

## О "МАКСИМОНЕ" И "МИНИМОНЕ" В СВЕТЕ ВОЗМОЖНОЙ ФОРМУЛИРОВКИ ПОНЯТИЯ "ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ЧАСТИЦЫ"

М.А.Марков

Обсуждается возможное определение понятия "элементарной частицы", которое включало бы в себя весь список частиц еще иногда фигурирующий в современной литературе под названием элементарных (нуклоны, барионы и т. д.). Указывается вариант теории, в который "максимон" (частица максимально большой массы в спектре масс "элементарных частиц") определяет численное значение "минимона" (частицы наименьшей массы, отличной от нуля).

Научная классификация объектов, объединяемых в соответствующие семейства, как показывает история, дело, в известном смысле, неблагоприятное. Как правило, предполагаемая терминология со временем оказывается даже в лингвистическом смысле в противоречии с объектами классификации. "Неделимый" по своему лингвистическому смыслу "атом" давно стал "делимым". Не так давно введенный термин семейства "лептонов" (легких частиц) в противовес термину "барионов" (тяжелых частиц) с появлением  $\tau$ -мезона тяжелее некоторых барионов продолжает существовать в противоречии со своим лингвистическим смыслом. С появлением идей партонов, кварков, субкварков и т. д., в свете которых стало лингвистически неестественно называть обсуждаемые частицы "элементарными", последний термин вообще исчез в буклете, издаваемом ЦЕРНом<sup>1</sup>. Спрашивается, нельзя ли в списке частиц, допустим в ЦЕРНовских буклетах, найти какие-то общие характеристики, которые сделали бы физически осмысленными попытки классифицировать этот список частиц общим термином, даже сохранив, например, общее название "элементарной частицы".

Для любой частицы массы  $m$  независимо от того, является ли она *макроскопической* или *микроскопической*, независимо от ее внутренней структуры имеются две характерные длины, фундаментальным образом связанные со значением ее массы  $m$ . Эти длины образуются с участием мировых констант:  $c$  — скорости света, гравитационной постоянной  $k$ , постоянной Планка  $h$  или  $h/2\pi$ . Одна из этих длин — это гравитационный радиус "частицы"

$$l_{gr} = 2mk / c^2 . \quad (1)$$

Другая фундаментальная длина, связанная с массой частицы — это длина типа длины Комп-

$$l_c = \alpha \frac{h}{mc} , \quad (2)$$

где  $\alpha$  — пока произвольная константа. Наложение на эти длины условия

$$l_c \geq l_{gr} \quad (3)$$

существенно ограничивает спектр масс рассматриваемых частиц, именно

$$\alpha \frac{\hbar}{mc} \geq \frac{2m\kappa}{c^2} \quad (4)$$

ведет к ограничению списка частиц верхним максимальным значением массы. Частицу максимально большой массы в списке элементарных частиц естественно назвать максимомом<sup>2</sup>

$$m_{max} = \sqrt{(\alpha/2)(\hbar c/\kappa)} \sim 10^{-5} \text{ г если } \alpha \sim 1. \quad (5)$$

Но в списке частиц, ограниченном условиями (3), (5), оказались бы частицы, которых нет в ЦЕРНовском буклете. Так, например, пылинка вещества с массой  $m \sim 10^{-5}$  г, состоящая из  $10^{19}$  нуклонов вошла бы в список частиц ЦЕРНовского буклета, если список частиц ограничить только условием (5) с  $\alpha \sim 1$ . Но все частицы физически характеризуются теми или иными геометрическими размерами. Эти структурные размеры частиц ( $l_r$ ) не выражаются непосредственно через мировые константы, но в конце концов определяются фундаментальными взаимодействиями частиц, составляющих данную частицу (т.е. нуклонами, кварками, партонами и т.д.). В принципе в последовательной теории полей эти структурные размеры частиц должны во всех случаях вычисляться теоретически. Смысл дальнейшего заключается в обсуждении: не ограничивает ли еще одно добавочное условие

$$l_c > l_r \quad (6)$$

список частиц как раз кругом частиц ЦЕРНовских буклетов, для которого можно и сохранить ставший условным термин "элементарных частиц". Действительно, условия типа (4) и (6) способны исключить частицы, составленные из нуклонов. Наипростейшей из таких частиц является дейтрон.

**Дейтрон.** Масса дейтрона  $m_D \sim 1876$  мэВ. Радиус дейтрона

$$R_D \sim 4,8 \cdot 10^{-13} \text{ см}; \quad l_c = (\alpha \hbar / M_D c) \sim \alpha \cdot 10^{-14} \text{ см}.$$

Таким образом, дейтрон согласно (3) и (6), выбывает из списка "элементарных частиц", если константа  $\alpha < 48$ , например, равна единице или  $2\pi$ .

В настоящее время структурные длины остальных частиц ЦЕРНовского буклета практически неизвестны.

**Лептоны:**  $e, \mu, \tau$  — они могут оказаться точечными или в каком-то смысле обладающими размерами

$$l_r^L = e^2 / m_L c^2.$$

В этом случае отношение  $l_c$  к  $l_r$  удовлетворяют условию (6)

$$l_c / l_r \sim 137. \quad (7)$$

**Протон.** Масса протона  $m_p \sim 938$  мэВ. В литературе дается экспериментальное значение "размеров" протона

$$l_r^p \sim 0,8 \cdot 10^{-13}.$$

Если эту величину называть структурным размером протона, то значение величины  $\alpha$  в формуле (2) возрастает примерно до  $\alpha = 2\pi$ .

Неясно, уложатся ли пока неизвестные структурные размеры гиперонов и большого числа мезонов ЦЕРНовской таблицы частиц для  $\alpha \leq 2\pi$ . Вероятно в рамках  $\alpha$ , допускаемых дейтроном ( $\alpha \leq 48$ ) уложится вся систематика частиц ЦЕРНовского буклета. Но при этих значениях  $\alpha$  (т.е.  $\alpha \gg 2\pi$ ) систематика не выглядит достаточно элегантно. Правда, можно вспомнить фразу Эйнштейна "Оставим элегантность для портных и сапожников". Но на этот счет могут быть и другие мнения. Все частицы с собственной массой, равной нулю, типа фото-

на, гравитона и т. д. заведомо вписываются в эту классификацию, так как для них

$$l_c = (\hbar/mc) \xrightarrow{m \rightarrow 0} \alpha.$$

Согласно рассматриваемой классификации, верхняя граница спектра масс частиц определяется из соотношения

$$\alpha \frac{\hbar}{m_{max}c} = \frac{2\kappa m_{max}}{c^2},$$

если  $\alpha \sim 1$ , то

$$m_{max} \sim \sqrt{\hbar c/\kappa} \sim 10^{-5} \text{ г.}$$

Физическая реальность такой частицы во всяком случае в такой же мере несомненна, как и существование распадающейся черной дыры. Если черные дыры существуют и они распадаются за счет хокинговского излучения, то достигая при распаде массы  $\sim 10^{-5}$  г, черная дыра становится по своим свойствам "максимоном" <sup>2</sup>.

В спектре масс обсуждаемых частиц неизбежно должна существовать также частица с минимальной массой, отличной от нуля, ее естественно назвать "минимомом". Значение минимальной массы такой частицы также должно иметь свое особое теоретическое обоснование. Например, в механизме Гелл-Манна, Рамонда, Сланского, Янагиды <sup>3</sup> малость массы нейтрино, участвующего в слабых взаимодействиях, определяется массой правого майорановского нейтрино, которая в теории великого объединения может достигать масштаба масс максимомов  $V \sim 10^{19}$  ГэВ. Другими словами, если масса майорановского ( $\nu_R$ ) тяжелого нейтрино

$$m_D = m_R \sim 10^{19} \text{ ГэВ},$$

то масса другого нейтрино  $m_1$  дается <sup>3</sup> выражением

$$m_1 \sim m_D \frac{m_D}{m_R},$$

где  $m_D$  — масса дираковского нейтрино.

Здесь обращает на себя внимание то обстоятельство, что масса частицы с минимальной массой (минимона) в принципе может определяться массой максимона.

#### Литература

1. Particle properties Data Booklet, April 1986.
2. Markov M.A. Progr. Theor. Phys. Suppl. Commemoration Issue for. 30-th Anniversary of the Meson theory by Dr. H. Yukawa 1965; Марков М.А. ЖЭТФ, 1966, 51, 878.
3. Зацепин Г.Т., Смирнов А.Ю. "Нейтрино и нейтринная астрофизика". Часть I, Нейтрино, изд. МГУ, 1984.