

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МИФИ»  
(НИЯУ МИФИ)

БАХТИН ПАВЕЛ АНДРЕЕВИЧ  
М22-115

РЕФЕРАТ НА ТЕМУ:

**ЗЕРКАЛЬНЫЙ МИР БЕЗ СЛАБОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

Москва 2023

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	2
Инфляция	4
Анализ взаимодействий	5
Бариосинтез	7
Нуклеосинтез	8
Список используемых источников	8

# ВВЕДЕНИЕ

Концепция зеркальных частиц впервые была предложена для того, чтобы объяснить отсутствие Р-симметрии и использования СР-инвариантного построения модели. Однако, впоследствии, было обнаружено нарушение и этой симметрии - в обычном веществе. Ряд космологических проблем, не решающихся в рамках стандартной модели, однако, оказалось возможно решить при помощи концепции зеркального мира - частиц, взаимодействующих друг с другом похожим на обыкновенное вещество образом, но взаимодействующим с ним лишь гравитационно. В таком случае, следует сформулировать, какую следует "заложить" физику путем наложения требований симметрии к описывающей теории, чтобы восстановить возможные наблюдаемые. Следует отметить, что можно сконструировать относительно простой случай - зеркальный мир без слабого взаимодействия. Его простота будет заключаться в следующем:

- 1) Отсутствие слабых переходов между поколениями кварков и лептонов - являющихся доминирующими
- 2) Отсутствие нарушений С, Р и Т - четностей, вызываемых слабым взаимодействием
- 3) Отсутствие некоторых значимых космологических событий

Первое дает основание рассматривать в модели только одно поколение кварков и лептонов. В такой модели, все зеркальные поколения будут стабильны - и поэтому, строго говоря, не обязательно, что будут иметь место (Если "старшие" поколения рападаются по слабым каналам, можно предположить, что и их появление - также связано с его существованием). Также стоит отметить, что даже в том случае, если существуют следующие поколения зеркальных кварков и лептонов, выводы, которые можно будет делать относительно одного поколения, также будут сохранять смысл, поскольку число кварков каждого поколения должно быть относительно одинаково с течением времени - по крайней мере, после того, как вещество окончательно перейдет на МД-стадию. Это существенно может упростить описание бариосинтеза и нуклеосинтеза. Второе также может упростить существенные этапы космологических событий и

также должно влиять на распределения в пространстве материи на больших масштабах. В третьем пункте, к примеру, возникнет следующая сложность. Незаряженные зеркальные лептоны - зеркальные нейтрино - не будут вступать ни в какие взаимодействия, кроме гравитационных. Слабых у нас нет, следовательно, сразу по завершении стадии инфляции - будет иметь место точное соотношение между зеркальными нейтрино и лептонами, и они будут отделены немедленно.

# ИНФЛЯЦИЯ

Никаких дополнительных эффектов для этого этапа эволюции вселенной такая модель не даст, кроме возможности введения зеркального инфляционного поля. Это, конечно, можно сделать, однако - во-первых, есть лишь кандидаты в инфлатон, то есть, мы будем конструировать в таком случае "теорию по аналогии с теорией но только теперь еще и не подтвержденной. Так, разумеется, можно поступить в том случае, если бы не было более простого варианта - использовать обычное, а не зеркальное, скалярное поле, которое будет порождать инфляцию. Следовательно, такое введение будет лишь перегружать наше построение, не давая по существу никаких любопытных и значимых эффектов, которых нельзя получить и без него.

# АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Поскольку между зеркальными частицами нет слабого взаимодействия, отметим, какие изменения будут в получающей модели взаимодействия.

1) Отсутствие взаимодействия с зеркальным нейтрино.

Зеркальные нейтрино в таковой ситуации, будут взаимодействовать одинаково, как с зеркальным, так и с обычным веществом - только гравитационно. Следовательно, соотношение между таковыми нейтрино и всем остальным веществом будет задаваться сразу в ранней вселенной и будет постоянно и не меняться с течением времени. Будучи автоматически компонентом скрытой массы по построению, оно должно значимо отличаться от других ее компонентов своим пространственным распределением.

2) Барионы.

Зеркальный нейтрон становится стабильным барионом, поскольку у него больше нет слабого распада. Также бета-распад ядер не будет происходить в силу отсутствия такового взаимодействия - это значит, что не стоит ожидать точечных объектов, которые можно было бы звать "зеркальными звездами". Все зеркальное вещество будет представлять из себя материал скрытой массы. Если переходы между верхними и нижними кварками возможен через аннигиляцию - то есть, процессы типа:

$$\pi^+ + n^- \rightarrow p^+ + \pi^0 \quad (1)$$

Этот процесс может происходить через сильные и электромагнитные взаимодействия. При этом, возможно и обратное:

$$\pi^- + p^+ \rightarrow n + \pi^0 \quad (2)$$

Эффективно, это позволит через такие рассеяния, давать распадаться заряженным пионам в гамма-кванты (последующая аннигиляция  $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ ) на нуклонах, без слабого взаимодействия. Нетрудно, однако, заметить, что такой процесс имеет место и в случае обычного вещества на протяжении всей RD-

стадии (Энергии еще достаточно велики, чтобы этот процесс протекал электромагнитно). Тем самым, на ее протяжении, соотношение между зеркальными нейтронами и зеркальными протонами может продолжать меняться, но однако, будет фиксироваться после - из-за отсутствия распадов зеркального нейтрона. Также, следует заметить, что заряженные пионы - не такие уж и малочисленные частицы, а RD-стадия имеет достаточную продолжительность, чтобы заряженные пионы обычного вещества могли бы распасться. Отсюда можно ожидать, что если исходные соотношения между типами частиц обычных и зеркальных одинаковы, то количество зеркальных гамма-квантов должно быть большим, чем для обычного вещества.

Зеркальные ядра не будут распадаться путем  $\beta$ -распада. Это может проявить себя на этапе, где должны формироваться звезды.

# БАРИОСИНТЕЗ

Следует заметить, что существование симметрии  $SU(3)$  обеспечивает существование зеркальных барионов и мезонов. Поскольку эти процессы протекают относительно быстро, то ожидать проявления эффектов отсутствия слабого взаимодействия не стоит - по крайней мере, в части того, что зеркальные частицы будут разительно отличаться. Барионное число в случае зеркальных частиц параметр не очень существенный, однако, очевидно, что для существования значимой массы зеркальной материи, какое-то преимущество, либо зеркальной антиматерии, либо зеркальной материи - для нас это в общем-то не различимо - должно присутствовать. Для простоты дальнейших формулировок будем считать, что преимущество имеет зеркальная материя.

В силу симметрии между бариосинтезом и зеркальными бариосинтезом, как и в первом, следует ожидать генерации локальных избытков зеркальных барионов. К сожалению, их существование на РД-стадии, наличие таких областей не приводит к сколько-нибудь заметным наблюдаемым эффектам. Однако, можно предположить, что они будут продолжать существовать и далее - тем самым, из бариосинтеза, мы можем получить области доминирования вещества разной зеркальности. Любопытным объектом в этом смысле будут являться карликовые галактики - объекты, содержание скрытой массы в которых может достигать 99 %. Карликовой она будет исходя из массы обычного вещества, гравитационно захваченного с течением времени скрытой массой, тогда как зеркального вещества там будет большое количество. Из-за того, что предполагаются наличия сгущения плотностей зеркальной материи, имеет смысл перейти к следующему этапу развития вселенной.

Также следует заметить, что соотношение между количеством кварками верхними и нижними, пусть будет аналогично со старта. Однако, если в привычном случае, соотношение между протонами и нейтронами будет связано с нейтрино и его отцеплением, и будет строго говоря изменчиво, то в случае зеркального мира, немедленно как произойдет отделение зеркальных фотонов от материи, зафиксируется (за исключением, предположительно, мест нуклеосин-



теза) - отношение между зеркальными протонами и

# НУКЛЕОСИНТЕЗ

Предполагая общность гравитационного взаимодействия - следует посмотреть тогда на процессы, которые позволили бы создать объекты, которые наблюдаемы через него. Безусловно в этом случае чрезвычайно интересные объекты - это черные дыры. Это ведет нас к рассмотрению процессов нуклеосинтеза и образования плотных объектов из зеркальной материи.

Итак, результативно, ключевым отличием становится стабильный нейтрон. Следовательно, можно отметить, что все ядра, которые являются нестабильными из-за распада нейтрона, т.е.  $\beta$ -нестабильные, станут стабильными. Таковой список довольно велик - ядра с небольшим нейтронным избытком как правило подвергаются именно этому распаду.

Далее отметим, что с одной стороны - pp-цикл более неактуален. У нас есть свободные нейтроны, и если не закладывать изменений в физику сильного взаимодействия, то сечение  $p + n \rightarrow d + \gamma$ ,  $d + n \rightarrow T + \gamma$ ,  $T + n \rightarrow He_2^4 + \gamma$  - в силу того, что материя будет смешанным протон-нейтронным газом, более того - нейтроны не имеют потенциального барьера - то короткая жизнь промежуточных состояний малозначительна, как только будет достигнута достаточная плотность нейтрон-протонного газа.

Здесь следует сделать оценку того, какова будет плотность такого объекта. Очевидно, давление света в зеркальном протон-нейтронном газе будет велико при значительно меньшей плотности (высокая плотность, как и длительное время жизни для звезды - продукт реакции  $p + p \rightarrow H^2 + e^+ + \nu_e$  - которая с одной стороны, протекает достаточно долго, с другой стороны, происходит по слабому каналу путем подбарьерного туннелирования, т.е. требует высокой плотности материи). Итак, получающийся объект за счет подобных процессов, будет гораздо более разрежен, и будет жить на 2 порядка меньше времени.

Дальнейшие циклы и с наличием слабых каналов не дают такого большого выхода по энергии, так что, и с нашим случаем не "справятся".

Также следует заметить, что для зеркальной материи видимо немала вероятность спонтанного образования зеркального гелия и более тяжелых эле-

ментов за пределами звезд - из-за стабильности нейтрона.

Тогда следует ожидать на те самые два порядка более быстрой эволюции компактных объектов, как только их масса станет нарастать достаточно быстро, то практически никакие процессы кроме вырождения материи не будут длительное время сдерживать гравитацию.

Следовательно, зеркальная материя без слабого взаимодействия будет создавать в короткие сроки значительно большее количество черных дыр. Такие объекты, откровенно говоря, трудно обнаружимы, однако, если ограничиться нашей галактикой, использовать ее оценку скрытой массы для предполагаемого соотношения, и построить соотношения между скрытой массы и числом звездных ЧД для нашей галактики и некоторой карликовой, то можно получить простейшую численную проверку того, есть ли основания далее более подробно развивать подобную идею, или она также потребует значительных модификаций для физики, по существу превращаясь в не самое удачное перегруженное допущениями построение.