**Распад тяжелого нейтрального лептона с дираковским или майорановским нейтрино в конечном состоянии**

***Семыкин В.В.***

*студент, бакалавр*

*Национальный исследовательский технологический университет МИСИС,*

*институт физики и квантовой инженерии, Москва, Россия*

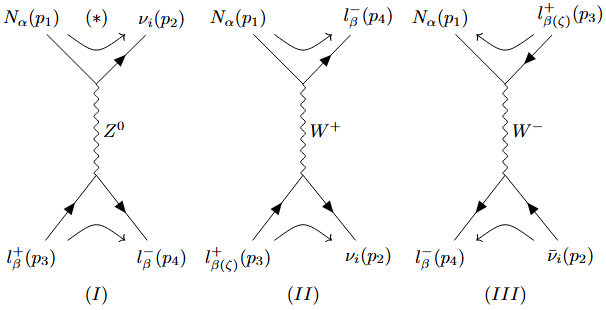
*E-mail:* [*m2102427@edu.misis.ru*](mailto:m2102427@edu.misis.ru)

В современной физике частиц нейтрино являются одними из наименее изученных объектов в рамках Стандартной модели. В частности, открытым остается вопрос об их возможной природе. На данный момент все фермионы с известной природой являются фермионами Дирака, но в случае с нейтрино существует значительная вероятность, что они будут первыми открытыми фермионами Майораны. При этом неизвестно существуют ли другие подобные объекты, что есть предмет дискуссии о расширении Стандартной модели, например, её нейтринного сектора.

В настоящей работе был рассмотрен распад гипотетического нейтрального лептона: с учетом обоих сценариев природы нейтрино. Их сравнение проводилось на распределении , где инвариантные переменные связаны с в системе покоя как: *,* .

Помимо этого, был проведен сравнительный анализ принятых в [2] правил Фейнмана для взаимодействий между майорановскими фермионами и возможных альтернативных правил, введенных с целью устранения неоднозначности, обнаруженной в подходе [2]. Дополнительно была рассмотрена возможность введения CP-асимметрии для обоих вариантов правил, что не было предусмотрено в [2].

Расчеты велись с использованием приближения четырехфермионного взаимодействия согласно [1] и идее об интерференции фейнмановских диаграмм [5].

**Неоднозначность появлялась при следовании принятым в [2, 4] условиям, накладываемым на прямую и обратную константы связи (от разных сверток Вика): , где *a*, *b* – индексы фермионов, *c* – бозона, *i* – вида тока. для векторного тока и 1 для аксиального. В нашем случае неопределенность заключалась в выборе: либо – для взаимодействия в (\*) на диаграмме (I). Заметим, что данная диаграмма может существовать только при . – фактор смешивания, заимствованный из [3], и – матрицы смешивания с и с , соответственно.

В зависимости от выбора искомое распределение имело различные выражения, соотносящиеся друг с другом через перестановку местами индексов(при этом происходил обмен , не сводящийся к переобозначению дифференциальных инвариантных переменных). Допустимо было бы предположить о существовании неустановленного правила выбора знака между двумя константами, однако без него неоднозначность устранялась с наложением альтернативного условия: .

Таким образом, было получено три распределения для .

Распределение для майорановских нейтрино с :

Распределение для майорановских нейтрино с :

Распределение для дираковского нейтрино:

Введены обозначения:

Прямое сопоставление выражений показывает, что распределение для майорановского случая с принятым соглашением о не переходит в себя после перестановки , подобно распределению дираковского сценария. При этом соглашение дает инвариантный по результат, что видится подобающим для распада майорановской частицы. Между тем, симметрией по обладает случай :

При таком сценарии вопрос о соглашениях не стоит, так как остаются только диаграммы (II) и (III). Перестановка же подразумевается и для знаков, и для ароматов.

В довершение анализа был дан механизм введения CP-асимметрии для майорановского сценария с , что не предусматривалось в [2]. Для этого переопределялись условия на константы связи с вынесением из равенств факторов . Это дало выражения аналогичные написанными выше, но с заменой для и с для .

**Литература**

1. Byckling E., Kajantie K. Particle Kinematics, 1973.
2. Denner A., Eck H., Hahn O., Küblbeck J. Feynman rules for fermion-number-violating interactions // Nuclear Physics B, Volume 387, Issue 2, 1992, Pages 467-481.
3. Dubinin M.N., Kazarkin D.M. Lepton universality in a model with three generations of sterile Majorana neutrinos. // Phys. Rev. D 109, 055004, 4 March, 2024.
4. Haber H.E., Kane G.L. The search for supersymmetry: Probing physics beyond the standard model // Physics Reports, Volume 117, Issues 2–4, 1985, Pages 75-263.
5. Márquez, J.M., Castro, G.L. & Roig, P. Michel parameters in the presence of massive Dirac and Majorana neutrinos // J. High Energ. Phys. 2022, 117 (2022).