МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»»**

Кафедра № 40 «Физика элементарных частиц»

Реферат на тему:

**Зеркальный мир без слабого взаимодействия: SU(3)\*U(1)**

Выполнил:

группа: M17-115

студент: Семичев А.В.

Преподаватель:

Хлопов М.Ю.

Москва 2017 г.

**Введение**

Терминами “зеркальный мир”, “зеркальная материя” и “зеркальный мир” в настоящее время обозначают гипотетический скрытый сектор частиц и взаимодействий, которые компенсируют зеркальную асимметрию слабых взаимодействий обычных частиц. Зеркальная материя рассматривается как возможная составляющая невидимой темной материи.[1] Теория зеркального мира впервые была предложена в 1956 году Ли и Янгом для объяснения нарушения Р-чётности. В своей работе для восстановления симметрии между правой и левой системой координат, они выдвинули предположение о существовании зеркальных партнеров обычных частиц[2]. **[reference to Lee and Yang? Ref. [2] should be put for the case of CP violation]**

В данном реферате рассматривается мир без слабого взаимодействия. В процессе рассмотрения было принято предположение, что массы и все заряды частиц, а так же константы взаимодействия, остаются неизменными.

**Your model doesn’t contain mechanisms of inflation and baryosynthesis, so you should stipulate the assumptions about baryon asymmetry in your mirror world and about the ratio of mirror and ordinary densities (and corresponding temperatures at the RD stage)**

**[You should also stipulate all the stable particles in your model. Not only quarks but also charged leptons are stable in your scenario. ]**

**[Here you have two options: to consider 3 families of mirror fermions and their possible stable forms, or to limit your analysis by the case of only first family, what is much easier to analyze in all the details. In any case you should mention that neutrinos have only gravitational interaction in your model]**

**Адронная структура Вселенной**

Легкие мезоны, которые распадаются за счет слабого взаимодействия, такие как каоны и заряженные пионы, являются стабильными во Вселенной без слабого взаимодействия, а те, которые имеют другие виды распадов, такие как $π^{0}$и *η*, будут нестабильны. **[Also mu and tau are stable, if you assume 3 families]**

Так как существует несколько стабильных адронов во Вселенной без слабого взаимодействия, важным является вопрос рассмотрения распределения вещества состоящего из стабильных адронов после фазового перехода КХД, но до нуклеосинтеза. **[Here you should use your assumption about the mirror baryon asymmetry]**

Хоть легкие мезоны и странные барионы не могут распасться в этой Вселенной, на конечных температурах их плотности испытывают сильное подавление, **[style]** поэтому можно с хорошей точностью сказать, что адронная структура состояла только из протонов, нейтронов и из $Λ\_{s}^{0}$ гиперона, ниже показано засчет чего происходит это подавление.

Допустим при температурах намного ниже фазового перехода КХД заметную часть плотности, помимо протонов и нейтронов, составляют $π^{+}$ мезоны. **[Though they are stable, they are definitely charge symmetric and at lower temperature their abundance is determined by freezing out.]** Для них возможна реакция превращения $π^{+}$ и нейтрона в $π^{0}$ и протон. Затем, благодаря тому, что $π^{0} $могут легко распадаться, их плотность становится примерно равной термической плотности, **[style]** а она, в свою очередь, подавлена по экспоненциальному закону. Подобные процессы будут происходить и со всеми каонами, засчет реакции превращения K и $Λ\_{s}^{0}$ в *η* мезон и протон, а также со всеми ∑ барионами, засчет рекции превращения ∑ и нейтрона в $Λ\_{s}^{0}$ и протон. **[Here you should either consider also c-, b- and t-hadrons, or limit your discussion by nucleons and pions only ]**

Далее стоит рассмотреть возможные процессы объеденний $Λ\_{s}^{0} гиперонов $с протонами и нейтронами. $Λ\_{s}^{0}$ не может обмениваться пионом с протоном или нейтроном, так как он является изоспиновым синглетом. Обмен единичным каоном возможен (I=1/2), но этот процесс сильно подавляется потенциалом Юкава. Другой возможный процесс - это обмен двумя пионами в одно-петлевой диаграмме, но в ней должен присутствовать барион с I=1, т.е. один из ∑ гиперонов, масса которых больше массы $Λ\_{s}^{0 }$ на 80 МэВ. Исходя из этих предположений делается вывод, что $Λ\_{s}^{0} $ испытывают очень слабые реакции с другими барионами и их количество не будет подавляться во Вселенной без слабого взаимодействия.

**Первичный Нуклеосинтез**

Есть четыре основных отличия при рассмотрении нуклеосинтеза во Вселенной без слабого взаимодействия:

1. Отсутствуют какие-либо реакции слабого взаимодействия и нейтрон является стабильной частицой.
2. Состояние Вселенной входящей в фазу нуклеосинтеза зависят только от плотности адроннов, а она в свою очередь от плотности кварков.
3. Не требуются учитывать эффекты связанные с воздействием стабильных мезонов, по причине их отсутствия во Вселенной без слабого взаимодействия. **[n/p ratio is detmined by pion reactions in your case, so the role of pions is important]**
4. Не существуют нейтрино, **[they do exist, but have only gravitational interaction, so their concentration is much smaller. By the way, what is it in your case?]** что приводит к уменьшению числа степеней свободы Вселенной во время нуклеосинтеза, что в свою очередь немного замедляет ее расширение.

Подразумевая что концентрации u и d кварков примерно равны, Вселенная без слабого взаимодействия входит в фазу нуклеосинтеза примерно с одинаковым количеством протонов и нейтронов. **[There are no beta-processes and n/p ratio is maintained by pion charge exchange ractions]** Если соотношение барионов к фотонам такое же как в нашей Вселенной, то легко предположить что почти все протоны и нейтроны превратяться в гелий. Такая Вселенная будет сильно отличаться от нашей, вплоть до образования дисков в галактиктах, образования звезд, и т.д.. Однако есть два способа, с помощью которых структура Вселенной без слабого взаимодействия после фазы нуклеосинтеза будет почти такой же как и в нашей Вселенной.

Первый заключается в изменении концетрации u и d кварков. Например, если $n\_{u}$ ≃ $\frac{5}{3}n\_{d}$, что соответсвует $\frac{n\_{p}}{n\_{n}}=7$, это приведет к примерно такому же соотношению протонов и гелия что и в нашей Вселенной. **[After QCD phase-transition n/p ratio is given by equilibrium supported by pion charge exchange reactions, washing out any u/d ratio that you put by hands]** Второй способ предлагает оставить соотношение кварков без изменения, но изменить их общую концетрацию по отношению к количеству фотонов. Изменяя общее количество кварков можно добиться структуры после нуклеосинтеза как в нашей Вселенной, однако также можно получить Вселенную, в которой количество дейтерия будет немного больше[3]. **[Please explain, how you can do it in more details]**

**[If you take mirror baryon excess larger, than the ordinary one, you can explain all the dark matter by your mirror baryons. However the scale of the large scale structure is determined in this case by the scale of mirror helium recombination. Please study this problem in details]**

**Звездный нуклеосинтез**

В нашей Вселенной реакция нуклеосинтеза протекает с помощью слабого взаимодействия.

$$p+p \rightarrow D + e^{+}+ ν\_{e}$$

Очевидно, что эта реакция отсутствует во Вселенной без слабого взаимодействия, однако, если рассмотреть структуру Вселенной после нуклеосинтеза, в которой остается большее количество дейтерия, то это позволет сжимающимся облакам водородного газа перейти к реакции **[I don’t think that it is your case, unless you explain how you can manage to leave such a high concentration of free nucleons and deuterium in your scenario. My guess is that you have mirror helium dominated mirror baryon matter, isn’t it?]**

$$p+D \rightarrow +γ$$

Последующие реакции протекают также как и в нашей Вселенной.

$$+ \rightarrow +2p$$

$$D+ \rightarrow +p$$

 Плюс ко всему эффективной окажется реакция:

$$2p+2D \rightarrow +2p$$

**Заключение**

В реферате рассмотрена модель зеркального мира без слабого взаимодействия. В работе обсуждается как отсутствие этого взаимодействия может повлиять на адронную структуру Вселенной, на процесс первичного нуклеосинтеза, а также на возможность образования звезд.

**Список литературы**

1. Л. Б. Окунь УФН 177 397 (2007)
2. И. Ю. Кобзарев, Л. Б. Окунь, И. Я. Померанчук. ЯФ 3 1154 (1966)
3. R. Harnik, G. D. Kribs, and G. Perez, Phys. Rev. D 74, 035006 (2006)

**[Bibliography should be extended signifcantly]**