

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОЙ РЕАКЦИИ П. ДИРАКА

Лебедев Владимир Николаевич, ст. преподаватель ДонНУ.

lvn.lvn@ukr.net

Прошло почти 100 лет со дня появления гипотезы Поля Дирака об «электронно-позитронном поле», считающейся крупнейшим достижением квантовой физики. Мало кто помнит, что первый вариант этой гипотезы предполагал существование несимметричной, относительно массы, реакции генерирующей электрон и протон. Идея была подвергнута жесткой критике и, практически, забыта. Однако сегодня известны несколько несимметричных реакций, например, образование «легких носителей» и «тяжелых дырок» в полупроводниковых материалах. Этот тип реакции связан не с диссоциацией зарядовой пары, а переносом зарядов из одной группы в другую. Предварительный анализ, выполненный в данной работе, показывает, что исследование несимметричных реакций переноса зарядов открывает новые перспективы в понимании механизма формирования элементарных частиц.

Ключевые слова: Дирак, систематизация частиц, универсальные правила реакций распада, базисный заряд, несимметричная реакция переноса.

Среди стабильных частиц наблюдается следующая интересная зависимость. Запишем параметры некоторой частицы в виде:  $(Y, Z)_X$ ,  $X$  – тип частицы,  $Y, Z$  – соответственно: спин (в единицах  $\hbar$ ) и относительный электрический заряд. Для 4 заряженных стабильных частиц (электрона, позитрона, протона и антипротона), если не учитывать другие величины, например массу, выполняется простое соотношение:

$$Y, Z_p = Y, Z_{e^+} = Y, Z_e = (Y, Z)_{p^-}, \quad Y = 1/2, Z = 1. \quad (1)$$

Но почему среди множества различных комбинаций стабильным заряженным частицам соответствует только вариант  $(1/2, 1)$  и инверсия  $(-1/2, -1)$ ? Попытаемся найти ответ в далеком прошлом, вернувшись к одной из гениальных идей Поля Дирака.

Гамильтониану Дирака удовлетворяют два типа частиц с противоположно направленным спином, энергия частиц первого типа положительна, второго – отрицательна. Можно представить некоторый гипотетический процесс потери энергии электроном и перехода на более низкий, отрицательный уровень. Дирак предположил,

что этот феномен запрещен принципом Паули, нижние уровни заполнены парой частиц, имеющих противоположное значение спина и электрического заряда [1]. Действительно, в 1932 году К. Андерсоном был открыт «антиэлектрон» - позитрон. Описание вакуума как пар частиц, заполняющих уровни отрицательной энергии, было названо «дырочной» теорией Дирака, а предсказание существования позитрона считается крупнейшим достижением квантовой физики.

Однако первый, основательно забытый, вариант гипотезы, имел существенное отличие. Дирак предположил существование не симметричной, относительно массы, реакции, дающей в итоге электрон и протон. Против этой гипотезы выступили Герман Вейль, Игорь Тамм, Роберт Оппенгеймер и др. После критики, гипотеза была переписана в современном виде. Обычно на этом месте ставят жирную точку, но повторный анализ позволяет обнаружить некоторую неточность в позиции оппонентов. Существует, по крайней мере, одна возможность для реакции, действительно, дающей в результате частицы различной массы.

Запись исправленной гипотезы Дирака, по мнению Вейля, будет иметь вид (С – связанное состояние зарядов):

$$C^+C^- = e^+ + e^-, \quad (2)$$

При этом априори предполагается, что «море» Дирака будет вести себя как некоторая жидкая или газообразная среда. Но в некоторых твердых материалах реакция идет именно по схеме Дирака, а не Вейля. Считать физический вакуум жидкостью или газом не больше оснований, чем твердым телом. В полупроводниках, например, образуются подвижные «носители» заряда и менее подвижные «дырки». Запишем исходную пару частиц в следующем символическом виде:

$$A = B, \quad A \ 1/2, 1, \quad (3a)$$

$$a = b, \quad a \ 1/2, 0, \quad (3b)$$

$$AB = ab. \quad (3в)$$

Гипотетическая несимметричная (относительно массы) реакция смещения Дирака должна протекать между двумя группами  $AB$  и сопровождаться генерацией 2 частиц (протона и электрона) при смещении  $B$  и генерацией 2 античастиц (антипротона и позитрона) при смещении  $A$ :

$$AB + AB = A \rightarrow B \rightarrow AB = A + B \quad ab = p + e, \quad A \ 1/2, 1, \quad B \ ab \ -1/2, -1, \quad (4a)$$

$$AB + AB = B \rightarrow A \rightarrow AB = B + A \quad ab = p^- + e^+, \quad B \ (-1/2, -1), \quad A \ ab \ (1/2, 1). \quad (4б)$$

Массивные «дырки»  $A$  и  $B$  имеют равную массу, отличаются знаком электрического заряда и спина, что позволяет ассоциировать их с протоном и антипротоном. Подвижным «носителям»  $B(ab)$  и  $A(ab)$  соответствуют электрон и позитрон.

Генерация пары позитрон - электрон является частным случаем общей реакции переноса заряда и отличается от схемы Вейля:

$$3AB = A ab + B ab = e^+ + e, A(ab) (1/2, 1), B ab (-1/2, -1). \quad (5)$$

Назовем зарядовые группы  $(AB)$  и  $(ab)$  основой (базисом) и составляющий базис элементы – «базисными зарядами». Используя соотношения (2), составим таблицу состояний базисных зарядов.

Таблица 1

	Разрешенные состояния	
	J	q
<b>A</b>	+1/2	+1
<b>a</b>	+1/2	0
<b>B</b>	-1/2	-1
<b>b</b>	-1/2	0

Других комбинаций в природе не существует (0, -1), (0, +1), (1/2, -1) и (-1/2, +1)... . Необходимо подчеркнуть, что реакции (4) являются формальной записью первой гипотезы Дирака и не содержат дополнительных условий и предположений. Возвращаясь к вопросу, поставленному в начале этой заметки, можно утверждать следующее:

Если материя во Вселенной возникла из вакуума в результате несимметричной реакции Дирака, то ограничение числа комбинаций спин – эл. заряд для стабильных заряженных частиц является закономерным и обусловлено существованием некоторого универсального (формирующего пространство и материю) базисного «элемента».

В развитие этой гипотезы, в таблице 2 представлены гипотетические зарядовые комбинации стабильных частиц [2,3].

Таблица 2

Частица	Обоз.	Комбинация	Спин	Эл. заряд
электрон	e	B(ab)	-1/2	-1
позитрон	e <sup>+</sup>	A(ab)	+1/2	+1
фотон	γ	aa, bb	±1	0
протон	p	A	+1/2	+1
антипротон	p <sup>-</sup>	B	-1/2	-1

нейтрино	$\eta$	b, a	$\pm 1/2$	0
----------	--------	------	-----------	---

Интересно, что если бы победила первая идея Дирака, то было бы предсказано существование не одной частицы – позитрона, а двух – позитрона и антипротона, открытого значительно позже позитрона [4].

Число и тип частиц, генерированных в реакциях распада, определяется законами сохранения. Возникает вопрос: - Как в результате реакций изменяется общее число базисных зарядов? Если существует гипотетический универсальный закон сохранения, то должны действовать несколько ограничений на тип частиц, возникающих в результате распада. Для частиц, в форме комбинаций базисных зарядов, можно ввести параметр, характеризующий четность числа этих зарядов. Чтобы не путать с общепринятым параметром «четность», назовем такую характеристику «парностью» (четность иногда не равна парности). Стабильные частицы (по табл.2), за исключением фотона являются непарными (состоят из 1 или 3 зарядов). Используя экспериментальные данные, например таблицы распада мезонов (зарядовые комбинации вида  $B(ab)-A(ab)$ ), можно проверить выполнение нескольких следствий из универсального закона сохранения:

- так как источник (вакуум) содержит только четное число базисных зарядов, то парность (по числу зарядов) до реакции всегда будет равна парности после реакции;

- конечным продуктом реакций распада являются стабильные частицы. Тогда, единственным способом восстановить парность числа зарядов после реакции является генерация нейтрино [5];

- при распаде нестабильной парной нейтральной частицы может генерироваться только четное число нейтрино, а при распаде парной заряженной частицы - только нечетное число нейтрино.

Кроме этих правил, существует еще целый ряд нетривиальных соотношений, связывающих, например, спин и электрический заряд нестабильной частицы с продуктами реакции распада. Исключений из этих и других правил, среди известных сегодня реакций, выявлено не было. Подчеркнем, что существование даже единственной реакции, не подчиняющейся этим правилам, означало бы ошибочность описанной модели. Такой, достаточно мощный контроль, выполненный по известным сегодня экспериментальным данным, позволяет утверждать, что, по крайней мере, зарядовые комбинации стабильных частиц были установлены правильно.

### Обсуждение

Вопрос: - Что Вы предлагаете: некоторый новый, формальный способ описания частиц или это претензии на теорию?

Ответ: - Рассмотренная гипотеза может стать теорией, если удастся создать математический образ/модель хотя бы стабильных частиц. Сегодня успехи в этом направлении довольно скромные. Например, удается вычислять массы частиц, но расчетные области распределения зарядов значительно отличаются от экспериментальных.

Вопрос: - Есть ли совпадения с более современными теориями, например с теорией кварков (Гелл-Манн и Цвейг)?

Ответ: - Совпадения есть, но это, скорее исключения, чем правило. Расхождения принципиальные, например, заряд базиса не может быть дробным. Конечно, часто встречаются электрически заряженные группы из 3 базисных зарядов, но считать, что электрический заряд равномерно распределен по  $1/3$ , - это формальное утверждение, увеличивающее (в рамках данной модели) погрешность при расчете массы.

### **Заключение**

Изучение первого варианта гипотезы П. Дирака открывает принципиально новое направление в исследовании мира элементарных частиц.

### **Литература**

1. P.A.M. Dirac «A Theory of Electrons and Protons», Proc. R. Soc. A126 360 (1930) link to the volume of the Proceedings of the Royal Society of London containing the article at page 360
2. <http://n-t.ru/tp/ng/fk.htm>
3. <http://n-t.ru/tp/ns/to.htm>
4. [Phys. Rev. 100, 947—950 \(1955\)](#)
5. <http://pdg.lbl.gov/2017/tables/rpp2015-tab-mesons-light.pdf>