

В. А. Чуриков

МОДЕЛЬ СОСТАВНЫХ КВАРКОВ И ЛЕПТОНОВ СЛЕДУЕТ ИЗ ПРИНЦИПА ФУНДАМЕНТАЛЬНОСТИ ЧАСТИЦ

E-mail: vachurikov@list.ru.

Аннотация. Рассматриваются аргументы в пользу того, что кварки и лептоны - составные частицы. Вводится принцип фундаментальности частиц, из которого однозначно следует, что кварки и лептоны являются составными. Более того, получается, что частицами, из которых состоят кварки и лептоны, должны быть ритоны – разновидность ришонов.

Ключевые слова. Кварки, лептоны, бозон Хиггса, Стандартная модель, Сибирская модель, фундаментальные взаимодействия, ритон, тросон, принцип фундаментальности частиц.

Key words. Quarks, leptons, Higgs boson, Standard model, Siberian model, fundamental interactions, riton, troson, Principle of fundamental nature of particles.

Введение

В процессе изучения материи на разных уровнях организации, от Вселенной до микромира, все модели описывающие строение материи являются составными, в соответствии с которыми материальные объекты любого уровня состоят из материальных объектов более низкого уровня. Строение материи на микроуровне представлено последовательностью составных моделей: молекулы → атомы → нуклоны → лептоны и кварки → гипотетические *субкварковые частицы* → ?...

Все экспериментально подтверждённые модели устройства материи являются составными. Пока нет серьёзных оснований считать, что концепция составных моделей на уровне кварков и лептонов исчерпала себя.

С другой стороны, надо учитывать, что взаимодействие элементарных частиц в успешных моделях часто описывается калибровочными полями. Например, электромагнитные взаимодействия описывает квантовая электродинамика, цветное взаимодействие кварков - квантовая хромодинамика. Модели составных кварков и лептонов, так или иначе, вписывается в рамки составных моделей, что тоже является косвенным аргументом в их пользу.

Аргументы в пользу составных моделей кварков и лептонов

В физике элементарных частиц было предложено несколько моделей составных кварков и лептонов. Такие модели в современной физике не являются главными направлениями исследований [1-8]. Тем не менее, было предложено несколько таких моделей.

Рассмотрим некоторые аргументы, говорящих в пользу составных кварков и лептонов и, прежде всего, ритонов:

1. Протяжённость электрона.
2. Существование нескольких поколений кварков и лептонов.
3. Из Стандартной модели следует феноменологическая модель ритонов.
4. Принцип фундаментальности частиц.

Рассмотрим подробно эти аргументы.

Протяжённость электрона

Кварки и лептоны теоретически рассматриваются как точечные частицы, а также в экспериментах ведут себя тоже как точечные объекты. Верхняя граница их размеров оцениваются не более 10^{-16} см, что примерно в 1000 раз меньше размеров нуклонов. Если кварки и лептоны являются составными, то они должны иметь внутреннюю структуру. Вопросы о реальных размерах кварков и лептонов обсуждается и есть практические указания на размеры электрона. Например, прецизионные эксперименты с *псевдоатомом геония*, который представляет «свободный» электрон в *ловушке Пеннинга*, показали, что электрон не точечная частица, а имеет приблизительный радиус [9]

$$R_e \approx 10^{-20} \text{ см.}$$

В соответствии с этими данными размеры электронов примерно на 7 порядков меньше, чем у нуклонов 10^{-13} см и на 8 порядков меньше, чем у ядер 10^{-12} см. Протяжённость электрона косвенно может говорить о его структуре. Кроме того, очевидно, что другие лептоны, а также кварки с полным основанием можно считать протяжёнными объектами, как находящиеся на том же уровне элементарности, что и электрон.

Существование нескольких поколений кварков и лептонов

В настоящее время известно три поколения лептонов и кварков, это двенадцать фермионов и двенадцать соответствующих им антифермионов. Элементарность лептонов и кварков вызывает сомнение из-за того, что каждый тип кварка и лептона существуют в трёх очень похожих вариантах, которые отличаются, прежде всего, массой и, как следствие, временем жизни.

Для модели ритонов важно знать, сколько поколений фермионов существует. Этот вопрос до настоящего времени остаётся открытым. Имеющиеся теоретические оценки возможного числа поколений фермионов, основанные на космологических оценках числа типов нейтрино, являются очень приближёнными и дают верхнюю оценку - не более шести поколений [10].

Из Стандартной модели следует феноменологическая модель ритонов

Предыдущие аргументы косвенные и говорят в пользу составных феноменологических моделей кварков и лептонов. Ниже приведены аргументы в пользу именно модели *ритонов* [11, 12], которая является одним из вариантов модели *ришионов*. Из введённой ранее феноменологической модели ришионов [2, 3] была получена преобразованная модель ришионов [4], а из неё - модель ритонов [11, 12]. Модель ритонов очень хорошо вписывается в Стандартную модель. Из ритонов «строятся» кварки, лептоны, а также векторные бозоны Z^0 и W^\pm . Была предложена квантово-полевая калибровочная модель взаимодействия ритонов в кварках и лептонах [13].

1. В основе данной модели лежат два типа ритонов T и V , а также два соответствующих им антиритона \tilde{V} и \tilde{T} , а также переносчик межритонного взаимодействия – *тросон*, обозначенный как K (табл. 1). Тросоны удерживают ритоны в кварках и лептонах, аналогично тому, как кварки удерживаются глюонами в адронах. Аналогами цветов в модели ритонов, являются *тоны*.

2. Из ритонов легко можно скомбинировать все лептоны и все кварки Стандартной модели, которые должны состоять из трёх ритонов и трёх антиритонов (табл. 2). Наличие частиц второго и третьего поколения объясняется как возбужденные состояния частиц первого поколения.

Таблица 2. Ритоны, антиритоны, тосон и некоторые их характеристики

Ритоны	Спин	Электр. заряд	Цвета и антицвета	Тоны и/или антитоны	Масса
T	1/2	1/3	r, g, b	тоны	>0 (?)
V	1/2	0	$\tilde{r}, \tilde{g}, \tilde{b}$	тоны	>0 (?)
\tilde{V}	1/2	0	r, g, b	антитоны	>0 (?)
\tilde{T}	1/2	-1/3	$\tilde{r}, \tilde{g}, \tilde{b}$	антитоны	>0 (?)
Тросон K	1	0	0	тоны и антитоны	0

Таблица 3. Ритонный состав массивных частиц Стандартной модели

	1 поколение	2 поколение	3 поколение	Массивные переносчики взаимодействий (промежуточные бозоны) и бозон Хиггса	Безмассовые переносчики взаимодействий
<i>q</i> <i>s</i> <i>m</i> <i>t</i>	$e^- (\tilde{t}\tilde{t}\tilde{t})$ электрон (electron) $-3e_e^1$ 1/2 0,51099895000(15) MeV ∞	$\mu^- (\tilde{t}\tilde{t}\tilde{t})^{*2}$ мюон (muon) $-3e_e$ 1/2 105,6583745(24) MeV $2,19703(4) \cdot 10^{-6} \text{ s}$	$\tau^- (\tilde{t}\tilde{t}\tilde{t})^{**3}$ таон (tau) $-3e_e$ 1/2 1,77682(16) GeV $2,9 \cdot 10^{-13} \text{ s}$	$Z^0 \left(\frac{\tilde{t}\tilde{t}\tilde{t}\tilde{t} \pm \tilde{v}\tilde{v}\tilde{v}\tilde{v}}{\sqrt{2}} \right)$ Z^0 бозон (Z^0 boson) 0 1 91,1876±0,0021 GeV $\sim 3 \cdot 10^{-25} \text{ s}$, $\Gamma=2,4952 \text{ GeV}$	γ фотон (photon) $<1 \cdot 10^{-35} \text{ e}$ 1 $<1 \cdot 10^{-18} \text{ eV}$ ∞
<i>q</i> <i>s</i> <i>m</i> <i>t</i>	$u (\tilde{t}\tilde{t}\tilde{v})$ верхний (up) $2e_e$ 1/2 $2,3 \pm 0,7 \pm 0,5 \text{ MeV}$ ∞	$c (\tilde{t}\tilde{t}\tilde{v})^*$ очарованный (charmed) $2e_e$ 1/2 $1275 \pm 25 \text{ MeV}$ $2,19703(4) \cdot 10^{-6} \text{ s}$	$t (\tilde{t}\tilde{t}\tilde{v})^{**}$ истинный (truth (top)) $2e_e$ 1/2 $174 \ 340 \pm 650 \text{ MeV}$ $2,9 \cdot 10^{-13} \text{ s}$	$W^+ (\tilde{t}\tilde{t}\tilde{v}\tilde{v}\tilde{v})$ W^+ бозон (W^+ boson) $-3e_e$ 1 $80,385 \pm 0,015 \text{ GeV}$ $\sim 3 \cdot 10^{-25} \text{ s}$, $\Gamma=2,141 \text{ GeV}$	g глюон (gluon) 0 1 0 ∞
<i>q</i> <i>s</i> <i>m</i> <i>t</i>	$d (\tilde{t}\tilde{v}\tilde{v})$ нижний (down) $-e_e$ 1/2 $4,8 \pm 0,5 \pm 0,3 \text{ MeV}$ ∞	$s (\tilde{t}\tilde{v}\tilde{v})^*$ странный (strange) $-e_e$ 1/2 $95 \pm 5 \text{ MeV}$ $2,19703(4) \cdot 10^{-6} \text{ s}$	$b (\tilde{t}\tilde{v}\tilde{v})^{**}$ прелестный (beauty (bottom)) $-e_e$ 1/2 $4180 \pm 30 \text{ MeV}$ $2,9 \cdot 10^{-13} \text{ s}$	$W^- (\tilde{t}\tilde{t}\tilde{v}\tilde{v}\tilde{v})$ W^- бозон (W^- boson) $-3e_e$ 1 $80,385 \pm 0,015 \text{ GeV}$ $\sim 3 \cdot 10^{-25} \text{ s}$, $\Gamma=2,141 \text{ GeV}$	
<i>q</i> <i>s</i> <i>m</i> <i>t</i>	$\nu_e (\tilde{v}\tilde{v}\tilde{v})$ электронное нейтрино (electron neutrino) 0 1/2 0,12eV $t > 7 \cdot 10^9 \text{ c} \times (m_\nu / 1 \text{ эВ})^{-1}$	$\nu_\mu (\tilde{v}\tilde{v}\tilde{v})^*$ мюонное нейтрино (muon neutrino) 0 1/2 <0,28eV ?	$\nu_\tau (\tilde{v}\tilde{v}\tilde{v})^{**}$ тау-нейтрино (tau neutrino) 0 1/2 <0,28eV ?	$H_{???}$ Бозон Хиггса (Higgs boson) 0 0 $125,26 \pm 0,21 \text{ GeV}$ $1,56 \cdot 10^{-22} \text{ s}$	

1) Здесь в качестве элементарного заряда принимается электрический заряд анти- d -кварка (\tilde{d}) и обозначается $e_e = e / 3$, где e - заряд позитрона.

2) Звездой (*) обозначается первое возбуждённое состояние.

3) Двумя звёздами (**) обозначается второе возбуждённое состояние.

Кварки и лептоны второго и третьего поколений являются возбуждёнными состояниями первого поколения. В зависимости от энергетического спектра возбуждённых состояний, не исключено, что число поколений кварков и лептонов может оказаться более трёх.

В этом случае, лептоны и кварки из более высоких поколений должны иметь бóльшие массы и, как правило, меньшие времена жизни, чем частицы из более низких поколений. Это наблюдается у лептонов и кварков второго и третьего поколения, что говорит в пользу модели ритонов.

Получили очень важное следствие модели ритонов, в соответствии с которым массы лептонов и кварков растут, причём очень быстро, от первого до третьего поколения. Большой роста масс лептонов и кварков указывает на то, что взаимодействие, удерживающее между собой ритоны в кварках и лептонах, на много порядков более интенсивное, чем цветное взаимодействие между кварками.

Возможно и другое объяснение числа поколений, основанное на комбинировании не двух типов ритонов, а трёх или четырёх типов, которые могут быть нейтральными или иметь одноимённые заряды, равные $\pm 1/3$ заряда позитрона, но тогда число поколений кварков и лептонов не будут совпадать и могут возникнуть другие трудности (табл. 3)

Таблица 3. Модели кварков и лептонов с разными комбинациями ритонов

№	Наборы из нейтральных и одноимённо заряженных ритонов	Число заряженных лептонов	Число кварков с зарядом 3/2	Число кварков с зарядом 1/2	Число нейтральных лептонов (нейтрино)
1	Один нейтральный и один заряженный	1	1	1	1
2	Два нейтральных и один заряженный	1	2	3	4
3	Один нейтральный и два заряженных	4	3	2	1
4	Два нейтральных и два заряженных	4	6	6	4

Из таблицы видно, что в первых трёх вариантах всегда имеются несоответствия по числу кварков и/или лептонов с экспериментальными данными.

В четвёртом случае из двух нейтральных и двух одноимённо заряженных ритонов будет по 4 лептона и по 6 кварков с зарядом $3/2$ и $1/2$, что не согласуется с современными данными, но в принципе, не исключают возможности такого числа лептонов и кварков. Здесь ещё нарушается симметрия по числу кварков и лептонов в каждом поколении, а именно пятое и шестое поколения будет содержать только кварки, но не будут содержать лептоны. Более того, во всех рассмотренных моделях не совпадает число кварков и лептонов в разных поколениях.

Всё это больше говорит в пользу того, что кварки и лептоны второго и третьего поколений являются возбуждёнными состояниями частиц первого поколения. С другой стороны, добавление одного или двух ритонов к уже имеющимся, в свою очередь, может вызвать подозрение о составной природе самих ритонов.

Принцип фундаментальности частиц

Какими свойствами должны обладать *истинно элементарные частицы*, т. е. частицы, не имеющие структурных составляющих, которые принято называть *фундаментальными частицами*?

Для фундаментальных частиц сформулируем очевидное и разумное требование, которое для них всегда должно выполняться, а для составных частиц оно в общем случае не выполняется.

Принцип фундаментальности частиц. У всех фундаментальных частиц характеристики (квантовые числа), такие как электрический заряд, цвет, барионное число и лептонные числа, странность, чарм и др. могут быть или равными нулю или элементарными.

Из данного принципа следует то, что кратные квантовые числа могут быть только у составных частиц. Здесь очень важно знать точно - какие значения квантовых чисел является элементарным.

Аналогично принцип фундаментальности частиц можно сформулировать для некоторых других квантовых чисел, таких как спин и др. Что касается спина, то фундаментальные частицы, могут иметь тоже только элементарный спин, который, видимо, должен быть равен $1/2$ или 1 , но, возможно, что к набору элементарных спинов можно отнести ещё спины 0 и 2 .

Принцип фундаментальности частиц сформулирован как аксиома и его, предполагается, нельзя доказать или опровергнуть.

Утверждение обратное данному принципу в общем случае не верно.

Применительно к электрическому заряду данный принцип утверждает, что каждая фундаментальная частица может иметь или минимально возможный (элементарный) электрический заряд или быть равным нулю. Или просто – фундаментальная частица имеет заряд не более, чем элементарный, но не может иметь не элементарный электрический заряд. Этот принцип запрещает фундаментальным частицам иметь двойной, тройной и т. д. электрический заряд. Поэтому любые частицы, имеющие кратный электрический заряд обязательно должны быть составными. Очевидно, что составными будут и другие частицы находящиеся на том же уровне элементарности, что и частицы с кратными зарядами.

У кварков и лептонов электрические заряды составляют $0, \pm 1/3, \pm 2/3, \pm 1$ заряда позитрона. Элементарным электрическим зарядом на данном уровне рассмотрения можно принять $1/3$ заряда позитрона, который обозначим как e_e , где индекс « e » указывает на то, что заряд элементарный (от «elementary»). Такой заряд имеют нижние антикварки $\bar{d}, \bar{s}, \bar{b}$, а у кварков d, s и b заряд такой же, но с отрицательным знаком. Другая половина кварков - u, c, t , имеют заряд $2/3$ заряда позитрона или удвоенный элементарный заряд $2e_e$. Заряженные лептоны e, μ, τ имеют тройной электрический заряд, $3e_e$. Другие лептоны – три типа нейтрино ν_e, ν_μ, ν_τ имеют нулевой электрический заряд. Многозарядность половины кварков и половины лептонов не просто

говорит в пользу составной модели кварков и лептонов, а говорит явно и однозначно. Более того, он представляется настолько сильным в пользу составных кварков и лептонов, что уже его одного достаточно для того, чтобы считать кварки и лептоны составными частицами. Получили, что составная природа кварков и лептонов видна уже из феноменологической модели кварков и для этого вполне достаточно знать только об одном поколении фермионов. Получаемая при этом модель составных кварков и лептонов очень хорошо согласуется именно с моделью ритонов.

Все остальные аргументы в пользу составных кварков и лептонов, как правило, являются хоть и вескими, но всё же косвенными.

Ввиду того, что заряды кварков и лептонов могут иметь нулевой, одинарный, двойной и тройной заряд, но не более трёх, то это говорит о том, что кварки и лептоны состоят из трёх частиц со спином $1/2$. Три частицы - наиболее простой и экономный вариант для модели составных кварков и лептонов.

Исходя из общих соображений, можно предположить, что кварки и лептоны состоят не из трёх, а из большего числа частиц, которое кратно трём, например из 6, 9, 12 и т. д. Тогда, в зависимости от модели, могут возникать частицы, например «кварки» с электрическими зарядами $5/6$, $2/9$ и др. от заряда позитрона, что противоречит экспериментальным данным.

Переносчики слабых взаимодействий, векторные бозоны W^\pm имеют тройной электрический заряд, значит эти частицы тоже составные. Из этого можно предположить, что электрически нейтральный переносчик слабого взаимодействия Z^0 бозон тоже является составной частицей. Наличие в слабом взаимодействии трёх массивных переносчика взаимодействия, два из которых имеют электрический заряд, говорит в пользу того, что слабые взаимодействия не являются фундаментальными. Кроме этого, векторные бозоны W^- и W^+ являются друг для друга античастицами, а переносчики взаимодействий, как предполагается, являются для самих себя античастицами. Например, в цветовых взаимодействиях имеется только один переносчик – глюон, но в восьми цветовых вариантах.

Из того, что переносчиков слабого взаимодействия не элементарные частицы так же следует, что слабые взаимодействия тоже не являются фундаментальными, но являются «отголосками» некоторого фундаментального, более сильного взаимодействия, которое действует между ритонами и не сводится к другим известным взаимодействиям. Данная ситуация аналогична тому, что ядерные взаимодействия являются проявлением цветовых межкварковых взаимодействий. Если слабые взаимодействия не относятся к фундаментальными, то они являются проявлением некоторого фундаментального взаимодействия, которое значительно более сильное, чем слабые взаимодействия.

Предположим, что переносчиками фундаментальных взаимодействий являются фундаментальные частицы - калибровочные бозоны, в основе описания которых лежат специальные унитарные группы симметрии и удовлетворяющие свойствам:

1. Безмассовые частицы.
2. Векторные частицы со спином равным 1.
3. Частицы, которые тождественны своим античастицам.
4. Могут быть сами носителями зарядов, которые являющихся их источниками.

Это значит, что переносчики фундаментальных калибровочных взаимодействий не могут быть переносчиками зарядов таких взаимодействий, переносчиками которых они сами не являются.

Следовательно, переносчики фундаментальных калибровочных взаимодействий, могут участвовать только в одном типе взаимодействий. Имеет место «*полное*» *разделение взаимодействий*. Это значит, переносчик фундаментального взаимодействия не может быть источником «чужого» взаимодействия, переносчиком которого он не является. Поэтому переносчики разных калибровочных взаимодействий между собой «напрямую» не взаимодействуют.

В данном подходе не учитывается гравитация, а также многие гипотетические некалибровочные взаимодействия, часто выходящие за рамки Стандартной модели.

Если ритоны и антиритоны существуют, то их, как частицы более фундаментальные, чем кварки и лептоны, можно вместе с переносчиками взаимодействий (фотон, глюон и трисон), а также бозон Хиггса, объединить в модель из восьми фундаментальных частиц. Такая модель была предложена и названа Сибирской моделью, из частиц которой легко получают частицы Стандартной модели [11].

В заключение надо сказать, что очень сильным аргументом в пользу модели ритонов является то, что в её рамках решается проблема асимметрии материи и антиматерии. А именно, из модели ритонов следует, что число ритонов и антиритонов во Вселенной одинаково [14]. Позже этот вопрос будет рассмотрен более подробно.

Литература

1. *Pati J., Salam A.* Lepton number as the fourth «color» // *Physical Review*, 1974. D10, pp. 275-289.
[<https://journals.aps.org/prd/abstract/10.1103/PhysRevD.10.275>].
2. *Harari H.* A schematic model of quarks and leptons // *Physics Letters* 1979. V. 86 B, № 1, pp. 83-86.
3. *Shupe M. A.* A composite model of leptons and quarks // *Physics Letters* 1979. V. 86 B, № 1, pp. 87-92.
4. *Гринберг О. У.* Новый структурный уровень // *Успехи физических наук*, 1987. Т. 153, № 2, 335-351. (*Greenberg O. W.* A New Level of Structure // *Physics Today*, 1985, V. 38. № 9, p. 22-30).

5. Д'Суза И.А., Калман К.С. Преоны: модели лептонов, кварков и калибровочных бозонов как составных объектов. World Scientific, 1992. ISBN 978-981-02-1019-9.
6. Kalman C. S. Why quarks cannot be fundamental particles // Nuclear Physics B - Proceedings Supplements, 2005. V. 142, pp. 235-237. [<https://arxiv.org/abs/hep-ph/0411313>]
7. Das C. R., Laperashvili Larisa. Composite model of quark-leptons and duality // arXiv.org, 2006. [<https://arxiv.org/abs/hep-ph/0606042>]
8. Dugne J.-J., Fredriksson S., Hansson J. // Preon Trinity – A Schematic Model of Leptons, Quarks and Heavy Vector Bosons. Europhys. Lett. 2002. V. 60, p. 188.
9. Демельт Х. Эксперименты с покоящейся изолированной субатомной частицей. [(Нобелевская лекция)] (рус.) // Успехи физ. наук. - 1990. - Т. 160, вып. 12. - С. 129-139. (Nobel lecture, December, 8, 1989, Hans D. Dehmelt Experiments with an isolated subatomic particle at rest)].
10. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. – М.: Наука. 1990. – 346 с.
11. Чуриков В. А. Субкварковая феноменологическая модель фундаментальных частиц на основе ритонов // PREPRINTS.RU. <https://doi.org/10.24108/preprints-3112210>. 2021.04.01.
12. Чуриков В.А. Модель ришонов – составная модель кварков и лептонов //Труды IV Международной конференции студентов и молодых учёных: Перспективы развития фундаментальных наук. Россия, Томск, 15 – 18 мая 2007 г.– С. 122 – 125. (IV International Conference “Prospects of fundamental sciences development”. Russia, Tomsk, May 15 – 18, 2007 - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2007, – pp. 122 –125).
13. Чуриков В.А. Калибровочные теории с векторным цветом // Труды IV Международной конференции студентов и молодых учёных: Перспективы развития фундаментальных наук. Россия, Томск, 15 – 18 мая 2007 г.– С. 125 – 128. (IV International Conference “Prospects of fundamental sciences development”. Russia, Tomsk, May 15 – 18, 2007. pp. 125 –128) - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2007, – pp. 122 –125).
14. Чуриков В. А. Барионная асимметрия Вселенной в рамках модели ришонов. Депонировано ВИНТИ, 1990. № 12 78 - В90. 8 с. От 13.02.1990 Печатается в соответствии с решением бюро редколлегии журнала «Известия вузов. Физика».