Лекция 24. Единая теория взаимодействий. Тезисы

А. А. Кецарис*

(8 июля 2011)

В этой Лекции мы собираем воедино результаты, полученные в предыдущих лекциях, и оформляем их как краткое введение в единую теорию взаимодействий. Наш подход основан на алгебраическом обобщении двух пространств: пространства-времени и пространства действия, подобного пространству-времени. И пространство-время, и пространство действия наделяются свойствами тензорной алгебры. Это позволяет объяснить иерархию фундаментальных элементарных частиц и сделать обобщения, касающиеся этих частиц. Частным случаем тензорной алгебры является алгебра Клиффорда, которая ставится в соответствие лептонам. Линейные и билинейные преобразования тензорной алгебры ставятся в соответствие промежуточным частицам. Эти преобразования позволяют описать взаимодействие фундаментальных и промежуточных частиц.

I. ВВЕДЕНИЕ

Единая теория взаимодействий – это гипотетическая теория, которая должна включить в себя факты и устоявшиеся соображения, касающиеся всех взаимодействий, найти ответы на существующие вопросы, решить возникшие проблемы. Но, мало того, она должна выполнить эту работу, исходя из некоторых универсальных представлений, "единым"образом. Здесь пойдет речь о разрабатываемом нами варианте единой теории взаимодействий. Сначала мы перечислим наиболее существенные факты, суждения, вопросы и проблемы, которые, с нашей точки зрения, должны быть охвачены единой теорией взаимодействий. А затем сформулируем те ответы на поставленные вопросы, которые дает разрабатываемая нами единая теория взаимодействий.

II. ПРОБЛЕМЫ ЕДИНОЙ ТЕОРИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

1. Первый вопрос, который необходимо предъявить единой теории взаимодействий, таков. Можно ли объяснить тот факт, что взаимодействия носят квантовый характер? То есть величины, характеризующие взаимодействие, прежде всего импульс, энергия, приобретают дискретные значения. Многие основоположники квантовой теории считали такую постановку вопроса непродуктивной. С их точки зрения достаточно найти правила вычислений дискретных значений величин. Однако понятно, что внесение ясности в этот вопрос должно продвинуть вперед наше понимание физического мира, как минимум в концептуальном отношении. Поставленный вопрос порождает целую серию вопросов, относящихся к квантовой теории.

1.1. В чем смысл оператора, поставленного в соответствие физической величине? Как и почему он конструируется? Например, почему импульсу p ставится в соответствие оператор

$$-i\hbar\frac{\partial}{\partial x} \ ? \tag{1}$$

Здесь i – мнимая единица, $\hbar$ – постоянная Планка, x – пространственная координата.

Если учесть, что импульс

$$p = \frac{\partial S}{\partial x}\,,$$

где S – физическая величина, называемая *действием*, то было бы естественно поставить в соответствие импульсу оператор

$$\frac{\partial}{\partial x}\,,$$

а объектом применения этого оператора считать скалярную величину – действие. Отсюда возникают дополнительные вопросы.

1.2. В чем смысл мнимой единицы, участвующей в конструировании квантового оператора? Почему нужно использовать ее, а не какую либо другую числовую гиперединицу?

1.3. Почему в квантовый оператор входит постоянная Планка, имеющая размерность действия?

1.4. В чем смысл квантового постулата, состоящего в том, что значения величины есть собственные значения ее оператора?

1.5. В чем смысл *волновой функции* ψ – величины, по отношению к которой применяется квантовый оператор? Почему ее нужно рассматривать как вектор специального пространства над полем комплексных чисел – *гильбертова пространства*?

1.6. Почему возникает необходимость в *интерпретации* волновой функции, в то время как другие физические величины не требуют интерпретации? Они обозначают то, что призваны обозначать.

* ketsaris@mail.ru; http://toe-physics.org

2. По сегодняшним представлениям существующие взаимодействия могут быть сведены к взаимодействию очень ограниченного числа элементарных частиц, которые мы будем называть *фундаментальными*. Они составляют две группы частиц – лептоны и кварки. В пределах каждой из этих групп имеет место замечательная симметрия. Каждая из групп разбивается на *три* подгруппы (*три поколения*) по *две* частицы в подгруппе (условно *верхнюю и нижнюю* частицы). Отсюда единая теория взаимодействий должна объяснить следующее.

2.1. Чем отличаются волновые функции каждой из фундаментальных частиц друг от друга?

2.2. Почему число групп частиц равно двум – лептоны и кварки?

2.3. Почему число поколений частиц равно трем?

2.4. Почему каждое поколение содержит две частицы? Например, первое поколение лептонов включает электрон e и электронное нейтрино ν_e?

Кроме того, установлено, что каждый вид (*аромат*) кварка существует в трех модификациях, обозначенных цветом – красный, желтый и синий. Отсюда возникают аналогичные вопросы.

2.5. Почему число цветов кварков равно трем?

2.6. Чем отличаются волновые функции кварков одного аромата, но разного цвета?

Кроме того, каждая из перечисленных фундаментальных частиц имеет *античастицу*. Отсюда следует, что

2.7. в единой теории взаимодействий должна присутствовать система понятий и операций, связанных не только с частицей, но и с античастицей.

3. Физика элементарных частиц связывает надежду на прорыв в неизведанную область материального мира с *суперсимметрией*. Согласно этой концепции каждой элементарной частице соответствует массивный суперпартнер, принадлежащий противоположной статистике. Так фундаментальным частицам, которые являются фермионами, соответствуют фундаментальные суперчастицы, представляющие собой бозоны. Отсюда следует, что

3.1. в единой теории взаимодействий должны содержаться средства для естественного присутствия суперсимметрии.

Без ответа остаются следующие вопросы.

3.2. Является ли соответствие суперчастиц частицам взаимнооднозначным (например, существует ли суперпартнер у нейтрино?)?

3.3. Существуют ли квантовые явления в той области материального мира, которая образована суперчастицами?

4. Пространство-время специальной теории относительности есть та арена, на которой происходят взаимодействия. Те преобразования пространства-времени, которые оставляют инвариантными процессы взаимодействия, определены как группа Пуанкаре. Группа Пуанкаре включает пространственно-временные сдвиги, геометрические повороты и преобразования Лоренца. Скорость света является инвариантом этой группы. В связи с этим возникает вопрос: следует ли искать обобщение группы Пуанкаре при переходе к единой теории взаимодействий? Правомерность такой постановки вопроса вытекает из целого ряда рассуждений. Например, этот вопрос может быть инициирован следующим рассуждением. Движение световой частицы подчиняется уравнению

$$c^2dt^2 - dx^2 = 0.$$

Здесь x – координата, t – время движения световой частицы, c – скорость света. Отсюда следует, что в любой ситуации и, в частности, в момент излучения скорость световой частицы равна скорости света. Вместе с тем интуитивная точка зрения подсказывает, что в момент излучения скорость световой частицы равна нулю и существует такой промежуток времени, за который указанная скорость возрастает от нуля до c. Отсюда следует, что вышеприведенное соотношение должно быть модифицировано, а вместе с ним обобщена специальная теория относительности и группа Пуанкаре в том числе. Поставленный вопрос разделяется на два.

4.1. Следует ли искать обобщение пространства-времени специальной теории относительности при переходе к единой теории взаимодействий?

4.2. Следует ли искать обобщение группы геометрических поворотов и преобразований Лоренца?

Рассматривая обобщение пространства-времени, следует ответить на вопрос:

4.3. распространяются ли квантовые явления на это пространство-время?

5. Каждому типу взаимодействий соответствует *группа внутренней симметрии*, преобразующая координаты волновой функции, принадлежащие *внутреннему пространству*. Помимо этих координат волновая функция содержит координаты, преобразуемые группой Пуанкаре. Существованием таких координат объясняется наличие спина у элементарных частиц. Пространство указанных координат назовем *внешним*. В этой терминологии *группа внешней симметрии* – это группа Пуанкаре. Отсюда возникают следующие вопросы.

5.1. В чем смысл внутренних пространств взаимодействий?

5.2. В чем смысл групп внутренних симметрий?

5.3. Существует ли связь между внешним и внутренними пространствами?

5.4. Следует ли искать пространство, охватывающее внешнее и внутренние пространства?

5.5. Существует ли связь между внутренними пространствами различных типов взаимодействий?

5.6. Следует ли искать пространство, охватывающее внутренние пространства различных типов взаимодействий и, соответственно, группу внутренней симметрии, охватывающую группы внутренних симметрий различных типов взаимодействий?

6. Согласно существующему мировоззрению взаимодействие фундаментальных частиц осуществляется посредством *поля*. Точнее, взаимодействие частицы 2 с частицей 1 сводится к взаимодействию частицы 2 с полем, *источником* которого является частица 1. Типам взаимодействий соответствуют типы полей. Квантами полей являются *промежуточные частицы*. Часто при перечислении частиц, из которых, по сегодняшним представлениям, составлена материя, фундаментальные и промежуточные частицы упоминаются совместно. При этом вуалируется существенное отличие промежуточных частиц от фундаментальных частиц, их особенное предназначение: быть посредником в осуществлении взаимодействий между фундаментальными частицами и ими самими. Отсюда следует, что

6.1. система понятий единой теории взаимодействий должна отражать обслуживающую функцию промежуточных частиц.

7. Единая теория взаимодействий должна ответить на вопросы, касающиеся типов взаимодействий.

7.1. Чем объяснить, что в природе существует *четыре* типа взаимодействий

- гравитационное,
- слабое,
- электромагнитное,
- сильное?

7.2. Чем объяснить, что круг элементарных частиц, участвующих в указанных взаимодействиях, сужается от гравитационного взаимодействия к сильному? Если в гравитационном взаимодействии участвуют все элементарные частицы, то сильное взаимодействие ограничено адронами.

7.3. Чем объяснить, что взаимодействия отличаются по своей силе?

8. Теория гравитационного взаимодействия стоит особняком от теорий электрослабого и сильного взаимодействий. На сегодняшний день неясно

8.1. должна ли общая теория относительности представлять гравитацию в единой теории взаимодействий?

8.2. какая группа может рассматриваться как гравитационная группа внутренней симметрии?

Закончив на этом вопросы к единой теории взаимодействий, расскажем о том, как на эти вопросы отвечает разрабатываемая нами единая теория взаимодействий и с какими проблемами она встречается в свою очередь.

III. ОТВЕТЫ ПРЕДСТАВЛЯЕМОГО ВАРИАНТА ЕДИНОЙ ТЕОРИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

1. В предлагаемой единой теории взаимодействий первая группа вопросов получает свое разрешение после следующих обобщений.

- На векторах пространства-времени вводится операция умножения, благодаря которой пространство-время становится *алгеброй*, а точнее *тензорной* алгеброй. По отношению к *ковариантным* базисным векторам E^I закон умножения (композиции) записывается следующим образом
$$E^I \circ E^K = {C^{IK}}_L \cdot E^L \,,$$
где ${C^{IK}}_L$ есть структурные постоянные или структурные матрицы алгебры. В *регулярном (присоединенном) представлении* базисные векторы представляются структурными матрицами
$$E^I \sim {C^{IK}}_L \,.$$
Номер структурной матрицы I есть индекс базисного вектора, который представлен этой матрицей. Отсюда обобщенный *оператор набла* записывается следующим образом
$$\nabla = E^I \cdot \frac{\partial}{\partial x^I} \sim {C^{IK}}_L \cdot \frac{\partial}{\partial x^I} \,, \tag{2}$$
где x^I – координаты вектора обобщенного пространства-времени.

- Скалярное действие обобщается до векторной величины; более того полагается, что множество векторов действия S также составляет тензорную алгебру. Закон умножения векторов в этой алгебре запишем следующим образом
$$S = \frac{1}{S^0}\, S_1 \circ S_2 \,. \tag{3}$$

S^0 есть постоянная величина, имеющая размерность действия и согласующая размерности правой и левой частей уравнения. В частном случае эта величина полагается равной постоянной Планка

$$S^0 = \hbar\,. \tag{4}$$

1.1. Соотношения (2), (3), (4) в простейшем случае так называемого *сжатого* представления приводят к классическим квантовым операторам физических величин, в частности к оператору импульса (1).

1.2. При вычислении структурных матриц исходя из правил умножения базисных векторов получается, что в состав структурных матриц входят матричные блоки 2×2 вида

$$\begin{array}{|c|c|}\hline & 1 \\ \hline -1 & \\ \hline\end{array}\;.$$

Их можно отождествить с мнимой единицей i, учитывая что

$$i^2 = \,-\,\mathit{1}\,,$$

где через *1* обозначена единичная матрица

$$\begin{array}{|c|c|}\hline 1 & \\ \hline & 1 \\ \hline\end{array}\;.$$

Таким образом, мнимая единица появляется в квантовой теории как результат алгебраического закона композиции на пространстве-времени и пространстве действия.

Заметим, что помимо указанных блоков в состав структурных матриц входят следующие блоки

$$\begin{array}{|c|c|}\hline & 1 \\ \hline 1 & \\ \hline\end{array}\;, \qquad \begin{array}{|c|c|}\hline -1 & \\ \hline & 1 \\ \hline\end{array}\;.$$

Отождествляя эти матрицы с числами a и b соответственно, получим систему гиперчисел с единицами

$$\{\mathit{1}, a, b, i\}$$

и законом умножения:

$$a^2 = b^2 = \mathit{1}\,, \qquad i^2 = -\mathit{1}\,, \qquad a\,b = -b\,a = i\,,$$
$$a\,i = -i\,a = b\,, \qquad i\,b = -b\,i = a\,.$$

1.3. Постоянная Планка переходит в квантовый оператор из закона композиции (3), что представляется довольно искусственным. Естественнее было бы записывать квантовый оператор в виде оператора набла (2), а постоянную Планка закрепить за законом композиции (3).

1.4. Продифференцируем закон композиции (3) дважды и вычислим $d_2 d_1 S$, где d_1 – дифференциал по направлению вектора S_1, а d_2 – дифференциал по направлению вектора S_2. Получим

$$d_2 d_1 S = \frac{1}{\hbar}\, d_1 S \circ d_2 S\,. \tag{5}$$

Это соотношение есть *уравнение структуры* алгебры действия в векторной форме.

В уравнении (5) введем обозначение

$$\psi = d_1 S\,.$$

Кроме того, введем обозначение d для дифференциала d_2. Уравнение структуры в новых обозначениях принимает вид

$$d\psi = \frac{1}{\hbar}\,\psi \circ dS\,. \tag{6}$$

Это уравнение имеет вид задачи на собственные значения оператора дифференциала d. Итак, мы получили следующий результат: уравнение структуры алгебры действия может быть представлено как задача на собственные значения оператора дифференциала d. И, следовательно, квантовый постулат есть не что иное как закон композиции алгебры действия в дифференциальном виде.

1.5. Из уравнения (6) следует, что величина ψ, по отношению к которой применяется квантовый оператор, представляет собой дифференциал вектора действия и он должен быть отождествлен с *волновой функцией*, вводимой в квантовой теории. Пространство Гильберта надо рассматривать как тензорную алгебру действия.

1.6. Необходимость в интерпретации волновой функции является следствием неразвитости основ квантовой теории и отражает отсутствие объяснения квантовых явлений. Вышеуказанные соображения объясняют квантовые явления тем, что действие является алгебраической величиной.

2. Вторая группа вопросов получает свое разрешение из детального анализа тензорной алгебры действия. Разделение тензорной алгебры на подалгебры удобно проиллюстрировать диаграммой, называемой *деревом Юнга* (Рис. 1). Здесь фигуры обозначают тензоры, входящие в волновую функцию. Число клеток в фигуре означает ранг тензора. Каждой фигуре соответствует своя симметрия тензора при перестановке индексов. Вертикальному расположению клеток соответствует антисимметричная комбинация индексов, горизонтальному расположению клеток соответствует

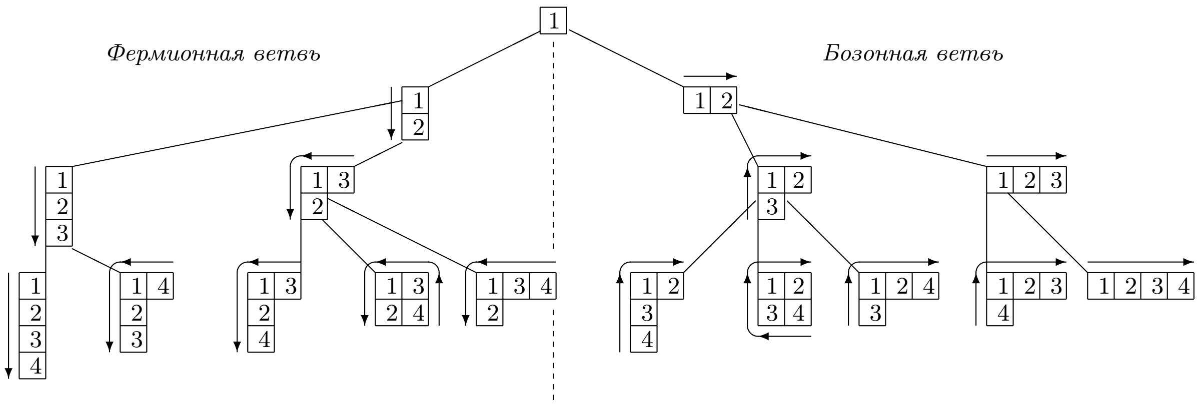

Рис. 1. Четырехуровневое дерево Юнга первого поколения.

симметричная комбинация индексов. Линия, соединяющая одноклеточную фигуру и одну из четырехклеточных фигур (*ствол*), соответствует подалгебре тензорной алгебры. Таким образом, в каждую подалгебру входят тензоры от первого до четвертого ранга с определенной симметрией. Заметим, что самому левому стволу соответствует подалгебра, включающая только антисимметричные тензоры. Эта подалгебра есть алгебра Клиффорда C_4. Если ограничиться антисимметричными тензорами рангов от одного до трех, то получим алгебру Клиффорда C_3.

2.1. Фундаментальные частицы находятся в соответствии с подалгебрами тензорной алгебры. Точнее, волновые функции фундаментальных частиц являются векторами подалгебр тензорной алгебры и отличаются друг от друга симметриями тензоров, составляющих алгебру. Например, волновая функция электрона есть вектор алгебры Клиффорда C_3, а волновая функция лептонов одного поколения есть вектор алгебры Клиффорда C_4.

Все подалгебры тензорной алгебры на уровне тензора второго ранга и, соответственно, фундаментальные частицы делятся на два класса. Волновые функции частиц первого класса содержат *антисимметричный* тензор второго ранга, а волновые функции частиц второго класса содержат *симметричный* тензор второго ранга. Такому разделению волновых функций соответствует разделение фундаментальных частиц на два класса: частицы со спином $1/2$ – фермионы и частицы со спином 0 – бозоны. Последние частицы пока оставим в стороне и остановимся на фермионах. Рис. 1. также иллюстрирует подалгебры, относящиеся к фундаментальным фермионам.

2.2. Подалгебры фермионов на уровне тензоров третьего ранга разделяются на две группы. Одна из них включает в себя антисимметричный тензор третьего ранга и представляет собой алгебру Клиффорда, векторами которой, согласно Дираку, описываются лептоны. Отсюда естественно вторую группу подалгебр отнести к кваркам. Таким образом, в рамках классификации частиц в соответствии с подалгебрами тензорной алгебры находит объяснение деление фундаментальных частиц со спином на две группы – лептоны и кварки, а также алгебраическое толкование таких характеристик лептонов и кварков, как лептонный и барионный заряды.

2.3. Обратимся теперь к вопросу: почему число поколений частиц равно трем? Заметим, что для каждой подалгебры волновые функции могут отличаться *порядком*, установленным на базисных векторах геометрического пространства. Так порядку индексов 123 соответствует волновая функция частиц первого поколения. Именно для такого порядка индексов приведено дерево Юнга (Рис. 1). Порядку индексов 312 соответствует волновая функция частиц второго поколения, а порядку индексов 231 соответствует волновая функция частиц третьего поколения. Таким образом, волновые функции лептонов разных поколений отличаются друг от друга циклической перестановкой трех базисных векторов образующего геометрического пространства. Это правило выполняется и для волновых функций кварков разных поколений. Различие в массах частиц разных поколений, видимо, свидетельствует о неоднородности геометрического пространства фундаментальных частиц. Причина такой неоднородности остается неясной.

2.4. Выясним теперь, почему каждое поколение лептонов или кварков содержит две частицы.

Структура квантовых уравнений для свободных лептонов такова, что они разделяются на две независимые системы уравнений. Таким образом, мы имеем две частицы, одна из которых – это нижний лептон, а другая – соответствующее ему нейтрино. Следовательно, подалгебра лептонов каждого поколения относится к *двум* частицам: нижнему лептону и соответствующему ему нейтрино.

Структура квантовых уравнений для свободных кварков такова, что они также разделяются на две независимые системы уравнений. Таким образом, мы имеем две частицы, одна из которых – это верхний кварк, а другая – нижний кварк. Следовательно, подалгебра кварков каждого поколения относится к *двум* частицам: верхнему и нижнему кваркам.

Структура квантовых уравнений для свободных лептонов такова, что волновые функции лептонов разделяются на две компоненты – правую и левую. Структура квантовых уравнений для свободных кварков такова, что волновые функции кварков разделяются на две компоненты – правую и левую, подобно тому как это имеет место для лептонов. Такое разделение необходимо для описания электрослабого взаимодействия с участием лептонов и кварков.

2.5. Уровень тензоров четвертого ранга связан с привлечением времениподобного базисного вектора. Поэтому этот уровень назван *релятивистским.* На релятивистском уровне алгебра кварков разделяется на три подалгебры в соответствии с тремя симметриями тензора четвертого ранга. Каждой из этих подалгебр ставится в соответствие модификация кварка, обозначаемая цветом. Таким образом, в рамках классификации частиц в соответствии с подалгебрами тензорной алгебры находит объяснение деление кварков на три модификации – красные, желтые и синие кварки, а также алгебраическое толкование такой характеристики, как цвет.

2.6. Отсюда следует ответ на вопрос, чем отличаются волновые функции кварков одного аромата, но разного цвета. Они отличаются симметриями тензоров четвертого ранга, входящих в волновые функции цветных кварков.

Укажем здесь на интересное следствие алгебраической классификации фундаментальных частиц. Оно касается лептонов. Подобно алгебре кварков алгебра лептонов на релятивистском уровне делится на две подалгебры. Отсюда следует, что лептоны существуют в двух модификациях, которые, по аналогии с кварками, удобно обозначить цветом – белые и черные лептоны. Но тогда, исходя из аналогии с кварками, следует заключить, что белые и черные лептоны связаны короткодействующими силами цветового притяжения, превосходящими силы Кулона (для заряженных лептонов). В частности, эти силы проявляют себя при образовании электронных пар в таких явлениях, как

- заполнение электронами орбит атомов,
- ковалентная химическая связь,
- образование кристаллической решетки,
- сверхпроводимость.

2.7. В представляемой единой теории взаимодействий переход от частицы к античастице связан с переходом от контравариантной алгебры действия к ковариантной. При этом в действительном представлении структурные матрицы переходят в транспонированные, а в комплексном представлении структурные матрицы переходят в эрмитово сопряженные. В частности, зарядовые матрицы меняют знак.

3. Рассмотрим теперь группу вопросов, относящихся к суперсимметрии. Вернемся снова к дереву Юнга и выделим из него бозонную ветвь. Из Рис. 1 видно, что каждой подалгебре фермионной ветви соответствует подалгебра бозонной ветви. Таким образом, каждой частице со спином $1/2$ соответствует частица со спином 0.

3.1. Отсюда видно, что в представляемой единой теории взаимодействий алгебраический подход к действию естественным образом приводит к концепции суперсимметрии. Частицы, суперсимметричные лептонам, мы называем *лептино*, частицы, суперсимметричные кваркам, – *кваркино.* Следует отметить, что представления о суперсимметрии, о которой идет речь, отличны от принятых представлений. Среди суперчастиц нет частиц ни с целым спином, ни с дробным. Спин суперчастиц следует считать равным нулю. Точнее нужно сказать так: такой характеристики, как спин, у суперчастиц нет, а его место занимает новый, в некотором смысле симметричный спину, динамический параметр. Этот параметр назван *инерцией.* В волновой функции суперчастиц инерция представлена *симметричным* тензором второго ранга. Фундаментальные суперчастицы не участвуют в тех взаимодействиях, в которых участвуют фундаментальные частицы, за исключением гравитации.

Если на дереве Юнга (Рис. 1) указать направление увеличения массы фундаментальных частиц от лептонов к кваркам, то есть слева направо, то следует считать, что кваркино тяжелее кварков, а лептино – это самые тяжелые частицы. А если учесть, что суперчастицы не участвуют в электромагнитном взаимодействии, то отсюда следует мысль о том, что, возможно, суперчастицы составляют так называемую *темную материю*, а суперполя составляют *темную энергию.*

3.2. На релятивистском уровне алгебра кваркино разбивается на три подалгебры, алгебра лептино разбивается на две подалгебры. Трем подалгебрам кваркино мы ставим в соответствие кваркино трех цветов – красные, желтые, синие. Необходимо также предположить, что лептино имеют две цветовые разновидности – черные и белые. Уравнения для свободных суперчастиц не разделяются на две системы уравнений. Таким образом, верхние и нижние суперчастицы не существуют (например, не существуют супераналоги электронного нейтрино и электрона), а существует одна суперчастица (в нашем примере это – суперлептино первого поколения) с верхней и нижней компонентами, смешанными между собой.

3.3. Из алгебраической структуры векторов действия суперчастиц следуют квантовые постулаты и теория квантовых явлений этих частиц. Роль мнимой единицы в квантовой теории, относящейся к области суперчастиц, выполняет единица, обозначенная нами ранее буквой a. В общем случае нет оснований считать, что квантовые явления с участием суперчастиц определяются постоянной Планка, а не другой постоянной величиной, имеющей размерность действия.

4. Рассматриваемой единой теории взаимодействий сопутствует обобщение группы Пуанкаре. Анализ уравнения Дирака заставляет считать, что каждой из фундаментальных частиц необходимо соотнести свое собственное пространство-время. Оно обобщает пространство-время специальной теории относительности.

4.1. Собственное пространство-время фундаментальной частицы является подалгеброй тензорной алгебры, образующим пространством которой служит пространство-время специальной теории относительности. В частности, обобщенным пространством-временем белых лептонов является алгебра Клиффорда C_4. Указанные обобщения связаны с привлечением дополнительных координат в качестве независимых переменных пространства-времени. Помимо

- x^a – геометрических координат и
- t – координаты времени,

к ним относятся

- s^{ab} – координаты площади (угла поворота),
- v^a – координаты скорости,
- V^{abc} – координаты объема (телесного угла),
- ω^{ab} – координаты угловой скорости,
- Ω^{abc} – координаты телесной угловой скорости,
- s – длина вектора обобщенного пространства-времени.

Здесь индексы a, b, c принимают значения 1, 2, 3.

Дополнительным координатам соответствуют дополнительные компоненты импульса. Помимо

- 3-х мерного импульса p_a,
- энергии

$$p_4 = \frac{E}{c}\,,$$

к ним относятся

- 3-х мерный угловой момент импульса

$$p_{ab} = \frac{M_{ab}}{R}\,,$$

- 3-х мерная сила

$$p_{a4} = T\,f_a\,,$$

- 3-х мерный телесный момент импульса

$$p_{abc} = \frac{M_{abc}}{R}\,,$$

- 3-х мерный угловой момент силы

$$p_{ab4} = \frac{F_{ab}}{c}\,,$$

- телесный момент силы

$$p_{abc4} = \frac{F_{abc}}{c}\,,$$

- импульс покоя p_0.

Здесь R – фундаментальная постоянная длины, T – фундаментальная постоянная времени.

Специальная теория относительности в пространстве-времени фундаментальной частицы обобщает специальную теорию относительности в 4-х мерном пространстве-времени. В частности, движение световой частицы подчиняется уравнению

$$c^2dt^2 - dx^2 - \frac{c^2}{A^2}dv^2 = 0.$$

Здесь v – скорость световой частицы, A – фундаментальная постоянная, так называемое *максимальное ускорение*.

4.2. Геометрические повороты и преобразования Лоренца, входящие в группу Пуанкаре, обобщаются до поворотов относительно всех базисных векторов в обобщенном пространстве-времени.

Так как фундаментальной частице соответствует фундаментальная античастица, которой сопутствует ковариантное (сопряженное) пространство-время, то в инвариантные преобразования необходимо включить сопряженные преобразования пространства-времени античастицы.

Вышеуказанные преобразования объединяются в *общую кинематическую алгебру*, которая является обобщением классической группы инвариантных преобразований – группы Пуанкаре.

4.3. В отличие от пространства-времени специальной теории относительности собственное пространство-время фундаментальной частицы является алгеброй. Отсюда необходимо следует квантование этого пространства-времени. Исходные квантовые постулаты представляют собой уравнения структуры соответствующей алгебры.

5. Пятая группа вопросов получает свое разрешение по следующим соображениям. Единичная сфера алгебры действия (единицей является действие, равное постоянной Планка) делит область определения алгебры на две области – область внутри сферы и область вне ее. При этом умножение в области внутри сферы будем считать *правым*

$$S = S_1 \circ S_2 \,,$$

тогда умножение в области вне сферы будет *левым*

$$(S)^{-1} = (S_2)^{-1} \circ (S_1)^{-1} \,.$$

5.1. Область алгебры действия внутри единичной сферы отождествим с *внутренним пространством* в смысле, понимаемом в физике элементарных частиц. Обоснованием такому пониманию внутреннего пространства служит то обстоятельство, что регулярное представление базисных векторов алгебры действия с *правым* умножением приводит к зарядовым матрицам.

5.2. Группы внутренних симметрий приобретают смысл поворотов векторов алгебры действия внутри единичной сферы. Например, группа электромагнитных взаимодействий – это группа поворотов вокруг базисного вектора e_{21}. Она изоморфна группе $U(1)$. Группа слабых взаимодействий – это группа поворотов вокруг базисных векторов e_4 e_{123}, e_{1324}. Она изоморфна группе $SU(2)$.

5.3. Область алгебры действия вне единичной сферы отождествим с *внешним пространством* в том смысле, в котором оно было введено в разделе II.5. Обоснованием такому пониманию внешнего пространства служит то обстоятельство, что регулярное представление базисных векторов алгебры действия с *левым* умножением приводит к пространственно-временным матрицам, в частности матрицам Дирака.

5.4. Пространство, охватывающее внешнее и внутренние пространства, представляет собой алгебру действия во всей области определения. Переход от внешнего контравариантного пространства к внутреннему ковариантному пространству осуществляется с помощью обобщенного метрического тензора.

5.5. Внутренние пространства различных типов взаимодействий объединяются во внутреннем пространстве частицы, участвующей в этих взаимодействиях.

5.6. Ответ на вопрос, следует ли искать пространство, охватывающее внутренние пространства различных типов взаимодействий и, соответственно, группу внутренней симметрии, охватывающую группы внутренних симметрий различных типов взаимодействий, по существу дан в п.п. 5.2 и 5.5.

6. Шестая группа вопросов получает свое разрешение по следующим соображениям.

6.1. Действие промежуточной частицы есть оператор линейного преобразования, применяемый к векторам действия фундаментальных частиц. Действие промежуточной античастицы есть оператор линейного преобразования, применяемый к векторам действия фундаментальных античастиц. Векторы действия промежуточной частицы составляют алгебру. Векторы действия промежуточной античастицы также составляют алгебру. Пусть e_I – базисные векторы алгебры действия фундаментальной частицы, а ${I^K}_L$ – базисные векторы алгебры действия промежуточной частицы. Тогда взаимодействию фундаментальной и промежуточной частиц соответствует алгебраический закон композиции

$$e_I \circ {I^K}_L = {\delta^K}_I \cdot e_L \,.$$

Здесь ${\delta^K}_I$ – это символ Кронекера.

Ряд соображений заставляет постулировать существование промежуточных частиц *второго рода*. В связи с этим ранее указанные промежуточные частицы называются промежуточными частицами *первого рода*. Пусть ${J^{KL}}_M$ – базисные векторы алгебры действия промежуточной частицы второго рода. Тогда взаимодействию фундаментальной частицы и промежуточной частицы второго рода соответствует алгебраический закон композиции

$$e_I \circ {J^{KL}}_M = {\delta^K}_I \cdot {I^L}_M \,.$$

Он означает, что взаимодействие фундаментальных и промежуточных частиц второго рода приводит к рождению промежуточных частиц первого рода.

7. Седьмая группа вопросов по существу остается без ответа. Можно только высказать ряд общих соображений.

7.1. На внутреннем пространстве действует общая группа линейных преобразований. Она и представляет собой группу внутренних симметрий общего вида. Ее подгруппы определяют типы взаимодействий.

7.2. Пусть базисный вектор поворота e_α обозначает подгруппу внутренней симметрии. Индекс α указывает компоненту тензора и, в частности, ранг тензора, входящего в действие элементарной частицы. Например, базисный вектор e_{12} относится к тензору второго ранга, а базисный вектор e_4 относится к тензору первого ранга. Повидимому, общее правило таково: чем выше ранг тензора, тем уже круг частиц, участвующих в этом взаимодействии.

7.3. Чем выше указанный ранг тензора, тем "сильнее"взаимодействие.

8. Обособленность общей теории относительности как теории гравитационного взаимодействия вызвана тем, что ее математическая основа – риманово пространство – не является векторным пространством, снабженным скалярным произведением. А это недопустимо с физической точки зрения. Дело в том, что умножение вектора на число и скалярное умножение векторов представляют собой математический эквивалент процедуры измерения векторной величины. Отсюда

8.1. попытка объединения гравитационного взаимодействия с электрослабым и сильным взаимодействиями должна сопровождаться переформулировкой теории гравитации;

8.2. необходимо найти гравитационную группу внутренней симметрии.

В заключение хочу выразить надежду на то, что эта заметка привлечет внимание исследователей, ход мыслей которых созвучен изложенным здесь соображениям.

IV. ЛИТЕРАТУРА

1. Кецарис А.А. Основания математической физики, М., Ассоциация независимых издателей, 1997г., 280с.
2. A. A. Ketsaris, Accelerated motion and special relativity transformations, arXiv:physics/9907037v2.
3. A. A. Ketsaris, Turns and special relativity transformations, arXiv:physics/9909026v1.
4. A. A. Ketsaris, Generalized equation of relativistic quantum mechanics, arXiv:quant-ph/9909053v1.
5. A. A. Ketsaris, Generalized equation of relativistic quantum mechanics in a gauge field, arXiv:quant-ph/9909087v1.
6. Кецарис А.А. Алгебраические основы физики. Пространство-время и действие как универсальные алгебры, М., Издательство УРСС, 2004г., 280с.
7. Кецарис А.А., Лекции по единой теории взаимодействий, с 15.04.2003 по наст. вр.