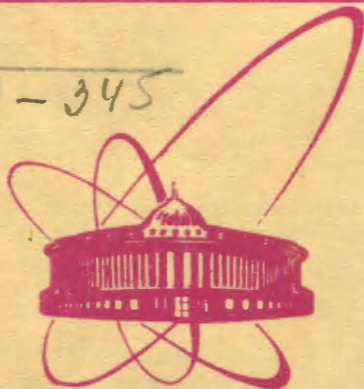


M-345



Объединенный  
институт  
ядерных  
исследований  
Дубна

2335/2-81

18/5-81

P4-81-81

И. М. Матора

МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОНА И МЮОНА

Направлено в ЯФ

1981

Исходной предпосылкой модели структуры электрона и мюона примем универсальность известного кванта магнитного потока, обнаруженного при исследовании макроскопических сверхпроводящих колец. Точнее, его значение  $\Phi_0 = \frac{\pi \hbar c}{e} = 2,06785 \times 10^{-7}$  /система единиц гауссова/ будем считать справедливым и для лептонов. Необходимость учета в теории существования кванта электрического заряда  $e = 4,803242 \times 10^{-10}$ , эквивалентного кванту потока вектора напряженности электрического поля сквозь охватывающую частицу замкнутую поверхность, определенно указывает на не меньшую важность для теории следствий, вытекающих из наличия в природе вышеупомянутого кванта магнитного потока.

Будем также предполагать, что заряд частицы равномерно распределен по кольцевой тороидальной поверхности с большим радиусом тора  $R$  и малым радиусом кругового сечения кольца  $\rho_0$ , причем  $\rho_0 \ll R$ .

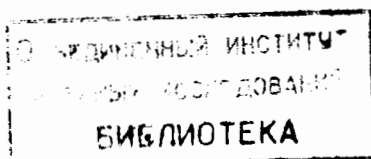
Существенным является также предполагаемое наличие постоянной азимутальной скорости заряда, равной скорости света  $c$ . Одним из аргументов в пользу этого предположения является равенство сил электростатического расталкивания заряда и его магнитного стягивания, направленных вдоль нормали к поверхности тора. Возможно также, что вытекающее из теории Дирака "дрожание" электрона со скоростью  $c$  в действительности является этим упорядоченным азимутальным движением его заряда. Выберем цилиндрическую систему координат с началом в центре кольца и осью  $Oz$ , направленной по оси его симметрии.

Итак, в соответствии с первым предположением магнитный поток  $\Phi$ , создаваемый вышеупомянутым азимутальным током, в электроне и мюоне выражается в виде

$$\Phi = M \Phi_0, \quad (\pm M = 0,1,2,\dots), \quad //1/$$

а суммарный электрический заряд на каждом кольце равен  $e$ .

Пользуясь известными выражениями векторного потенциала кольцевого тока  $A_\phi(r, z)$ , скалярного потенциала и составляющих напряженности магнитного и электрического полей  $H_r, H_z, E_r, E_z$  через полные эллиптические интегралы, для близкой к поверхности тора окрестности получаем следующие приближенные формулы для  $A_\phi$ , а также для величин векторов  $|H| = H$  и  $|E| = E$ :



$$A_{\phi}(\rho) = 2 \frac{J}{c} \left( \ln \frac{R}{\rho} + 0,0794 \right), \quad /2/$$

$$H(\rho) = E(\rho) = \frac{2J}{c\rho}, \quad /3/$$

где  $\rho$  - расстояние от окружности радиуса  $R$ , расположенной в экваториальной плоскости тора с центром в начале координат;  $J$  - азимутальный ток в кольцах.

Из электродинамических соотношений, связывающих магнитный момент частиц  $\mu$ , ток  $J$  и радиус  $R$ , находим

$$\mu = \frac{J}{c} \pi R^2, \quad \frac{J}{c} = \frac{e}{2\pi R}, \quad /4/$$

откуда

$$R = \frac{2\mu}{e}, \quad \frac{J}{c} = \frac{e^2}{4\pi\mu}. \quad /5/$$

Тогда магнитный поток, пронизывающий кольцо  $\Phi = 2\pi R A_{\phi}(\rho_0)$ , будет равен

$$\Phi = 2e \left( \ln \frac{R}{\rho_0} + 0,0794 \right) = M\Phi_0. \quad /6/$$

Из последнего вытекает выражение для спектра допустимых дискретных значений  $\ln \frac{R}{\rho_0}$ :

$$\ln \frac{R}{\rho_0} = M \frac{\Phi_0}{2e} - 0,0794, \quad /7/$$

безразмерный квант которого есть  $\frac{\Phi_0}{2e} = 215,2557$ .

Вклад электромагнитного поля в энергию покоя  $E'_0$  составляет

$$E'_0 = \frac{1}{8\pi} \int (H^2 + E^2) dV. \quad /8/$$

В соответствии с /3/ он представим в виде

$$E'_0 = \frac{e^2}{2\pi R} \left( \ln \frac{R_M}{\rho_0} + \ln \frac{R_2}{\rho_0} \right), \quad /9/$$

так как существуют такие значения величины  $R_M$  и  $R_2$  размерности длины, подстановка которых в /9/ дает точное значение  $E'_0$ .

Чтобы облегчить понимание результатов дальнейшего рассмотрения, воспользуемся тем обстоятельством, что подавляющая часть интеграла /8/ содержится в области малых  $\rho$ , что дает основание приближенно положить

$$R_M \sim R_2 \sim R.$$

Тогда

$$E'_0 \approx \frac{e^2}{\pi R} \ln \frac{R}{\rho_0} = M \frac{e\hbar c}{4\mu} - 0,0794 \frac{e^3}{2\pi\mu} = M \frac{e\hbar c}{4\mu}. \quad /9'/$$

Неквантованное слагаемое в правой части /9'/ опущено, так как его модуль при  $M > 0$  составляет  $< 4 \times 10^{-4}$  от модуля основного члена.

Вычисление механического момента /спина/  $s$  частицы, который, очевидно, равен произведению величины радиуса кольца  $R$ , на котором сосредоточен заряд, и полевой части импульса заряда  $p$  в этом же месте, с учетом /5/ и /7/ дает

$$s = R \cdot \frac{e}{c} A_{\phi}(\rho_0) = \frac{e^2}{\pi c} \left( \ln \frac{R}{\rho_0} + 0,0794 \right) = M \frac{\hbar}{2}. \quad /10/$$

Отсюда следует, что все частицы со спином  $\frac{\hbar}{2}$  должны характеризоваться квантовым числом магнитного потока  $M=1$ . Эта обусловленная моделью кратность спина величине  $\frac{\hbar}{2}$  вызывает определенный оптимизм.

Но обладающая механическим моментом частица помимо энергии поля /9/ или /9'/ обладает также добавочной энергией покоя  $E''_0$  за счет вращения, равной ввиду световой скорости заряда

$$E''_0 = pc = M \frac{e\hbar c}{4\mu}. \quad /11/$$

Полная энергия покоя частицы, таким образом, оказывается равной

$$E_0 = E'_0 + E''_0 = M \frac{e\hbar c}{2\mu} \quad (M=1). \quad /12/$$

А разрешив /12/ относительно магнитного момента  $\mu$ , имеем

$$\mu = \frac{e}{mc} \frac{\hbar}{2} = \frac{e}{mc} s. \quad /13/$$

откуда получаем правильное квантовомеханическое отношение

$$\frac{\mu}{s} = \frac{e}{mc}. \quad /14/$$

Характерно, что кванты энергии покоя  $E_0$  для всех четырех лептонов в /12/:

$$E_0 = \frac{e\hbar c}{2\mu}, \quad /15/$$

поразительно близки к экспериментальным значениям их энергии покоя и составляют 0,51041 МэВ для электрона и 105,533 МэВ для мюона. Правда, из-за допущенного нами вышеупомянутого приближения в /9'/ совпадение это пока нельзя считать точным. Уточненное вычисление /8/ для  $e^{\pm}$  и  $\mu^{\pm}$  было проделано на ЭВМ. Часть интеграла по области, примыкающей к поверхности кольца  $\rho_0 \leq \rho \leq 10^{-6} R$ , вычислялась аналитически, а вне тора  $\rho = 10^{-6} R$  - численно.

Прежде чем привести таблицу вычисленных на основе предлагаемой модели параметров  $e^\pm$  и  $\mu^\pm$ , подчеркнем, что исходными для нее были универсальные физические константы  $\hbar, c, e, \Phi_0 = \frac{\pi \hbar c}{e}$  и два экспериментально измеренных значения магнитных моментов электрона и мюона, равные соответственно  $9,28485 \times 10^{-21}$  и  $4,49062 \times 10^{-23}$ . Подгоночные параметры в модели отсутствуют. Предполагались лишь общие структурные особенности частиц: а/ тороидальная симметрия; б/ однородное распределение заряда по поверхности тора; в/ равенство скорости азимутального движения заряда скорости света.

Расчетные значения  $M, s, E_0, R, \ln \frac{R}{\rho_0}, \rho_0$  и  $\frac{J}{c}$  даны в таблице.

Для  $\tau$ -лептона, известная экспериментальная энергия покоя которого  $E_0 = 1784,4$  МэВ, предсказываемый моделью магнитный момент  $\mu_\tau$  есть  $\mu_\tau = 2,65 \times 10^{-24}$  эрг/Гс. Помимо уже отмечавшегося совпадения вычисленных спинов с их экспериментальными значениями видно и совпадение масс покоя  $e^\pm$  и  $\mu^\pm$  не хуже 0,12%. Это может служить основанием для утверждения, что, по-видимому, природа масс покоя всех лептонов полностью электромагнитная. Это же утверждение о природе массы мюона было сделано Барутом<sup>1/</sup>.

Распределение массы, заряда и магнитного момента оказалось до некоторой степени аналогичным партоновой модели адронов. Все указанные характеристики сконцентрированы /правда, не в точках/ в чрезвычайно малой окрестности окружности радиуса  $R$ . Большой радиус электрона  $R_e = 3,87 \times 10^{-11}$  см, на первый взгляд, парадоксально велик. Однако уникальный по величине магнитный момент электрона не мог бы быть создан с помощью даже световой скорости упорядоченного движения суммарного заряда  $e$  при малом характерном размере частицы. Из не связанного с моделью соотношения неопределенностей также следует, что характерный размер  $2R$  любой частицы должен удовлетворять выражению

$$2R \geq \frac{\hbar c}{pc} \quad /16/$$

/p - характерный импульс внутреннего движения/. Ввиду того, что известное из теории Дирака "дрожание" даже покоящегося электрона имеет математическое ожидание оператора скорости, равное  $c$ , для него

$$2R \geq \frac{\hbar c}{mc^2} = 3,86 \cdot 10^{-11} \text{ см.}$$

Магнитные индукции в рассмотренных кольцах-частицах столь велики /у поверхности торов  $\sim 10^{100}$  Гс в электроне и  $\sim 10^{109}$  Гс в мюоне, а в центре колец - соответственно  $3,2 \cdot 10^{11}$  Гс и

Таблица

Частица	M	s	$E_0$ /МэВ/	$R$ /см/	$\ln \frac{R}{\rho_0}$	$\rho_0$ /см/	$\frac{J}{c}$
$e^\pm$	1	$\frac{h}{2}$	0,51162	$3,866 \times 10^{-11}$	215,18	$1,37 \times 10^{-104}$	1,97
$\mu^\pm$	1	$\frac{h}{2}$	105,782	$1,870 \times 10^{-13}$	215,18	$6,64 \times 10^{-107}$	408,8
$\tau^\pm$	1	$\frac{h}{2}$	1784,0	$1,1 \times 10^{-14}$	215,18	$3,9 \times 10^{-108}$	6900,0

$1,37 \times 10^{16}$  Гс/, что короткодействующее взаимодействие таких колец-магнитных моментов способно обусловить сильное взаимодействие. В сущности это уже было показано Барутом и Краусом<sup>2/</sup>, продемонстрировавшими теоретически с помощью введения неких эффективных потенциалов взаимодействия аномального магнитного момента лептона с полем неподвижного антилептона возможность возникновения резонансов с характерными размерами адронов.

Вероятно, ядерные силы также обусловлены взаимодействием магнитных моментов нуклонов /хотя рассмотренная простейшая кольцевая модель структуры для протона оказалась не вполне подходящей, рассчитанная на ее основе электромагнитная масса покоя составила лишь  $\sim 336$  МэВ/.

Последнее подтверждается следующей важной особенностью структуры ядер. Во всех ядрах четная часть нуклонов всегда допускает разбиение на пары: протон-нейтрон, протон-протон и нейтрон-нейтрон, любая из которых имеет антипараллельные магнитные моменты. Зарядово независимой является взаимная ориентация в указанных парах именно магнитных моментов, тогда как спины в них бывают и антипараллельными, и параллельными /как в дейтроне/. Это значит, что взаимодействие магнитных моментов может быть динамическим фактором, обуславливающим сильную связь.

Кроме того, есть совпадение зависимости от расстояния между частицами ядерных сил и взаимодействия взаимно антипараллельных магнитных моментов, создаваемых кольцевыми токами с совпадающими экваториальными плоскостями колец. Легко понять с помощью известного выражения энергии взаимодействия двух магнитных моментов, что при расстоянии между кольцами  $r$ , таком, что  $r \geq 2R$ , происходит короткодействующее притяжение  $|\sim \frac{1}{r^3}|$ .

Если же  $r=0$ , то наблюдается сильное отталкивание. В области  $0 < r < 2R$  с возрастанием  $r$  отталкивание переходит в притяжение.

Таким образом, понятно, почему именно антипараллельная ориентация магнитных моментов обуславливает их сильную связь. Здесь снаружи находится не барьер отталкивания, как было бы в случае параллельных моментов, который делал бы связь невозможной, а зона сильного притяжения.

В свете этих представлений естественна и некоторая неадекватность магнитных моментов, которая, например, в дейтроне составляет около 2%. Квантованными в нуклонах остаются магнитные потоки, а моменты из-за взаимоиנדукции изменяются.

Было бы необъективным не упомянуть о следующей особенности предложенной модели, которая может быть интерпретирована двояко. В хорошо исследованных стационарных квантовомеханических системах, например, в атоме водорода или в сверхпроводящих макроскопических кольцах в наименьшем состоянии  $l = 1$  для водорода и  $M = 1$  для кольца, длина волны де Бройля соответственно для электрона и состоящей из двух электронов квазичастицы, вычисленная по математическому ожиданию операторов импульса, в точности равна длине окружности с боровским радиусом и радиусом кольца соответственно. В то же время эта длина волны заряда  $e$  в нашей модели, соответствующая импульсу  $\frac{e}{c} A_{\phi}(\rho_0)$  из [10], составляет не  $2\pi R$ , а  $4\pi R$ .

Скептически настроенный читатель в связи с этим вправе расценить это как трудность модели. Оптимист, наоборот, может думать, что в элементарных частицах осуществляются стоячие волны де Бройля.

В заключение считаю приятным долгом принести искреннюю благодарность Ю.А.Александрову, А.М.Балдину, В.Г.Кадышевскому, В.И.Лушикову, В.А.Саввину и И.М.Шелонцеву за проявленный благожелательный интерес к работе, дискуссии и помощь.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Barut A.O. In: Lecture Notes in Physics. Ed.A.Böhm, Springer, 1978, p.440.
2. Barut A.O., Kraus J. Phys. Lett., 1975, 59B, No.2, p.175.

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 февраля 1981 года.