

Минимально необходимая локально - нелокальная модель эволюции элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий ранней Вселенной

Васильев Сергей Викторович
vasssergio@gmail.com

отправлено 24.08.2018, последняя редакция 12.08.2019

Аннотация

В статье рассматриваются следствия предложенного ранее Ли Смолиным (Lee Smolin) механизма формирования вероятностей в индетерминированных квантовых процессах. Результатом экстраполяции этих следствий на области физики высоких энергий и физики ранней Вселенной является также предложенная в статье модель эволюции элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий ранней Вселенной, в которой наблюдаемый сегодня порядок, описываемый Стандартной моделью физики элементарных частиц, развивается в несколько этапов с участием дополняющих друг друга локальных и нелокальных процессов. Включение в модель нелокальных квантовых эффектов позволило сделать её полнее других предшествующих и непротиворечиво решить в её рамках некоторые, не решённые в полностью локальных теориях, проблемы, такие как: проблема барионной асимметрии; проблема иерархии фермионных масс; проблема калибровочной иерархии фундаментальных взаимодействий; вопрос о природе и происхождении частиц тёмной материи; экспериментально наблюдаемые в распадах мезонов отклонения от предсказаний Стандартной модели и др. Модель хорошо согласуется с экспериментальными данными, лежащими в основе Стандартной модели и выходящими за рамки её предсказательной силы, совместима с теорией инфляционного расширения Вселенной и космологической моделью Λ CDM и включает некоторые элементы теорий симметрии и суперсимметрии и теории струн.

1 Введение

Наиболее полным и непротиворечивым теоретическим описанием суммы знаний физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий

(физики высоких энергий) является Стандартная модель физики элементарных частиц. Будучи многократно подтверждённой экспериментально теорией, она, тем не менее, имеет ряд не решённых проблем, которые прямо или косвенно указывают на то, что её нельзя считать окончательной [1–5].

Существующие сегодня теории, претендующие на роль расширений Стандартной модели, способных найти решение той или иной части её проблем (наиболее популярными из которых являются группы теорий симметрии и суперсимметрии), а также принципиально новые теории, ставящие перед собой аналогичные цели (такие как теория струн), длительное время не находят экспериментальных подтверждений. В ходе продолжающихся в этой области экспериментов также до сих пор не обнаружено новых наблюдательных данных, способных ясно указать на то, какой должна быть “физика за пределами Стандартной модели”, и на основе которых можно было бы сформулировать новые теории или модифицировать уже существующие.

Очевидно, существуют три возможных пути развития этой ситуации. Первый — формулирование новых, более сложных, модификаций уже существующих, но не подтверждённых или исключённых экспериментами, теорий. Второй — продолжение экспериментов, предназначенных обнаружить новые наблюдательные данные, главным инструментом которых сегодня является протон-протонный коллайдер LHC лаборатории ЦЕРН. Третий — формулирование принципиально новых теорий, целиком основанных на уже известных данных.

В данной статье предложена гипотеза, представляющая третий путь.

Современная теоретическая модель физики элементарных частиц, в основе которой лежат понятия локальной квантовой теории поля, также является полностью локальной. Исследования последних десятилетий в смежной области знаний — квантовой физике, ряд положений которой использует квантовая теория поля, — указывают на то, что квантовая теория, непротиворечиво и полно описывающая результаты экспериментов, должна быть нелокальной [6–26]. (Единственную альтернативу нелокальным теориям — многомировые квантовые теории — нет возможности обсуждать в рамках научного дискурса, поскольку в них нет утверждений, которые могут быть доказаны или опровергнуты научным методом. По этой причине они здесь не берутся во внимание как не имеющие научных перспектив.)

Поскольку существуют основания предполагать, что квантовая теория поля является неполной локальной аппроксимацией более полной нелокальной теории элементарных частиц, в рамках существующих и не исключённых в ходе экспериментальных проверок нелокальных интерпретаций квантовой механики целесообразно предлагать и разрабатывать нелокальные дополнения локальных теорий физики элементарных частиц.

Предлагаемая в статье гипотеза является результатом разработки нелокальной интерпретации квантовой механики Ли Смолина (Lee Smolin) [28, 29]. Путём экстраполяции в прошлое на ранние этапы эволюции Вселенной предложенного в интерпретации Смолина нелокального механизма формирования вероятностей в вероятностных квантовых процессах в предлагаемой гипотезе получено описание механизма возможной эволюции частиц и

взаимодействий ранней Вселенной (включающего механизм установления некоторых свободных параметров Стандартной модели), в котором локальные и нелокальные процессы дополняют друг друга и конечным результатом действия которого является порядок, описываемый Стандартной моделью, и некоторые явления и состояния, выходящие за рамки Стандартной модели, такие как: явление осцилляции нейтрино, барионная асимметрия, происхождение и природа частиц тёмной материи, нарушение лептонной универсальности и другие отклонения от предсказаний Стандартной модели, наблюдаемые в распадах мезонов и др.

2 Основные положения интерпретации квантовой механики Ли Смолина

Интерпретация квантовой механики Ли Смолина [28,29], относится к группе вероятностно-детерминированных нелокально-реалистических квантовых теорий. Эта группа — одна из трёх (наряду с нелокально-не-реалистическими и многомировыми), оставшихся не исключёнными из списка квантовых теорий, соответствующих экспериментальным данным, в результате: экспериментальной проверки теоремы Белла (исключившей локально-реалистические теории) [6–11]; экспериментов, подтвердивших нелокальный характер явления квантовой запутанности в пределах одной Вселенной (исключивших все существующие одномировые локальные теории) [12–24]; и экспериментальной проверки теоремы Легетта (исключившей строго детерминированные нелокально-реалистические теории) [25, 26].

Отправной точкой интерпретации Смолина является утверждение о том, что для любой квантовой системы (элементарной частицы, атома, молекулы...) во Вселенной существует множество квантовых систем, с которыми данная система является неразличимой. Множество всех неразличимых квантовых систем Вселенной, пребывающих под воздействием неразличимых внешних сил (исключая гравитационное взаимодействие), Смолин называет “реальным ансамблем” (a real ensemble). Смолин предполагает, что все квантовые системы Вселенной, входящие в один реальный ансамбль, находятся между собой в состоянии многочастичной квантовой запутанности, посредством которой реализуется следующий закон: вероятность приобретения данной квантовой системой в результате исхода вероятностного квантового события наблюдаемого состояния (“observeble” — в терминологии, предложенной Джоном Беллом [27]) a в данный момент времени равна частоте встречаемости наблюдаемого состояния a среди всех квантовых систем этого реального ансамбля в данный момент времени. Этот закон выражается следующей формулой:

$$P_a = \frac{n_a}{N} \quad (1)$$

где: P_a – вероятность приобретения квантовой системой данного реального ансамбля наблюдаемого состояния a в данный момент времени; n_a –

общее количество квантовых систем данного реального ансамбля, находящихся в наблюдаемом состоянии a в данный момент времени; N – общее количество квантовых систем данного реального ансамбля во Вселенной в данный момент времени [28]. (Существование абсолютного квантового времени, на основе которого возможны одновременные квантовые события, рассматривается рядом исследователей как необходимое условие для объяснения результатов некоторых экспериментов [23, 24, 36–38].)

Приобретение квантовой системой наблюдаемого состояния a по Смолину является результатом нелокального копирования данной квантовой системой наблюдаемого состояния a любой другой квантовой системы данного реального ансамбля, находящейся где угодно во Вселенной, с вероятностью, определяемой законом (1). Значения вероятностей квантовых событий в рамках одного реального ансамбля, согласно интерпретации Смолина, таким образом, определяются суммой состояний всех индивидуальных систем данного реального ансамбля в данный момент времени и формируются в результате нелокального процесса космологического масштаба.

3 Необходимые поправки и уточнения к интерпретации квантовой механики Ли Смолина

Термин “реальный ансамбль” я считаю не совсем удачным и не раскрывающим сути понятия, в дальнейшем описании заменяю его термином “нелокальный ансамбль” и даю ему следующее определение, в некоторых деталях отличающееся от определения Смолина: нелокальный ансамбль — это множество всех квантовых систем Вселенной, находящихся под воздействием неразличимых сил, включая как внешние силы, так и силы взаимодействия частей системы друг с другом, создающие структуру системы (за исключением гравитационного взаимодействия). В отношении истинно элементарных частиц, не имеющих внутренней структуры, единственным критерием, таким образом, остаётся нахождение частиц под воздействием неразличимых внешних сил (к которым я отношу и спиновое число как характеристику способа взаимодействия частицы с физическим окружением).

Неразличимость самих квантовых систем я не считаю критерием принадлежности к нелокальному ансамблю — к одному ансамблю могут принадлежать квантовые системы, не являющиеся неразличимыми, как это будет видно на примере нелокального ансамбля нейтрино.

Все квантовые системы, входящие в один нелокальный ансамбль, находятся между собой в состоянии многочастичной квантовой запутанности, посредством которой реализуется сформулированный в интерпретации Смолина закон формирования вероятностей в вероятностных квантовых процессах (1).

Существующей в данный момент времени квантовой системой, состоянием и свойства которой могут быть объектом процесса нелокального копирования, я считаю любую квантовую систему данного нелокального ан-

самбля, которая на момент описываемого квантового события является реально (а не виртуально) существующей, то есть существующей в течение промежутка времени, большего чем \hbar/mc^2 .

4 Применение доработанной интерпретации квантовой механики Ли Смолина к описанию процесса осцилляций нейтрино

Рассмотрим, как интерпретацию Смолина с указанными в предыдущем разделе поправками можно применить к описанию наблюдаемого на данном этапе эволюции Вселенной процесса осцилляций нейтрино.

Поскольку в интерпретации Смолина суперпозиция возможных исходов квантового события, происходящего с данной квантовой системой, не является следствием суперпозиции состояний самой системы (интерпретация Смолина предполагает, что суперпозиции состояний самой локальной системы как таковой не существует), следующее описание является взаимоисключающим с описаниями, использующими понятие суперпозиции свойств системы, в частности, понятие углов смешивания состояний нейтрино; но полностью совместимой с экспериментальными данными, лежащими в основе этого описания.

Являясь истинно элементарными частицами одинакового спинового числа и находясь под действием неразличимых внешних сил (участие в слабом взаимодействии, неучастие в сильном и электромагнитном взаимодействиях) нейтрино всех трёх сортов (ν_e , ν_μ , ν_τ) составляют один нелокальный ансамбль.

В ходе элементарного акта осцилляции данное нейтрино нелокально копирует значение массы любого другого нейтрино Вселенной. Вероятность копирования данным нейтрино определённого значения массы в акте осцилляции в данный момент времени выражается общей формулой:

$$P_m = \frac{n_m}{N} \quad (2)$$

где: P_m – вероятность копирования нейтрино в результате осцилляции значения массы m в данный момент времени; n_m – общее количество нейтрино со значением массы m во Вселенной в данный момент времени; N – общее количество нейтрино во Вселенной в данный момент времени.

К примеру, вероятность копирования нейтрино значения массы электронного нейтрино (ν_e) в результате осцилляции в данный момент времени выражается формулой:

$$P_e = \frac{n_e}{N} \quad (3)$$

где: P_e – вероятность копирования нейтрино в результате осцилляции значения массы электронного нейтрино в данный момент времени; n_e – общее количество электронных нейтрино во Вселенной в данный момент времени; N – общее количество нейтрино во Вселенной в данный момент времени.

Аналогично определяются вероятности копирования значений масс двух других сортов нейтрино.

В процессе осцилляции, протекающем по описанной вероятностной закономерности (2), частоты встречаемости значений осциллирующего свойства (массы нейтрино) после каждого единичного акта осцилляции будут меняться на величину $1/N$. К примеру, когда ν_e осциллирует в ν_μ , на одно электронное нейтрино во Вселенной становится меньше, а на одно мюонное нейтрино больше. Соответственно, величина n_e/N становится меньше на $1/N$, а n_μ/N — больше на $1/N$. Поскольку осцилляции происходят стохастически, а величина $1/N$ — в масштабах Вселенной очень мала, в данном случае процесс осцилляций, протекающий по закономерности (2), со временем не приводит к значимым изменениям частот встречаемости n_m/N различных значений осциллирующего свойства (массы нейтрино).

Это будет не так в других случаях, рассмотренных ниже.

5 Следствия доработанной интерпретации квантовой механики Ли Смолина

Применительно к явлениям, изучаемым физикой элементарных частиц, интерпретация квантовой механики Ли Смолина имеет три существенных следствия, делающих возможным её использование в моделировании процесса эволюции частиц и взаимодействий ранней Вселенной. Эти следствия касаются закономерностей появления во Вселенной самых первых частиц (фермионов или переносчиков взаимодействия) данного вида (данного нелокального ансамбля) и следующих непосредственно за этим событием процессов.

5.1 Значения свойств последовательно рождающихся частиц одного нелокального ансамбля

Согласно интерпретации Смолина, любая частица, вновь рождающаяся в процессах взаимных превращений частиц, приобретает значения своих состояний (свойств) в результате нелокального вероятностного копирования значений аналогичных состояний (свойств) уже существующих частиц этого же нелокального ансамбля с вероятностью, определяемой законом (1), за исключением случаев, когда значения состояний (свойств) вновь рождённой частицы строго (а не вероятностно) детерминированы закономерностями реакции, в результате которой частица появилась.

Согласно этому, каким бы образом ни возникло значение a некоторого состояния (свойства) первой появившейся во Вселенной частицы данного нелокального ансамбля — истинно случайно, в результате реализации некоторого фундаментального закона или при одновременном действии этих двух факторов — вторая появившаяся частица данного нелокального ансамбля с вероятностью $P_a = 1$ скопирует значение a этого свойства первой

частицы, так как на момент этого события $n_a = 1$ и $N = 1$ (1). Каждая рождающаяся впоследствии частица данного нелокального ансамбля будет копировать значение этого свойства любой уже существующей частицы данного нелокального ансамбля, которые также будут неразличимы со значением a этого свойства первой появившейся частицы данного нелокального ансамбля. Таким образом будет формироваться множество неразличимых частиц (фермионов или переносчиков взаимодействия) одного нелокального ансамбля. В предлагаемой модели это является нелокальной составляющей механизма происхождения свойств части фермионов и переносчиков всех фундаментальных взаимодействий, существующих или существовавших на предыдущих этапах эволюции Вселенной (за исключением гравитационного, для которого переносчики не известны, и сильного ядерного).

Необходимым условием для протекания процесса согласно описанной закономерности является разница во времени между появлением первой частицы данного нелокального ансамбля и появлением всех последующих частиц, большая чем \hbar/mc^2 .

5.2 Квантовый естественный отбор

Второе следствие интерпретации квантовой механики Ли Смолина касается случая одновременного (в пределах промежутка времени, меньшего чем \hbar/mc^2) появления во Вселенной некоторого начального количества частиц данного нелокального ансамбля. В этом случае возможность нелокального копирования значений состояний (свойств) одной, появившейся первой, частицы всеми появляющимися впоследствии оказывается исключена. Благодаря этому стохастически в результате квантовых флуктуаций появляется некоторое начальное разнообразие значений состояний (свойств) частиц одного нелокального ансамбля.

В предлагаемой модели предполагается, что в случае, когда существует некоторое разнообразие возможных значений какого-то состояния (свойства) частиц одного нелокального ансамбля, эти значения осциллируют (аналогично тому, как осциллируют в настоящий период эволюции Вселенной массы нейтрино), если это допускается требованиями энергетической целесообразности процесса.

В общем случае закон, по которому определяются вероятности в любом процессе осцилляции некоторого свойства с несколькими возможными значениями, выражается формулой (1), в которой, применительно к описываемому процессу осцилляции: P_a – вероятность приобретения частицей данного нелокального ансамбля в результате осцилляции значения a осциллирующего свойства в данный момент времени; n_a – общее количество частиц данного нелокального ансамбля со значением a осциллирующего свойства во Вселенной в данный момент времени; N – общее количество частиц данного нелокального ансамбля во Вселенной в данный момент времени.

Процесс осцилляций, протекающий по данной закономерности (1), не будет приводит к значимым изменениям со временем частот встречаемости

n_a/N различных значений осциллирующего свойства (аналогично тому, как это происходит при осцилляциях нейтрино) только в том случае, если, независимо от того, какое значение осциллирующего свойства приобретает частица, её принадлежность к исходному нелокальному ансамблю не меняется.

Рассмотрим некий абстрактный случай нелокального ансамбля A_1 в котором согласно закону (1) происходят осцилляции свойства a , входящих в него частиц. При этом свойство a имеет ряд возможных значений: $a_1, a_2, a_3, a_4 \dots a_{11}$. В какой-то момент эволюции во Вселенной появляется некоторое новое фундаментальное взаимодействие, частицы-переносчики которого могут взаимодействовать с частицами ансамбля A_1 со стабильностью взаимодействия, находящейся в прямой зависимости от того, какое значение свойства имеет частица в данный момент времени. Допустим, что при значении a_1 , частица устойчиво со 100% вероятностью не вступает в данное взаимодействие; при значении a_2 вступает в него с 10% вероятностью и разрывает его с 90% вероятностью; при значении a_3 вступает в него с 20% вероятностью и разрывает его с 80% вероятностью; при значении a_4 вступает в него с 30% вероятностью и разрывает его с 70% вероятностью. . . при значении a_{10} вступает в него с 90% вероятностью и разрывает его с 10% вероятностью; при значении a_{11} частица устойчиво со 100% вероятностью вступает в данное взаимодействие.

По определению нелокального ансамбля в тот момент, когда частица ансамбля A_1 вступает в новое взаимодействие, она перестаёт принадлежать этому ансамблю (так как меняется характер действия на неё внешних сил) и переходит в новый нелокальный ансамбль (назовём его A_2), образовавшийся в момент первого во Вселенной акта вступления частиц ансамбля A_1 в новое взаимодействие. Разрывая впоследствии данное взаимодействие, частица из ансамбля A_2 возвращается в ансамбль A_1 . Таким образом, мы имеем два нелокальных ансамбля A_1 и A_2 , способные обмениваться частицами с вероятностью, которая напрямую зависит от того, насколько стабильно частица вступает в данное взаимодействие, что, в свою очередь, зависит от того, каким значением осциллирующего свойства в данный момент времени она обладает.

При таких исходных условиях три процесса, наложенные друг на друга, — два процесса осцилляции свойства a , происходящие по указанному вероятностному закону (1) в двух нелокальных ансамблях A_1 и A_2 отдельно, и обмен ансамблей частицами, происходящий в прямой зависимости от полученных ими в результате осцилляции значений свойства a , — самопроизвольно приводят со временем в каждом ансамбле к уменьшению (стремлению к нулю) частоты встречаемости n_a/N значений свойства a , при которых частицы способны переходить из одного ансамбля в другой ($a_2 \dots a_{10}$), и увеличению (стремлению к единице) частоты встречаемости n_a/N значения свойства a , при которых частицы максимально стабильно принадлежат одному нелокальному ансамблю (a_1 — для ансамбля A_1 и a_{11} — для ансамбля A_2).

Это происходит в связи с тем, что каждый акт перехода частицы из

одного нелокального ансамбля в другой уменьшает частоту встречаемости n_a/N значения свойства a , которым на момент перехода обладает переходящая частица, на величину, равную $\frac{1}{N-1}$, в ансамбле, из которого выходит; и увеличивает частоту встречаемости n_a/N значения свойства a , которым на момент перехода обладает переходящая частица, на величину, равную $\frac{1}{N+1}$, в ансамбле, в который переходит; тем самым меняя (уменьшая в первом ансамбле и увеличивая во втором) на ту же величину и вероятности P_a процессов осцилляции для данного значения свойства a в обоих ансамблях. Многократная итерация актов перехода квантовых систем из одного ансамбля в другой с изменением вероятностей P_a процессов осцилляций, которые определяют, какие значения свойства a при осцилляции в дальнейшем получают частицы в данном ансамбле, и как следствие, определяют вероятность дальнейшего перехода частицы из одного ансамбля в другой, и приводит к указанному выше результату.

У этого процесса возможна вариация в случае, если не существует такого значения свойства a , при котором частица вообще не способна вступать в рассматриваемое взаимодействие. В этом случае описанный процесс приведёт к полному исчезновению всех значений свойства a , кроме того, при котором стабильность взаимодействия максимальна.

Этот самопроизвольный механизм, в результате которого из начального стохастического многообразия возможных значений осциллирующего свойства a квантовых систем отбираются и сохраняются только те значения, которые обуславливают либо наибольшую стабильность вновь образующихся комплексов “фермион - переносчик внешней силы”, либо полную неспособность их образовывать, я назвал квантовым естественным отбором; сохраняющиеся в его результате значения свойства a - нелокальными аттракторами; физический закон (1), согласно которому реализуется данный механизм, - законом эволюции квантовой информации.

Последний в квантовой теории занимает место, аналогичное закону сохранения информации классической физики, и в частном случае, когда у свойства a существует одно возможное значение, превращается в закон сохранения информации классической физики. Данное условие перехода закона эволюции квантовой информации в закон сохранения классической информации, возможно, является границей перехода квантового мира в классический.

Описанный выше механизм является основной составляющей начального этапа предлагаемой далее модели эволюции элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий ранней Вселенной, в ходе которого образовались частицы тёмной материи, первые кварки и бозоны-переносчики сильного ядерного взаимодействия (для последних, возможно, механизм реализовался во второй вариации)(раздел 6.2).

5.3 Квантовый естественный отбор с участием трёх или более нелокальных ансамблей

Третий случай, в котором интерпретация квантовой механики Ли Смолина может быть применима к описанию закономерностей превращений элементарных частиц, связан с процессами, происходящими в условиях, когда существует одновременная возможность перехода частицы из своего нелокального ансамбля в один из двух или большего количества нелокальных ансамблей.

Рассмотрим множество нелокальных ансамблей составных частиц: $A_1, A_2, A_3 \dots A_i$, частицы которых, меняя свой состав в результате некоторых преобразований, могут переходить из одного ансамбля в другой. При этом в результате одного и того же события частица одного ансамбля может поменять свой состав $i - 1$ разными способами и, соответственно, перейти в один из $i - 1$ ансамблей.

При этом, согласно интерпретации Смолина, вероятность перехода частицы в ансамбль A_a будет равна

$$P_a = \frac{N_a}{N_1 + N_2 + N_3 + \dots N_i} \quad (4)$$

где: N_a – количество частиц, принадлежащих ансамблю A_a , во Вселенной в данный момент времени; N_1 – количество частиц, принадлежащих ансамблю A_1 , во Вселенной в данный момент времени... N_i – количество частиц, принадлежащих ансамблю A_i , во Вселенной в данный момент времени.

При выполнении закономерности (4) и многократном повторении вероятностных событий обмена ансамблей $A_1, A_2, A_3 \dots A_i$ частицами динамика изменения количества частиц N в ансамблях будет напрямую зависеть от стабильности входящих в них частиц. В соответствии с механизмом, аналогичным описанному в разделе 5.2, количество частиц в ансамбле с наиболее стойкими частицами (примем за него ансамбль A_1) будет постоянно расти. В ансамблях $A_2, A_3 \dots A_i$ значение прироста количества частиц будет постоянно снижаться, сразу или с течением процесса приняв отрицательные значения.

В результате реализации этого механизма количества частиц в ансамблях $A_2, A_3 \dots A_i$, а с ними и вероятности перехода частицы в эти ансамбли $P_2, P_3 \dots P_i$, будут снижаться, стремясь к нулю. В то время как количество частиц в ансамбле A_1 , а с ним и вероятность перехода частиц в этот ансамбль P_1 , будет увеличиваться, стремясь к значению $N_1 + N_2 + N_3 + \dots N_i$. То есть, конечным итогом процесса будет полное исчезновение из Вселенной частиц ансамблей $A_2, A_3 \dots A_i$ и замещение их частицами ансамбля A_1 .

Этот механизм в предлагаемой модели приводит к группировке кварков в адронах по три на стадии фазового перехода КХД (раздел 6.7).

6 Минимально необходимая локально - нелокальная модель эволюции элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий ранней Вселенной

Предлагаемая модель описывает процесс эволюции элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий ранней Вселенной, в котором наблюдаемый сегодня порядок, описываемый Стандартной моделью физики элементарных частиц, развивается в несколько этапов с участием дополняющих друг друга локальных и нелокальных явлений. Начало каждого нового этапа инициируется изменениями условий Вселенной (температуры и плотности вещества), в результате которых некоторая физическая система космологического масштаба достигает предела стабильности. События каждого этапа выражаются в минимально необходимых с точки зрения энергетической целесообразности преобразованиях утратившей стабильность системы и завершаются появлением новых, не существовавших ранее, стабильных в существующих условиях физических сущностей. Природа каждой такой новой сущности отчасти определяется состоянием физической системы-предшественника, отчасти — стохастическими квантовыми флуктуациями и возникает посредством совместного действия локальных и нелокальных процессов.

Значения фундаментальных физических констант Вселенной, связанных со свойствами частиц и взаимодействий, в рамках предлагаемой модели возникают в результате одновременного действия стохастических квантовых флуктуаций и фундаментальных законов классической физики, ограничивающих их возможные значения требованиями энергетической целесообразности.

Феноменология предлагаемой модели основана на предположении о существовании в структуре физической реальности дополнительных измерений, отличающихся на современном этапе эволюции Вселенной по своим свойствам от наблюдаемых пространственных измерений и времени. Количество этих измерений может быть как фиксированным, так и переменным - новые измерения могут появляться в ходе эволюции Вселенной как результат организации избыточной энергии дестабилизированной физической системы космологического масштаба. Подробнее природа каждого дополнительного измерения, необходимого для описания модели, рассмотрена в разделах 6.1-6.8.

Поскольку предполагаемый моделью процесс эволюции является отчасти стохастическим, он не ведёт однозначно к единственно возможному результату. Его возможные результаты представляют собой некоторое множество отличающихся друг от друга Стандартных моделей, единственным условием формирования которых является стабильность (в условиях, существовавших на момент их возникновения) частиц (фермионов и переносчиков взаимодействий), в них входящих, и их способность вступать между

собой в стабильные взаимодействия.

6.1 Начальные условия

Состоянием Вселенной, предшествующим процессам, описываемым данной моделью, является стадия инфляционного расширения, в течение которой Вселенная заполнена бесструктурной энергией в виде скалярного поля.

Структуру Вселенной в рамках феноменологии предлагаемой модели на этой стадии составляют пять измерений (в случае, если количество измерений не фиксировано и дополнительные измерения появляются в последующем в ходе процесса эволюции Вселенной).

Модель допускает два варианта описания природы исходных измерений. Во-первых, все пять измерений могут находиться в симметричном состоянии - объединять свойства пространственных измерений, времени и дополнительных измерений, описанных далее; то есть одновременно являться и пространством, и временем, и массой/энергией. В этом случае инфляционное расширение является математической абстракцией, поскольку время как самостоятельное измерение отсутствует. Альтернативой этому является структура, состоящая из четырёх симметричных измерений (объединяющих свойства пространственных и дополнительных измерений - являющихся одновременно пространством и массой/энергией), инфляционно расширяющаяся во времени, которое изначально существует как самостоятельное измерение. В любом из этих двух вариантов симметричные измерения являются изотропными и непрерывными.

Начальным моментом описываемой модели эволюции является момент прекращения инфляционного расширения Вселенной, разрушения исходного псевдовакуума и структуризации скалярного поля его энергии. В феноменологии данной модели это соответствует моменту нарушения симметрии начальных измерений. Причины, инициировавшие это событие, в данной модели не уточняются.

Симметрия измерений нарушается следующим образом. Одно из начальных измерений разрушается, структурируясь в дискретные одномерные объекты, которые в дальнейшем описании называются "струнами". Остальные измерения в этот момент приобретают свойства наблюдаемых на современном этапе эволюции Вселенной трёх пространственных измерений и времени (в случае, если время не является самостоятельным измерением изначально) и Вселенная приобретает наблюдаемую сегодня динамику расширения.

Одномерные фрагменты разрушенного измерения (по описанным далее причинам я буду называть его измерением Хиггса) организуются двумя различными способами, создавая два вида объектов. Первый вид объектов представляет собой не замкнутые струны, одним концом контактирующие с тремя пространственными измерениями, своей протяжённостью ориентированные перпендикулярно трём пространственным измерениям в измерении Хиггса и направленные в одну сторону относительно трёхмерной поверхности пространственных измерений. Место контакта такой струны с про-

пространственными измерениями представляет собой элементарную частицу - первичный фермион. Единственными свойствами первичного фермиона являются спин, равный $1/2$, определяемый способом организации струны, и масса, которая определяется линейным размером струны.

Размер области контакта струны первичного фермиона с трёхмерной поверхностью пространственных измерений в квантовомеханическом описании соответствует значению длины волны Де Бройля для данного первичного фермиона. В области контакта струны первичного фермиона с трёхмерной расширяющейся поверхностью пространственных измерений скорость расширения пространства снижается прямо пропорционально линейному размеру струны (то есть массе первичного фермиона), что является причиной искривления пространства в области, окружающей первичный фермион, и как следствие - появления наблюдаемых гравитационных эффектов.

Второй вид объектов представляет собой струны, замкнутые в кольца и расположенные всей своей протяжённостью на трёхмерной поверхности пространственных измерений. Эти струны представляют собой переносчики сильного ядерного взаимодействия - глюоны, единственными свойствами которых являются спин, равный 1, определяемый способом организации струны, и константа взаимодействия, которая определяется линейным размером струны.

Ограниченная растяжимость замкнутой глюонной струны и гравитационное искривление трёхмерной поверхности пространственных измерений, в которых полностью расположена глюонная струна, концом фермионной струны, приводит к энергетически более выгодному расположению глюонной струны вблизи центра области контакта пространственных измерений с фермионной струной, где искривление пространственных измерений максимально, следствием чего на современном этапе эволюции Вселенной является экспериментально наблюдаемое явление конфайтмента.

В момент своего появления, для некоторого начального количества струн длившийся отрезок времени, меньший чем \hbar/mc^2 , струны стохастически в результате квантовых флуктуаций индивидуально получили большое количество разнообразных значений линейного размера, которые, после оформления струн в первичные фермионы и глюоны, непрерывно осциллировали в двух образовавшихся нелокальных ансамблях (ансамбле первичных фермионов и ансамбле глюонов) с вероятностями, определяющимися законом (1), что соответствовало осцилляции значений массы в ансамбле первичных фермионов и осцилляции значений константы сильного взаимодействия в ансамбле глюонов.

Нелокальные осцилляции значений линейного размера струны и организация объектов в нелокальные ансамбли в предлагаемой модели являются фундаментальными свойствами дополнительных измерений.

Выражаемые количественно параметры физики ранней Вселенной (энергия, плотность вещества, скорость расширения и др.) для описываемых далее процессов имеют опосредованное значение лишь как факторы, определяющие стабильность частиц и взаимодействий. На форму самих описы-

ваемых процессов они не оказывают непосредственного влияния и могут меняться в широком диапазоне.

6.2 Этап квантового естественного отбора: выделение t -протокварков и частиц тёмной материи

Одновременное существование первичных фермионов и сильного ядерного взаимодействия как внешней силы, действующей на первичные фермионы, привело к появлению двух нелокальных ансамблей фермионов: первичных фермионов, находящихся в данный момент времени в сильном взаимодействии, (будущих кварков, протокварков) и первичных фермионов, не находящихся в данный момент времени в сильном взаимодействии (будущих частиц тёмной материи); с собственными для каждого ансамбля вероятностями осцилляции масс, определяющимися отдельно для каждого ансамбля законом (1). То же относится и к нелокальному ансамблю глюонов, который также разделится на два нелокальных ансамбля: глюоны, находящиеся в данный момент времени во взаимодействии как минимум с одним первичным фермионом и глюоны, не находящиеся в данный момент во взаимодействии с первичными фермионами.

Стабильность комплекса бозона-переносчика сильного ядерного взаимодействия с первичным фермионом в существовавших условиях зависела от массы первичного фермиона (то есть, его способности искривлять пространство) и константы сильного взаимодействия (то есть, линейного размера глюонной струны). Таким образом, длительность нахождения данного первичного фермиона в том или ином из двух нелокальных ансамблей первичных фермионов зависела от его массы, а длительность нахождения данного глюона в том или ином из двух нелокальных ансамблей глюонов - от его константы сильного взаимодействия. Вновь вступая в сильное взаимодействие и выходя из сильного взаимодействия, первичные фермионы и глюоны переходили, соответственно, из одного нелокального ансамбля в другой.

В результате начавшихся в этих условиях процессов квантового естественного отбора (закономерности которых описаны в разделе 5.2) в нелокальном ансамбле протокварков сохранилось только то значение массы, при котором частицы способны вступать в максимально стабильное сильное взаимодействие в существовавших на тот момент условиях Вселенной (значение массы близкое к тому, которым сейчас обладает t -кварк), а в нелокальном ансамбле тёмной материи сохранились одно или несколько значений массы, при которых в существовавших на тот момент условиях Вселенной частицы вообще не способны вступать в сильное взаимодействие. Аналогично для глюонов: в нелокальном ансамбле глюонов, способных вступать в сильное взаимодействие, сохранилось одно значение константы сильного взаимодействия, наблюдаемое сегодня; в нелокальном ансамбле глюонов, не способных вступать в сильное взаимодействие (если таковые значения константы сильного взаимодействия вообще существовали) - одно или несколько значений константы "тёмного сильного взаимодействия". Все остальные

значения массы первичных фермионов и константы сильного взаимодействия исчезли.

Тот факт, что на описываемом этапе эволюции Вселенной её температура была такова, что позволяла протокваркам и квантам сильного взаимодействия находиться в состоянии взаимодействия очень короткий период времени, не вносит в эту схему каких бы то ни было существенных изменений, поскольку описанный механизм отбора основан не на абсолютном времени пребывания протокварков в состоянии сильного взаимодействия, а на относительной разнице этого времени для различных значений их массы и константы сильного взаимодействия.

Таким образом, на выходе этапа квантового естественного отбора образовались t -протокварки — фермионы, из свойств обладающие только спином, равным $1/2$, и массой, близкой к массе t -кварка, максимально стабильно вступающие в сильное ядерное взаимодействие; частицы тёмной материи — фермионы, из свойств также обладающие только спином, равным $1/2$, и массой с неизвестным количеством значений, не вступающие в сильное ядерное взаимодействие; глюоны, обладающие спином, равным 1, и наблюдаемым сегодня значением константы сильного взаимодействия, максимально стабильно вступающие в сильное ядерное взаимодействие; и, возможно, тёмные глюоны, обладающие спином, равным 1, и неизвестным количеством значений константы тёмного ядерного взаимодействия, не вступающие в сильное ядерное взаимодействие.

Поскольку в дальнейшей эволюции частиц и взаимодействий Вселенной, возможные тёмные глюоны не принимают участия, а частицы тёмной материи участвуют только на этапе, описанном в разделе 6.8, и те, и другие не будут далее упоминаться в тексте при описании вещества Вселенной.

Следует принять во внимание, что процессы обратной эволюции частиц и взаимодействий, наблюдаемые сегодня в экспериментах на ускорителях частиц, не могут соответствовать во всех деталях процессам прямой эволюции, описанной в данной модели, вследствие чего протокварки модели прямой эволюции не являются во всём идентичными кваркам, получаемым в вышеуказанных экспериментах.

6.3 Появление электрослабого взаимодействия, b - и c -протокварков

Следующий этап эволюции Вселенной начался в тот момент, когда Вселенная остыла настолько, что t -протокварки стали нестабильны. Избыточная энергия нестабильных t -протокварков стала рождать виртуальные частицы. Набор свойств этих частиц определялся свойствами физической системы-предшественника (это является локальной составляющей механизма), а выражаемые численно значения свойств являлись истинно стохастическими и появлялись вследствие квантовых флуктуаций.

Необходимым условием стабильного существования новых частиц в существовавших на данный момент условиях было максимально эффективное “отведение” избыточной энергии от t -протокварков в условиях высокой

плотности заполнения протокварками пространства Вселенной таким образом, чтобы образовавшийся в результате “наследник” t-протокварка стал стабильным и не утратил способности вступать в сильное взаимодействие.

Реальный распад t-протокварка пошёл двумя путями, поскольку, вероятно, два варианта стабильного распада появились в период времени, меньший \hbar/mc^2 , и в последующих распадах результаты обеих вариантов копировались с близкой вероятностью. Этот случай является более сложной вариацией процесса, описанного в разделе 5.1.

В первом варианте t-протокварк распадался на безмассовый предшественник Z-бозона и с-протокварк. Во втором - на безмассовый нейтральный предшественник W-бозона и b-протокварк.

В феноменологии данной модели описанные события выглядят следующим образом. От струны t-протокварка отделился фрагмент, ставший самостоятельным объектом (свободной частицей), имеющим вид незамкнутой струны, всей своей протяжённостью расположенной в трёхмерной плоскости пространственных измерений (в одном случае - безмассовый предшественник Z-бозона, во втором - безмассовый нейтральный предшественник W-бозона); из свойств обладающий только спином, равным 1, определяемым способом организации струны, и значением переносимой энергии, определяемым линейным размером струны, которых было два - одно у предшественника Z-бозона и одно у предшественника W-бозона. Оставшийся фрагмент фермионной струны образовывал с- или b-протокварк соответственно.

Таким образом, излучая вновь появившийся бозон электрослабого взаимодействия, t-протокварки превращались в b- или с-протокварки — фермионы, из свойств обладающие только спином, равным 1/2, и массой, близкой к массе b- или с-кварка.

На этом этапе эволюции Вселенной существовал один нелокальный ансамбль взаимодействующих фермионов - ансамбль протокварков: фермионов, состоящих в сильном и электрослабом взаимодействии, куда входили b- и с-протокварки и очень непродолжительный период времени до окончания своего распада t-протокварки; и два нелокальных ансамбля взаимодействующих бозонов - ансамбль глюонов и ансамбль бозонов электрослабого взаимодействия. Хотя b-, с- и t-протокварки принадлежали одному нелокальному ансамблю были возможны только взаимные осцилляции b- и с-протокварков и осцилляции t-протокварков в b- и с-протокварки. Последние, однако, могли происходить только в очень короткий период времени до полного распада всех t-протокварков и, вероятно, не привели к существенному изменению частот встречаемости частиц. Осцилляция b- и с-протокварков в t-протокварки была невозможна, так как последние представляли собой частицы в возбуждённом энергетическом состоянии, и могла присутствовать, возможно, только в виде смешивания.

Таким образом, вещество Вселенной на этом этапе представляло собой плазму из глюонов, распадающихся нестабильных t-протокварков, количество которых быстро уменьшалось, стабильных b- и с-протокварков, количество которых увеличивалось, и безмассовых бозонов электрослабого взаимодействия.

6.4 Исчезновение b -протокварков

Дальнейшее остывание Вселенной привело к тому, что b -протокварк пошёл к пределу своей стабильности. Это изменило закономерности процесса осцилляции в нелокальном ансамбле протокварков. Осцилляция b -протокварка в s -протокварк была возможна, но осцилляция s -протокварка в b -протокварк исключалась, так как последний на этот момент был частицей в возбуждённом энергетическом состоянии. Таким образом, осцилляции стали направленными и привели к полному исчезновению значения массы b -протокварка в ансамбле протокварков.

6.5 Появление s -протокварков

Дальнейшее остывание Вселенной привело к тому, что s -протокварк стал нестабилен. Излучая безмассовый нейтральный предшественник W -бозона он превращался в s -протокварк.

“Выбор” безмассового нейтрального предшественника W -бозона в качестве продукта распада был стохастическим. “Выбор” в этом же качестве безмассового предшественника Z -бозона в последующих процессах принципиально ничего не меняет.

На этом этапе эволюции Вселенной существовал один нелокальный ансамбль взаимодействующих фермионов - ансамбль протокварков, куда входили s - и b -протокварки, и два нелокальных ансамбля взаимодействующих бозонов - ансамбль глюонов, и ансамбль безмассовых бозонов электрослабого взаимодействия. В первом ансамбле были возможны осцилляции s -протокварка в b -протокварк, в третьем - взаимные осцилляции безмассовых предшественников Z - и W -бозонов. Последние не сопровождались значимыми изменениями частот встречаемости электрослабых бозонов.

Абсолютный показатель температуры Вселенной и динамика её остывания на этом этапе её эволюции были таковы, что полный распад s -протокварков происходил медленнее, чем полный распад t -протокварков на этапе, описанном в разделе 6.3, и осцилляции s -протокварка в b -протокварк, происходившие в этот период, могли изменить соотношение частот встречаемости протокварков и предшественников W -бозона в сторону уменьшения последних.

На этом этапе вещество Вселенной представляло собой плазму из глюонов, распадающихся нестабильных s -протокварков, количество которых уменьшалось, стабильных b -протокварков, количество которых увеличивалось, и безмассовых нейтральных предшественников W - и Z -бозонов.

6.6 Электрослабый фазовый переход и появление нейтральных слабых токов

Следующий этап эволюции Вселенной начался в тот момент, когда Вселенная остыла до температуры, при которой безмассовые нейтральные предшественники W - и Z -бозона стали взаимодействовать с полем Хиггса. При

этом они приобрели массу и превратились в нейтральные W^0 - и Z^0 -бозоны, соответственно.

В феноменологии данной модели поле Хиггса является математической абстракцией, описывающей механизм взаимодействия объектов, ориентированных в измерении Хиггса, с трёхмерной поверхностью пространственных измерений; а бозон Хиггса - "квантовой гравитационной волной".

Взаимодействием безмассовых нейтральных предшественников W - и Z -бозона с полем Хиггса, соответственно, является провисание протяжённости их струн в измерении Хиггса в плоскости, перпендикулярной поверхности пространственных измерений, в направлении, совпадающем с направлением провисания фермионных струн протокварков, таким образом, что в контакте с пространственными измерениями оставались только оба свободных конца бозонной струны. В результате этого бозонная струна в местах контакта её свободных концов с трёхмерной поверхностью пространственных измерений стала искривлять последнюю в направлении своего провисания. То есть, бозонные струны предшественников W - и Z -бозона приобрели массу и стали принимать участие в гравитационных эффектах.

До этого момента безмассовые нейтральные предшественники W - и Z -бозона, имея неограниченное время жизни и неограниченный радиус действия, существовали в виде свободных частиц. С приобретением массы время жизни W^0 - и Z^0 -бозонов стало ограниченным и радиус действия электрослабого взаимодействия стал определяться возможностью растяжения петель их струн; а концы струн, вызывая гравитационное искривление пространства, стали ориентироваться в уже искривлённых в этом же направлении областях пространства - областях контакта фермионной струны протокварков с пространственными измерениями. Таким образом, W^0 - и Z^0 -бозоны могли существовать только, контактируя двумя разными концами с двумя разными протокварками или с одним и тем же протокварком при условии, что контакт обоих концов струны с ним длился период времени, меньший, чем необходимо для дестабилизации данного протокварка. Такой способ существования является феноменологическим описанием нейтральных электрослабых токов.

На этом этапе эволюции Вселенной существовал один нелокальный ансамбль взаимодействующих фермионов - ансамбль s -протокварков, и два нелокальных ансамбля взаимодействующих бозонов - ансамбль глюонов, и ансамбль массивных электрослабых бозонов. Были возможны взаимные осцилляции массивных электрослабых бозонов, которые не сопровождались значимыми изменениями их частот встречаемости.

На этом этапе вещество Вселенной представляло собой плазму из глюонов, стабильных s -протокварков и нейтральных W^0 - и Z^0 -бозонов в виде нейтральных электрослабых токов.

6.7 Фазовый переход КХД и квантовый естественный отбор составных частиц

Следующий этап эволюции Вселенной начался в тот момент, когда её температура снизилась до энергетического масштаба сильных ядерных взаимодействий. Произошедшие вследствие этого события теоретически описаны как фазовый переход КХД.

Вероятнее всего, объединение кварков на этом этапе происходило стохастически и приводило к появлению разнообразных составных частиц из случайного количества s -протокварков - первичных адронов, которые при взаимных столкновениях могли менять свой состав.

Существование первичных адронов как свободных составных частиц привело к появлению первых нелокальных ансамблей составных частиц. Вероятности образования частиц того или иного ансамбля (то есть, того или иного состава) в результате событий столкновений и распадов определялись законом (4).

В результате действия механизма, описанного в разделе 5.3, согласно закону (4) как наиболее стабильные сохранились первичные адроны, состоящие из трёх s -протокварков.

На этом этапе эволюции Вселенной существовал один нелокальный ансамбль взаимодействующих истинно элементарных фермионов - ансамбль s -протокварков, два нелокальных ансамбля взаимодействующих бозонов - ансамбль глюонов и ансамбль массивных электрослабых бозонов и изначально неизвестное, в динамике стремящееся к единице количество нелокальных ансамблей первичных адронов. Были возможны взаимные осцилляции массивных электрослабых бозонов, которые не сопровождались значимыми изменениями их частот встречаемости.

Вещество Вселенной на этом этапе, таким образом, представляло собой плазму из первичных адронов — кварк-глюонных комплексов содержащих различное количество стабильных s -протокварков; и нейтральных W^0 - и Z^0 -бозонов в виде нейтральных токов.

6.8 Нарушение электрослабой симметрии, появление заряженных слабых токов, электромагнитного взаимодействия и лептонов третьего поколения

В результате продолжающегося расширения Вселенной плотность вещества непрерывно снижалась. В тот момент, когда расстояние между первичными адронами превысило радиус действия электрослабого взаимодействия, начался следующий этап эволюции Вселенной. Существование в виде нейтральных токов всех существующих W^0 - и Z^0 -бозонов в этих условиях стало невозможным — нейтральные токи в этих условиях могли стабильно существовать только в вакууме КХД первичных адронов и нестабильно — между теми первичными адронами, расстояние между которыми в данный момент времени было меньше радиуса действия электрослабого взаимодействия. С

дальнейшим уменьшением плотности вещества количество последних снижалось.

Соотношение количеств протокварков и нейтральных предшественников калибровочных бозонов слабого взаимодействия, в соответствии с моделью их появления, было следующим (без учёта влияния осцилляций протокварков): на один Z^0 -бозон приходилось три W^0 -бозона и два s-протокварка. Учёт осцилляций протокварков не меняет существенно количество Z^0 -бозонов, но снижает на неизвестную величину количество W^0 -бозонов (раздел 6.5).

В любом случае, сохранение всех существующих во Вселенной Z^0 - и W^0 -бозонов в виде нейтральных токов в вакууме КХД первичных адронов без дестабилизации последних было невозможно. Единственными частицами, которые могли принять один свободный конец струны вытесняемого из вакуума КХД Z^0 - или W^0 -бозона на тот момент эволюции Вселенной были частицы тёмной материи.

Данные условия привели в качестве промежуточного состояния к устойчивому сохранению части Z^0 - и W^0 -бозонов в виде нейтральных токов в вакууме КХД первичных адронов и метастабильному сохранению части Z^0 - и W^0 -бозонов, один из свободных концов струны которых находился в вакууме КХД, а второй - в контакте с частицей тёмной материи.

Дальнейшее увеличение расстояния между первичными адронами разрушило это состояние: часть W^0 -бозонов была полностью вытеснена из вакуума КХД и оба свободных конца их струн вступили в контакт с частицами тёмной материи, что привело к необратимой дестабилизации данных W^0 -бозонов.

В феноменологии предлагаемой модели последующие события выглядят следующим образом. Избыточная энергия нестабильных W^0 -бозонов инициирует появление нового дополнительного измерения (в случае, если оно не присутствовало изначально), которое я называю измерением Максвелла. Струны дестабилизированных W^0 -бозонов разрываются вблизи одного из концов. Длинный фрагмент разорвавшейся струны одним концом остаётся в контакте с трёхмерной поверхностью пространственных измерений, своей протяжённостью ориентируется перпендикулярно ей в измерении Максвелла равновероятно в одном из двух противоположных направлений, искривляя поверхность пространственных измерений в измерении Максвелла, соответственно, в одном из двух противоположных направлений. Это искривление наблюдается как электромагнитное поле, а наличие двух возможных направлений искривления объясняет такое свойство вновь появившегося электромагнитного взаимодействия, как биполярность.

Короткий фрагмент разорвавшейся струны W^0 -бозона всей своей протяжённостью ориентируется на пересечении пространственных измерений и измерения Максвелла и становится свободной частицей, распространяющейся со скоростью света - фотоном.

Поскольку оба конца разорвавшейся струны на момент разрыва находятся в контакте с частицами тёмной материи, высвобождения фрагментов струны как свободных частиц не происходит. Длинный фрагмент струны W^0 -бозона, превращающийся в результате описанного преобразования рав-

невероятно (в зависимости от направления ориентации) в W^+ - или W^- -бозон, в контакте с частицей тёмной материи рождает тау-лептон или антитаон соответственно. Короткий фрагмент в контакте с другой частицей тёмной материи рождает тау-нейтрино.

Второй возможный вариант феноменологии данного этапа заключается в отсутствии разрыва струн W^0 -бозонов. Вместо этого один из концов струны W^0 -бозона выходит из соприкосновения с поверхностью пространственных измерений - "отрывается" от неё - и струна всей своей протяжённостью ориентируется перпендикулярно ей в измерении Максвелла. В месте отрыва струны от поверхности пространственных измерений в направлении измерения Максвелла возникает незатухающая волна, распространяющаяся со скоростью света, которая является фотоном.

Все W^0 -бозоны этого этапа эволюции Вселенной представляли собой неразличимые частицы одного нелокального ансамбля. Поэтому метастабильные W^0 -бозоны, одним концом струны находящиеся в вакууме КХД, а другим - в контакте с частицей тёмной материи, копируя преобразования распавшихся нестабильных W^0 -бозонов, также начинают распадаться аналогичным образом. Метастабильные Z^0 -бозоны стремясь перейти в стабильное состояние, вытесняют стабильные W^0 -бозоны из вакуума КХД в метастабильное состояние с последующим их распадом. Таким образом, все Z^0 -бозоны перешли в стабильное состояние в виде нейтральных слабых токов вакуума КХД, а все W^0 -бозоны распались на W^+ - или W^- -бозоны и фотоны. В результате первичные адроны превратились в первичные протоны, первичные антипротоны, первичные нейтроны и первичные антинейтроны, а кварки получили условный (как следствие заряда адрона) электрический заряд.

Таким образом, была нарушена электрослабая симметрия, появилось электромагнитное взаимодействие и его бозон-переносчик — фотон, появились заряженные частицы, а W^0 -бозоны разделились на W^+ - и W^- -бозоны с образованием заряженных слабых токов, вместе с Z^0 -бозонами сформировав слабое взаимодействие с наблюдаемыми сегодня свойствами.

С появлением электрического заряда стал действовать закон сохранения заряда, стало возможным с участием частиц тёмной материи рождение пар частица-античастица и существование антивещества как такового.

Поскольку наличие заряда у частицы является стабильным возбуждённым состоянием, заряженные частицы одного нелокального ансамбля утратили способность осциллировать друг в друга.

На этом этапе вещество Вселенной представляло собой плазму из адронов, содержащих стабильные s-протокварки и глюоны, их античастиц, W^+ -, W^- - и Z^0 -бозонов в виде заряженных и нейтральных слабых токов, фотонов и лептонов третьего поколения и их античастиц. Аннигиляция частиц и соответствующих им античастиц происходила с вероятностью, соответствующей сечению этого процесса при существующих энергиях. Поскольку ориентация струн распадающихся W^0 -бозонов и, соответственно, их разделение на W^+ - и W^- -бозоны происходили стохастически, этот процесс привёл к изначальной асимметрии между веществом и антивеществом, что

послужило прямой причиной наблюдаемой на современном этапе эволюции Вселенной барионной асимметрии.

6.9 Распад s-протокварков до d- и u-кварков, тау-лептонов до лептонов второго поколения и мюонов до лептонов первого поколения. Формирование наблюдаемой Стандартной модели.

В дальнейшем с уменьшением температуры Вселенной последовательно стали нестабильными: s-кварки, которые с испусканием соответствующего калибровочного бозона слабого взаимодействия превращались в наблюдаемые сегодня d- или u-кварки; тау-лептоны, которые вероятно распадались, в части случаев образуя новые, стабильные в существующих на данном этапе условиях, частицы — мюоны и мюонные нейтрино; а затем — мюоны, которые распадались с образованием новых стабильных частиц — электронов и электронных нейтрино.

На этом этапе эволюции Вселенной полностью сформировались частицы и взаимодействия, составляющие современную Стандартную модель.

После появления электромагнитного взаимодействия и электрического заряда способность к осцилляциям в рамках одного нелокального ансамбля сохранили только электрически нейтральные частицы. Следовательно, в условиях современной Вселенной возможны только следующие осцилляции: осцилляции нейтрино в нелокальном ансамбле нейтрино, осцилляции u- и d-кварков в составе свободного нейтрона и b-, c-, s-, u- и d-кварков в составе мезонов нулевого заряда в ансамбле кварков, осцилляции b-, c-, s-, u- и d-антикварков в ансамбле антикварков. Осцилляции во втором из перечисленных ансамблей являются вероятной причиной нестабильности свободного нейтрона. Совместные осцилляции во втором и третьем из перечисленных ансамблей являются вероятной основой явления осцилляции ароматов мезонов нулевого заряда.

7 Совместимость модели с квантовой теорией поля

Предлагаемая модель полностью согласуется с существующими экспериментальными данными, лежащими в основе квантовой теории поля, но даёт им теоретическое обоснование, используя меньшее количество искусственно вводимых сущностей. В рамках модели существуют только два фундаментальных физических поля - гравитационное и электромагнитное, феноменологически являющиеся трёхмерными поверхностями соприкосновения трёх пространственных измерений и вводимых моделью двух дополнительных измерений. Большинство искусственно вводимых КТП фундаментальных полей и связанных с ними зарядов не являются необходимыми. Соответ-

ствующие им законы сохранения в модели заменяются нелокальными механизмами.

8 Заключение

Включение нелокальных квантовых процессов в модель эволюции элементарных частиц и взаимодействий ранней Вселенной позволяет сделать эту модель достаточно полной и непротиворечивой и решить в её рамках множество, не решённых в полностью локальных моделях, проблем, таких как: проблема барионной асимметрии; проблема иерархии фермионных масс; проблема калибровочной иерархии фундаментальных взаимодействий; вопрос о природе и происхождении частиц тёмной материи; природа вероятностных явлений осцилляций нейтрино; экспериментально наблюдаемые в распадах мезонов отклонения от предсказаний Стандартной модели и др.

Одновременно с проблемами, специфическими для физики элементарных частиц, данная модель затрагивает не менее серьёзный вопрос из области квантовой теории: “каким образом и на основе каких физических сущностей происходят нелокальные квантовые явления?”. Говоря словами Николя Жизана (Nicolas Gisin): “как Природа организует свою бухгалтерию и запоминает, какие измерения должны сопровождаться нелокальными корреляциями?” [16].

В рамках описанного механизма эта проблема квантовой теории, одновременно с рядом проблем физики элементарных частиц, находит одно и то же решение во введении дополнительных измерений, принципиально отличных по своим свойствам и от пространства, и от времени. Измерений, при участии которых происходят все нелокальные квантовые процессы, включая объединение индивидуальных квантовых систем в нелокальные ансамбли и формирование в их рамках значений квантовых вероятностей; и на основе которых может существовать нерелятивистская одновременность квантовых событий.

В рамках модели также находят возможные ответы более общие вопросы физики и космологии, такие как: вопрос обратимости физических процессов (проблема "стрелы времени"), проблема сохранения квантовой информации, вопрос о границе квантового и классического мира и проблема тонкой настройки ряда фундаментальных физических констант.

Список литературы

- [1] В.А. Рубаков, Иерархии фундаментальных констант (к пунктам 16, 17 и 27 из списка В.Л. Гинзбурга), УФН, 177, 407 (2007)
- [2] С.В. Троицкий, Нерешённые проблемы физики элементарных частиц, УФН, 182, 77 (2012)

- [3] Paoti Chang, Kai-Feng Chen, Wei-Shu Hou, Flavor Physics and CP Violation. arXiv:1708.03793
- [4] G. Ciezarek, M. F. Sevilla, B. Hamilton, R. Kowalewski, T. Kuhr, V. Lüth & Yutaro Sato, A challenge to lepton universality in B-meson decays. *Nature* 546, 227–233 (2017).
- [5] F. Archilli, M.-O. Bettler, P. Owen & K. A. Petridis, Flavour-changing neutral currents making and breaking the standard model. *Nature* 546, 221–226 (2017).
- [6] J.S Bell, On the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox, *Physics* 1, 195 (1964)
- [7] R. Jackiw, A. Shimony, The depth and breadth of John Bell’s physics, arXiv:physics/0105046
- [8] A. Aspect, J. Dalibard, and G. Roger, Experimental Tests of Bell’s Inequalities Using Time-varying Analyzers, *Phys. Rev. Lett.* 49, 1804 (1982)
- [9] A. Aspect, Bell’s theorem: the naive view of an experimentalist // *Quantum [Un]speakables – From Bell to Quantum information*, Reinhold A. Bertlmann and Anton Zeilinger (editors). Springer-Verlag, 2002
- [10] Artur K. Ekert, Quantum cryptography based on Bell’s theorem // *Phys. Rev. Lett.* 67, 661 (1991)
- [11] J.S. Bell, *The Ghost in the Atom*, eds P.C.W Davies and J.R. Brown, Cambridge University Press, (1993)
- [12] G. Weihs, T. Jennewein, C. Simon, H. Weinfurter, and A. Zeilinger, Violation of Bell’s Inequality under Strict Einstein Locality Conditions. *Phys. Rev. Lett.* 81, 5039 (1998)
- [13] M. A. Rowe, D. Kielpinski, V. Meyer, C. A. Sackett, W. M. Itano, C. Monroe and D. J. Wineland, Experimental violation of a Bell’s inequality with efficient detection. *Nature* 409, 791 (2001)
- [14] D. N. Matsukevich, P. Maunz, D. L. Moehring, S. Olmschenk, and C. Monroe, Bell inequality violation with two remote atomic qubits. arXiv:0801.2184
- [15] N. Gisin, Can relativity be considered complete ? From Newtonian nonlocality to quantum nonlocality and beyond. arXiv:quant-ph/0512168
- [16] N. Gisin, Non-realism: deep thought or a soft option? arXiv:0901.4255
- [17] Bradley G. Christensen, Yeong-Cherng Liang, Nicolas Brunner, Nicolas Gisin, and Paul G. Kwiat, Exploring the limits of quantum nonlocality with entangled photons, arXiv:1506.01649

- [18] N. Brunner, D. Cavalcanti, S. Pironio, V. Scarani, S. Wehner, Bell nonlocality, *Rev. Mod. Phys.* **86**, 419 (2014)
- [19] M. Ansmann, et al. Violation of Bell’s inequality in Josephson phase qubits. *Nature* **461**, 504 (2009)
- [20] B. G. Christensen, et al. Detection-loophole-free test of quantum nonlocality, and applications. *Phys. Rev. Lett.* **111**, 130406 (2013)
- [21] M. Navascues, Y. Guryanova, M. J. Hoban, A. Acin, Almost quantum correlations. *Nat. Commun.* **6**, 6288 (2015)
- [22] Reinhard F. Werner, Quantum states with Einstein-Podolsky-Rosen correlations admitting a hidden-variable model, *Phys. Rev. A* **40**, 4277 (1989)
- [23] D. Salart, A. Baas, C. Branciard, N. Gisin and H. Zbinden, Testing the speed of “spooky action at a distance”, *Nature* **454**, 861 (2008)
- [24] R. Garisto, What is the speed of quantum information?, arXiv:quant-ph/0212078
- [25] A.J. Leggett, Nonlocal Hidden-Variable Theories and Quantum Mechanics: An Incompatibility Theorem, *Foundations of Physics*, **33** (10), 1469 (2003)
- [26] S. Groblacher, T. Paterek, R. Kaltenbaek, C. Brukner, M. Zukowski, M. Aspelmeyer & A. Zeilinger, An experimental test of non-local realism, *Nature*, **446** (19), 871 (2007)
- [27] J.S. Bell, The Theory of Local Beables, *Epistem. Lett.* **9**, 11 et seq. (1976); reprinted in *Dialectica* **39**, 86–96 (1985) and in *Speakable and Unsayable* in *Quantum Mechanics* (Cambridge University Press, Cambridge, UK 1987).
- [28] Lee Smolin, A real ensemble interpretation of quantum mechanics. arXiv:1104.2822
- [29] Lee Smolin, Non-local beables, arXiv:1507.08576
- [30] Y. Fukuda et al. (Super-Kamiokande Collaboration), Evidence for oscillation of atmospheric neutrinos, *Phys. Rev. Lett.* **V. 81** (1998)
- [31] Q. R. Ahmad et al. (SNO Collaboration), Measurement of the rate of $\nu_e + d \rightarrow p + p + e^-$ interactions produced by 8B solar neutrinos at the Sudbury Neutrino observatory, *Phys. Rev. Lett.* **V. 87** (2001)
- [32] Q. R. Ahmad et al. (SNO Collaboration), Direct evidence for neutrino flavor transformation from neutral-current interactions in the Sudbury Neutrino observatory, *Phys. Rev. Lett.* **V. 89** (2002)

- [33] Y. Nambu and G. Jona-Lasinio, Dynamical Model of Elementary Particles Based on an Analogy with Superconductivity. I, *Physical Review* 122, 345 (1961)
- [34] Y. Nambu and G. Jona-Lasinio, Dynamical Model of Elementary Particles Based on an Analogy with Superconductivity. II, *Physical Review* 124, 246 (1961)
- [35] M. Kobayashi and T. Maskawa, CP Violation in the renormalizable theory of weak interaction, *Prog. Theor. Phys.* 49, 652 (1973)
- [36] Lee Smolin, The Present Moment in Quantum Cosmology: Challenges for the Argument for the Elimination of Time, [arXiv:gr-qc/0104097](https://arxiv.org/abs/gr-qc/0104097)
- [37] Stuart Kauffman and Lee Smolin, A possible solution to the problem of time in quantum cosmology, [arXiv:gr-qc/9703026v1](https://arxiv.org/abs/gr-qc/9703026v1)
- [38] N. Gisin, Time Really Passes, Science Can't Deny That, [arXiv:1602.01497v1](https://arxiv.org/abs/1602.01497v1)