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 асимметрия между левыми и правыми системами координат. **[better – nonequivalence of left and right coordinate systems]** Наличие зеркальной материи позволяло компенсировать асимметрию слабых взаимодействий обычных частиц. **[More history : CP, CP violation, Kobzarev, Okun, Pomeranchuk]** В гипотезе о зеркальных мирах предполагается, что частицы нашего мира могут взаимодействовать с зеркальными частицами лишь гравитационно. **[Refs]**

Как известно, каждая частица характеризуется свои набором параметров (масса, заряд, спин, время жизни и т.д.). Данный реферат по зеркальному миру строится на предположении равенства массы нейтрона и протона. **[in this world ?]**

**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. **[What do you assume for inflation and baryon excess in your mirror world ?]** 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 свободными. **[What is their frozen out abundance ?]**

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



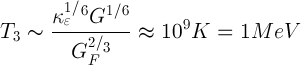
Изначально это соотношение равно 1, но с уменьшением температуры оно будет также уменьшаться.

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.

Температура закалки **[which processes do determine it ?]** определяется выражением:



где



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

Таким образом, концентрация водорода будет очень близка к 0.



**[You have correctly mention above that the abundance of free protons and neutrons freezes out. Which processes determine this freezing out? If these abundances are frozen out there is no thermal equilibrium ratio between He and p abundances, isn’t it?]**

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.

**What kind of primordial chemical composition do you have? What kind of mirror objects are formed in your Universe?**

**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 **[All that should be discussed in a special section on more details]**
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. **[You indirectly assume the same baryon excess in your mirror world, don’t you? What do you need to explain the observed dark matter by it?]**

**Список литературы**

1. Лучков Б.И., Июдин А.Ф. Ядерная астрофизика

2. Емельянов В. М., Белоцкий К. М. Лекции по основам электрослабой модели и новой физике: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007.

1. Хлопов М. Ю. Основы космомикрофизики. – М.: УРСС, 2004.
2. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. – М.: Наука, 1988.
3. Окунь Л.Б. «Зеркальные частицы и зеркальная материя» // УФН, т.117, №4, 2007;
4. Максименко О. «Зеркальная материя — начало пути» //Наука и жизнь, №12, 2007;
5. Бронников К.А., Рубин С.Г., «Лекции по гравитации и космологии», М.: МИФИ, 2008.
6. Перкинс Д., «Введение в физику высоких энергий», М.: Энергоатомиздат, 1991

**The Bibliography must be extended. At least the pioneer works by Lee and Yang and Kobzarev, Okun, Pomeranchuk and our papers with Blinnikov should be present in it**