МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

(НИЯУ МИФИ)

ФАКУЛЬТЕТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙЙ ФИЗИКИ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Реферат по космомикрофизике на тему:

**«Mirror world with mp = mn»**

Выполнил:

студент группы M16-115

Прохоров С. В.

Преподаватель:

Хлопов М.Ю.

г. Москва

2016

**ВВЕДЕНИЕ**

В 1956 году Ли и Янг представили работу, в которой они предполагали, что пространственная чётность в слабом взаимодействии не сохраняется (данное предположение было доказано экспериментально By Цзиньсян в 1957 году в β- распаде 60Co). В ней впервые была рассмотрена возможность существования зеркальных партнеров обычных частиц. Поскольку Р-четность не сохраняется, возникает неэквивалентность левых и правых систем координат. Наличие зеркальной материи позволяло компенсировать асимметрию слабых взаимодействий обычных частиц. В роли таких зеркальных частиц сначала рассматривали античастицы. Однако открытие в 1964 году CP-нарушение в процессах распада нейтральных каонов (опыт Фитча) указало на ошибочность такого выбора зеркальных партнёров.В 1966 году Кобзаревым И.Ю, Окунем Л.Б. и Померанчуком И.Я. было показано, что если в качестве зеркальных партнёров нельзя выбрать античастицы, то зеркальные частицы не могут принимать участие в тех же взаимодействиях, что и обычные частицы.

В гипотезе о зеркальных мирах предполагается, что частицы нашего мира могут взаимодействовать с зеркальными частицами лишь гравитационно[2-3].

Как известно, каждая частица характеризуется свои набором параметров (масса, заряд, спин, время жизни и т.д.). Данный реферат рассматривает зеркальный мир, который строится на предположении равенства массы нейтрона и протона.

**ЗЕРКАЛЬНЫЙ МИР С Мp = Мn**

Современные оценки масс нейтрона и протона равны:

mn = 939,565 МэВ;

mp = 938,272 МэВ.

Нейтрон, находящийся в свободном состоянии подвергается β-распаду:



В модели зеркального мира, где массы протона и нейтрона равны, данный процесс запрещён. Следовательно, нейтрон будет являться стабильной частицей, как в ядре, так и в свободном состоянии.

Данная модель не включает в себя механизм инфляции и бариосинтеза на ранних этапах развития рассматриваемой зеркальной Вселенной. В тоже время можно сделать предположений об инфляции - энергия поля, обуславливающего инфляционную стадию расширения, превращается в энергию обычных частиц. Так же можно сделать предположение и о наблюдаемом избытке барионов в нашей Вселенной. Предполагая, что начальные условия в нашем и зеркальном мире симметричны – если в нашем мире преобладает материя, то в зеркальном мире будет преобладать антиматерия. Можно предположить, что в зеркальном мире так же существует три поколения фермионов, различаясь только массами и «ароматом», как и в нашем мире; 12 переносчиков взаимодействия (8 глюонов, 3 переносчика слабого взаимодействия, 1 бозон Хиггса). Взаимодействия между частицами в этом мире аналогичны соответствующим взаимодействиям между частицами в нашем мире.Более подробно остановимся на нуклеосинтезе.

Эпоха нуклеосинтеза предположительно существовала с 1 секунду по 3 минуту после Большого Взрыва. Температура в начале этой эпохи составляла порядка 1МэВ, в конце порядка1кэВ.

Нейтрон-протонное соотношение определяется формулой:



где *n* и *p* соответствует концентрации нейтронов и протонов,  - разница масс нейтрона и протона. В рассматриваемой модели mp = mn , следовательно разница масс будет равна «0», а нейтрон-протонное соотношение примет вид:



Поскольку в нашей модели, как было выяснено выше, нейтрон и протон стабильны, дальнейшего изменения соотношения между числом протонов и нейтронов не будет.

Термоядерные реакции в зеркальном мире начинаются с образованием дейтерия в реакции:



В следствии расширении Вселенной, не все нейтроны и протоны успевают образоваться в дейтерий, оставаясь свободным.

При дальнейшем нуклеосинтезе происходит образовании новых веществ, таких как тритий, гелий-4:



или



 или

Можно оценить массовые доли водорода и гелия-4, которые даються, формулами:





в реальном же мире эти соотношения равны 0,75 и 0,25 соответственно.

В данном варианте зеркального мира будет доминировать гелий-4. Так как соотношение числа систем, которые могут находиться в двух возможных энергетических состояниях, описывается распределением Больцмана, то число протонов можно оценить следующим образом. Система из двух протонов и двух нейтронов может находиться в двух состояниях: свободное — нуклоны 2p+2n или связанное — ядро гелия.

Соотношение числа систем в этих состояниях также определяется с помощью формулы:



где



Изначально это соотношение равно 1, но с уменьшением температуры оно будет также уменьшаться.

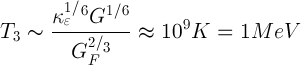
Распад и образование ядер будут происходить, пока средняя температура не станет меньше энергии связи в ядрах. Далее отношение числа свободных нуклонов к числу ядер гелия меняться не будет. И концентрация водорода может быть найдена с помощью выражения:



где T3 — температура закалки.

Стоит отметить, что нейтроны образуются и исчезают в ранней Вселенной в результате процессов слабого взаимодействия:

Температура закалкиопределяется выражением:



где



так как предполагаем, что все сорта нейтрино дают равный вклад.

Таким образом, концентрация водорода будет очень близка к 0.



Можно показать рождение других веществ, отличающегося малой концентрацией - литий, гелий-3:



или



Так же можно предположить рождение более тяжелых веществ, таких, как берилий-8, углерод:





Нестабильность более тяжелых веществ, на примере изотопа 8Be может быть подтверждена с помощью полуэмпирической формулы Вайцзеккера для энергии связи ядра

Eсв(A,Z)=a1A-a2A2/3-a3Z2/A1/3-a4(A/2 – Z)2/A +a5A-3/**4,**

где коэффициенты а1=15.75 МэВ, а2 = 17.8 МэВ, а3=0.711 МэВ, а4=23.7 МэВ, а значение a5 для чётно-чётных ядер равно 34 МэВ. Удельная энергия связи для ядра 8Be

Есв/A = 7.01МэВ/нуклон

Столь малое значение удельной энергии связи свидетельствует о нестабильности 8Be.

В данном варианте зеркального мира, как было показано выше, будет доминировать 4He. Можно представить эволюцию зеркального мира. Будем предполагать, что эволюция звезд в данном зеркальном мире будет аналагично теории эволюции звезд в нашем мире. Логично предположить, что доминирующий гелий-4 может сформироваться в зеркальные гелиевые звёзды с процессом горение гелия-4. Звезда будет иметь гелиевое ядро, что соответствует на эволюционной карте «красному гиганту» в нашем мире. При значениях температуры и плотности порядка 108 K и 104 г/см3 соответственно, начинается так называемая тройная реакция с участием ядер гелия 34He $\rightarrow$ 12C (см. выше). Наряду с рассмотренной реакцией возможна реакция с образованием кислорода 12C + 4He $\rightarrow$ 16O + $\gamma$. На данном этапе гелиевая зеркальная звезда соответствует сверхгиганту в нашем мире.  Её ядро под действием сил гравитации начинает сжиматься. По мере сжатия растут температура и плотность, и начинается новая последовательность термоядерных реакций. В таких реакциях синтезируются все более тяжёлые элементы: кислород, углерод, неон, кремний и железо:

16O + 4He $\rightarrow$ 20Ne + $\gamma$

14N + 4He $\rightarrow$ 18F + $\gamma$

В результате по мере образования всё более тяжёлых элементов Периодической системы, из кремния синтезируется железо-56. На этой стадии дальнейший экзотермический термоядерный синтез становится невозможен поскольку ядро железа-56 обладает максимальным дефектом массы и образование более тяжёлых ядер с выделением энергии невозможно. Поэтому когда железное ядро звезды достигает определённого размера, то давление в нём уже не в состоянии противостоять весу вышележащих слоёв звезды, и происходит незамедлительный коллапс ядра с нейтронизацией его вещества. Так что возможны образования в конечном счете нейтронных звезд.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Вселенная в таком зеркальном мире будет состоять в основном из гелия-4. Концентрация водорода близка к «0» - порядка 2,6\*10^(-1300).
2. В связи с почти нулевой концентрацией водорода, будет отсутствие звезд, в которых происходит процесс горения водорода. Предположительно, доминирующий 4He может сформироваться в зеркальные гелиевые звёзды с процессом горение гелия-4. Также возможно образование нейтронных звезд. Эволюция звезд в зеркальном мире будет проходить в «укороченном» варианте, чем в нашем, за счет доминирующего гелия-4.
3. Синтез тяжелых элементов будет проходить по каналам, отличающимся от каналов в нашем мире. В частности, с отсутствием первичного водорода, и доминированием гелия-4 можно предположить, что данный зеркальный мир будет «беднее» нашего.
4. На данном зеркальном мире, кандидатом на роль скрытой массы напрашивается гелий-4. В таком случае барионная скрытая масса Вселенной может сформировываться в большие сгустки (такие как зеркальные звезды), это может привести к наличию примеси зеркального вещества в обычном веществе.

**Список литературы**

1. Ли и Янг, «Вопрос о сохранении равенства в слабых взаимодействиях», Phys. Rev., 1956
2. Кобзарев И.Ю., Окунь Л.Б., Померанчук И.Я., «О возможности экспериментального обнаружения зеркальных частиц», ЯФ 3 1154(1966)
3. Окунь Л.Б., «Зеркальные частицы и зеркальная материя: 50 лет гипотиз и поисков», УФН, 2007.
4. Лучков Б.И., Июдин А.Ф. Ядерная астрофизика
5. Емельянов В. М., Белоцкий К. М. Лекции по основам электрослабой модели и новой физике: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007.
6. Хлопов М. Ю. Основы космомикрофизики. – М.: УРСС, 2004.
7. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. – М.: Наука, 1988.
8. Окунь Л.Б. «Зеркальные частицы и зеркальная материя» // УФН, т.117, №4, 2007;
9. Максименко О. «Зеркальная материя — начало пути» //Наука и жизнь, №12, 2007;
10. Бронников К.А., Рубин С.Г., «Лекции по гравитации и космологии», М.: МИФИ, 2008.
11. Перкинс Д., «Введение в физику высоких энергий», М.: Энергоатомиздат, 1991
12. Блинников С.И., Хлопов М.Ю., «О возможных проявлениях «зеркальных» частиц» ЯФ 36 809(1982)
13. Рыжов В.Н. «Звездный нуклеосинтез – источник происхождения химических элементов». ( http://www.astronet.ru/db/msg/1167293)