

ЗАДАЧИ

I. Электродинамика с нарушением лептонного числа.

Рассмотрим электродинамику с двумя дираковскими полями материи, ψ_1 и ψ_2 . Массы полей равны m_1 и m_2 , электрические заряды - e_1 и e_2 . Добавим к стандартному лагранжиану электродинамики член смешивания,

$$\Delta\mathcal{L} = \epsilon\bar{\psi}_1\psi_2 + \text{h.c.} .$$

Физическими полями теории являются линейные комбинации полей ψ_1 и ψ_2 , диагонализующие массовую матрицу. Назовем их электроном и мюоном.

Для всех приведенных ниже процессов: найти дифференциальное сечение в низшем порядке теории возмущений по e_1, e_2 . Вычислить полное сечение. Выразить дифференциальное и полное сечения через переменные Манделъстама. Вычислить фазовый объем. Рассмотреть случай $e_1 = e_2 = e$. Сравнить со стандартным электродинамическим ответом.

1. $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$
2. $\mu^+e^- \rightarrow \mu^+e^-$
3. $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$
4. $e^+e^- \rightarrow \mu^+e^-$
5. $e^+e^+ \rightarrow e^+e^+$
6. $e^+\gamma \rightarrow e^+\gamma$
7. $\mu^+\gamma \rightarrow e^+\gamma$

II. Асимметрия в комптоновском рассеянии

Найти асимметрию вперед - назад в комптоновском рассеянии неполяризованных электронов и неполяризованных фотонов в системе центра масс,

$$\frac{\sigma(\text{вперед}) - \sigma(\text{назад})}{\sigma(\text{полное})} .$$

III. Поляризационный оператор фотона

1. Вычислить поляризационный оператор фотона в α - калибровке, используя размерную регуляризацию и регуляризацию Паули - Вилларса. Выполняется ли тождество Уорда для соответствующей амплитуды?
2. Вычислить мюонный вклад в поляризационный оператор фотона, используя оптическую теорему.

IV. Массивная электродинамика

Добавим к лагранжиану электродинамики следующий член:

$$\delta\mathcal{L} = \frac{1}{2}m^2 A_\mu^2.$$

Вычислить сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$. [Следует, как и в задаче про нарушение лептонного числа, вычислить дифференциальное и полное сечения, выразить их через переменные Мандельштама, а также посчитать фазовый объем.] Как изменилось поведение полного сечения при $s \rightarrow +\infty$? Нарушается ли унитарный предел Фруассара, $\sigma_{total} \leq \text{const} \cdot \ln^2 s$?

V. Тождество Уорда

Проверить явным вычислением тождество Уорда для амплитуды процесса $e^+e^-\gamma \rightarrow \gamma\gamma$.

VI. Распад мюона

Вычислить время жизни мюона в теории Ферми в низшем порядке теории возмущений. Чему равен фазовый объем?