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

2017

**ВВЕДЕНИЕ**

 В 1956 году Ли и Янг представили работу[1], 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[2], 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[12]. Другие возможности построить перенормируемые взаимодействия двух секторов сильно ограничены. Это смешивание калибровочных бозонов $L\_{int}=eF^{μν}F\_{μν}^{'}$, взаимодействие бозонов Хиггса: $L\_{int}=η\left(H^{+}H\right)\left(H^{'+}H^{'}\right)$ [14] и смешивание нейтрино [15].

 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 действительности же остаточная концентрация протонов отлична от нуля. Она может быть оценена, исходя из условия того, что реакция  «замораживается» на фоне расширения. Зная сечение (σ) этой реакции, это условие можно записать в виде

 1=σnvt

Оценка сечения даёт значение σ =2.43·10-26 см. Предположим, что момент закалки примерно таков же, как и для обычно вещества. Оценим температуру и время. Для того, чтобы из нуклонов начали образовываться устойчивые ядра, необходимо, чтобы скорость реакции образования дейтерия (легчайшего ядра)



превысила скорость обратной реакции – реакции его разрушения



Рассмотрим скорости этих двух реакций.

Скорость образования дейтерия:

Скорость разрушения дейтерия:

, где ED – энергия связи дейтерия, равная 2,2 МэВ. Темп второй реакции экспоненциально падает. Приравнивая скорости образования и разрушения дейтерия, получаем:

Этой температуре соответствует время tD = 100 секунд. Подставляя эти значения в (1=σnvt), получим np = 9·1014 см-3.

 Оценим относительную концентрацию чистого водорода в данной модели зеркального мира.

nб =187·1017 см-3.

Тогда относительная концентрация протонов составляет 0.0048%.

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

$$p+e\leftrightarrow n+υ$$

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.

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 аналогично 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  12C (см. выше). Наряду с рассмотренной реакцией возможна реакция с образованием кислорода 12C + 4He  16O + . 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  20Ne + 

14N + 4He  18F + 

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.
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>)
14. P. Crivelli, A. Belov, U. Gendotti, S. Gninenko and A. Rubbia, arXiv:1005.4802 [hep-ex]
15. Z.G. Berezhiani and R.N. Mohapatra, Phys. Rev. D 52, 6607 (1995)