

О ВОЗМОЖНОМ ЧИСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ НЕЙТРИНО

В.И.Манько, М.А.Марков

Высказывается гипотеза, что число различных сортов нейтрино связано с размерностью нашего пространства. Идея иллюстрируется старой моделью четырехмерного релятивистского осциллятора (^{1, 2}, 1955 г.), в которой "духи" изгонялись добавочным условием, аналогичным условиям Вирасоро (³, 1970 г.) для струны, а в другом варианте, добавочным членом в самом уравнении.

Цель работы — обсудить возможность связи числа существующих в природе нейтрино с размерностью пространства и высказать гипотезу о физическом смысле квантового числа (лептонного заряда), различающего типы нейтрино. Существует мнение, основанное на астрофизических данных (см., например, ⁵), что в природе может быть не более 4 – 5 типов нейтрино. В работе идея о связи этого ограничения с размерностью пространства иллюстрируется моделью релятивистского четырехмерного осциллятора, являющегося элементом релятивистской струны, обобщением уравнения Дирака, которое с использованием внутренних степеней свободы было предложено в ^{1, 2}. Базируясь на обсужденных в этих работах моделях осциллятора, рассмотрим возникающие в них низшие возбуждения как нейтрино. Так, следуя ^{1, 2}, запишем уравнение на фурье-компоненту волновой функции $\Psi(x^\mu, \xi^\mu)$, где x^μ — координаты центра масс частицы в нашем четырехмерном пространстве-времени, на биспинор $\Psi(k^\mu, \xi^\mu)$ ($\mu = 0, 1, 2, 3$), где четырех-вектор энергии-импульса k^μ описывает движение центра масс структурной частицы, а внутренняя координата — четырех-вектор ξ^μ описывает "относительное" колебательное движение релятивистского осциллятора (релятивистская струна состоит из набора осцилляторов)

$$\left\{ i\gamma_\mu k^\mu + m_0 - \frac{\alpha}{2} \left[-\frac{\partial^2}{\partial \xi_\mu \partial \xi^\mu} + \xi_\mu \xi^\mu \right] \right\} \Psi = 0, \quad (1)$$

причем, на Ψ налагается релятивистское дополнительное условие, исключающее колебательные состояния по оси времени ("духи") ^{1, 2},

$$k^\mu \left(\xi_\mu + \frac{\partial}{\partial \xi^\mu} \right) \Psi = 0. \quad (2)$$

Мы описываем нейтрино как плоскую волну (решение уравнения (1) с дополнительным условием (2)) с волновым вектором k^μ , масса частицы определяется обычным образом ($k^\mu k_\mu = m^2$). Аналог дополнительного условия (2) для струны, исключающего "духи" — колебательные состояния составляющих струну осцилляторов вдоль оси времени, обсуждался также Вирасоро (³, 1970).

Для времениподобного вектора k^μ в ¹ переходом в систему центра масс ($\mathbf{k} = 0$) были найдены нормированные по внутренним переменным решения системы (1), (2) и построен рас-

туший спектр, совпадающий со спектром масс трехмерного осциллятора: $m = M + a(n_1 + n_2 + n_3)$, $n_i = 0, 1, 2, \dots$. Можно показать, что решений системы (1), (2) с пространственноподобным и светоподобным вектором k^μ нет. Таким образом, в рамках осцилляторной модели с дополнительным условием (1), (2) возможно существование следующих четырех различных нейтрино: одного с массой M (основное состояние) и трех с одинаковой массой $M + a$. Отличие этих трех нейтрино описывается различием колебательных состояний осциллятора (n_1, n_2, n_3) , т. е. $(1, 0, 0)$, $(0, 1, 0)$ и $(0, 0, 1)$. Тем самым приписываемые различным нейтрино индексы — лептонные заряды, в рамках развитого подхода имеют смысл колебательного состояния структурной переменной ξ^μ . В рамках обсуждаемой модели существует еще одна возможность, если коэффициент a в (1) равен величине $(-m_0)$. В этом случае могло бы существовать состояние с нулевой массой при всех индексах $n_i = 0$ однако его запрещает дополнительное условие (2), убивающее "духи". Таким образом в рамках уравнений (1) и (2) со специальной связью коэффициентов m_0 и a существуют только три нейтрино (с одинаковой массой), что отвечает как раз размерности пространства. Эти три нейтрино различаются колебательными состояниями. Переходов между четырьмя нейтрино (в первом случае) и тремя нейтрино (во втором случае) в рамках обсуждаемой модели нет.

Обсудим еще одну модель, предложенную в ^{1, 2}, в которой вместо дополнительного условия (2) "духи" исключаются с помощью дополнительного члена в уравнении Дирака с внутренними переменными. Это исключение духов имеет отдаленную аналогию в теории струн, предложенную в ⁴ (1972г). Запишем, следуя ^{1, 2}, уравнение для биспинора $\Psi(k^\mu; \xi^\mu)$ в виде

$$\left\{ i\gamma_\mu k^\mu + m_0 - \frac{a}{2} \left[-\frac{\partial^2}{\partial \xi_\mu \partial \xi^\mu} + \xi^\mu \xi_\mu + \frac{\left(k^\mu \frac{\partial}{\partial \xi^\mu} \right)^2 - (k^\mu \xi_\mu)^2}{k_\mu k^\mu} \right] \right\} \Psi = 0. \quad (3)$$

Можно показать, что у этого уравнения нет решений, отвечающих пространственноподобному вектору энергии-импульса k^μ , состояние же с времени оподобным вектором k^μ можно найти переходом в систему центра масс ($k = 0$) и спектр масс описывается спектром трехмерного гармонического осциллятора, как и в предыдущей модели. В этой модели имеется четыре нейтрино, одно с массой M , и три с одинаковой массой $M + a$. Спецификой рассматриваемого уравнения является возможность решения со светоподобным вектором энергии-импульса (решение с нулевой массой), которое у него имеется, однако интерпретация этого решения нам пока неясна. Это решение нормировано по одной из внутренних переменных ($\xi^0 - \xi^1$) и не зависит от остальных трех. Таким образом, число возможных нейтрино опять связано с размерностью пространства и равно четырем. Наконец, рассмотрим еще одну возможность, базирующуюся на модели релятивистского осциллятора, предложенную в ^{1, 2}, а именно

$$\left\{ i\gamma_\mu k^\mu + m_0 - \frac{a}{2} \left[-\frac{\partial^2}{\partial \xi_\mu \partial \xi^\mu} + \xi^\mu \xi_\mu + 2 \frac{\left(k^\mu \frac{\partial}{\partial \xi^\mu} \right)^2 - (k^\mu \xi_\mu)^2}{k_\mu k^\mu} \right] \right\} \Psi = 0. \quad (4)$$

Дополнительный член с коэффициентом двойка приводит к изменению знака в спектре масс при члене, связанном с колебаниями вдоль оси времени. Поэтому у уравнения (4) растущий спектр масс, описываемый спектром четырехмерного гармонического осциллятора. Таким образом имеется пять нейтрино, одно с массой M , и четыре с массой $M + a$. В рамках уравнений (3) и (4) переходов между нейтрино нет (нет осцилляций). Отметим, что если учесть взаимодействие релятивистского осциллятора (координаты ξ^μ) с тепловой баней, возможны переходы с высших уровней на низшие (нейтрино имеют время жизни). В рамках модели с дополнительным условием в этом случае имеется либо одно стабильное нейтрино, либо три стабильных нейтрино. В рамках модели (3) и (4) имеется одно стабильное нейтрино и три или четыре нестабильных нейтрино соответственно. Резюмируя, можно сказать, что размерность пространства накладывает ограничения на возможное число различных нейтрино. Их общее число может варьироваться от трех до пяти (в зависимости от модели), что нахо-

дится в согласии с астрофизическими данными. Отметим, что в рамках первых двух обсужденных моделей состояния различных нейтрино преобразуются по неприводимым представлениям группы SU_3 , а в рамках модели (4) по представлениям унитарной группы SU_4 . Подробная статья будет опубликована.

Литература

1. Марков М.А. ДАН СССР, 1955, 101, 51.
2. Markov M.A. Nuovo Cim., Suppl. 3, Ser. X, 1956, №4, p. 760.
3. Virasoro M.A. Phys. Rev., 1970, D1, 2933.
4. Chang L.N., Monsouri J.M. Phys. Rev., 1972, D5, 2535.
5. Schramm D.N. In "Neutrino 78" Conference Proceedings, Padue University, 1978, p. 87.

Физический институт им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
21 марта 1986 г.