билет № 1

1. Перенормировка диаграмм с перекрывающимися расходимостями на примере трёхпетлевой диаграммы в теории  $\phi^4$ .
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  $\Delta t \approx 1$  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  $\phi^4$ .

### 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  $\pi^+ \rightarrow \pi^0 e \nu_e$ . 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 электромагнетизма. 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  $\pi \rightarrow \gamma\gamma$ .
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  $n_e(r) = 245N_A \exp(-r/\lambda) \text{ см}^{-3}$ , где  $\lambda = 0.095 R_{\text{sun}}$ ,  $R_{\text{sun}} = 695700 \text{ км}$  — 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.