МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

(НИЯУ МИФИ)

Институт ядерной физики и технологий

Кафедра физики элементарных частиц

Реферат

На тему:

**«Зеркальный мир с »**

по курсу «Введение в космомикрофизику»

Выполнил:

Студент группы M17-115

Петухов А. М.

Преподаватель:

Хлопов М.Ю.

г. Москва – 2017

**Введение.**

Терминами "зеркальные частиц", "зеркальная материя" и "зеркальный мир" в настоящее время обозначают гипотетический скрытый сектор частиц, которые компенсируют зеркальную асимметрию слабых взаимодействий обычных частиц.

Впервые этот термин ввели Ли и Янг, рассматривая возможность несохранения P-чётности в слабых взаимодействиях [1], позже обнаруженного на опыте в -распаде кобальта. Для того, чтобы восстановить эквивалентность левого и правого, ученые предположили, что для всех обычных частиц должны существовать зеркальные партнёры.

Недолгое время считалось, что такими партнёрами являются CP-сопряженные частицы, т.е. эквивалентность левых и правых систем отсчёта сохранялась бы при замене частиц на античастицы. Однако опыт Кронина-Фитча [2] **[there are 4 authors]** опроверг теорию о сохранении CP-чётности и поставил крест на таком предположении, что положило начало поиска истинного набора зеркальных партнёров частиц.

Оказалось, что при полной симметрии между зеркальными и обычными частицами, происходило бы удвоение атомных и адронных состояний. Поскольку этого не наблюдается, делается предположение о том, что зеркальное и обычное вещество не могут взаимодействовать друг с другом сильным и электромагнитными взаимодействиями[3]. Также, на основании того, что ширина W- и Z-бозонов согласуется с предсказаниями Стандартной Модели (т.е. в ней нет вклада зеркальных частиц), делается предположение о том, что между зеркальными и обычными частицами нет слабого взаимодействия. Следовательно, зеркальные партнёры должны быть не только у частиц вещества, но и у калибровочных бозонов, осуществляющих их взаимодействие.

Таким образом, главным способом взаимодействия зеркальных и реальных частиц является гравитация. Разными учеными предлагается множество дополнительных механизмов взаимодействия[4]: кинетическое смешивание обычных и зеркальных фотонов, обычных и зеркальных нейтрино, обычных и зеркальных бозонов Хиггса, мультиплетов, содержащих как реальные, так и зеркальные частицы, введение специальных калибровочных бозонов, однако в данной работе они рассматриваться не будут.

**Зеркальный мир.**

Как уже говорилось, рассматриваемая модель предполагает существование зеркальных партнёров у всех существующих частиц, причём зеркальные и обычные частицы могут взаимодействовать только с помощью гравитационного взаимодействия. Также в данной модели предполагается, что для зеркальных нейтронов, протонов и электронов выполняется следующее соотношение по массам

То есть в зеркальном мире нейтрон является стабильной частицей, а протон является нестабильной частицей, обладающей распадом

Будем также считать, что разность масс зеркальных протона и нейтрона по порядку величины совпадает с разностью масс реальных протона и нейтрона, а время жизни свободного зеркального протона – со временем жизни свободного реального нейтрона т.е.

*,*

Поскольку не делается никаких дополнительный предположений, бариосинтез и инфляция в зеркальном мире происходит так же, как и в реальном, а концентрации барионов, лептонов и фотонов, значение барионной асимметрии, а также температура совпадают с такими же для реального мира.

Рассмотрим теперь первичный нуклеосинтез отдельно в зеркальном мире и совместно реальном и зеркальном мире и посмотрим, к чему приводит предположение о данном соотношении масс зеркальных частиц.

**Первичный нуклеосинтез**

*Зеркальный мир.*

Поскольку мы сделали предположение о том, что разность масс зеркальных нуклонов совпадает по порядку величины с разностью масс реальных нуклонов, при рассмотрении зеркального мира можно пользоваться оценками значений, полученных для реального мира, с заменой протона на нейтрон.

Соответственно, в зеркально мире происходит закалка зеркального протона. При этом значение отношения зеркальных протонов к зеркальным нейтронам [5]

Далее будут протекать реакции образования лёгких элементов: дейтерия, трития, гелия, лития.

Известно[6], что в реальном мире практически все нейтроны, оставшиеся после закалки, будут образовывать с протоном ядра , поскольку на него приходится максимум соотношения

Покажем, что в рассматриваемом зеркальном мире также наиболее выгодным будет образование . Для этого рассмотрим формулу

Подставляя в неё значения Z и A для , полагая , выразим значение . Подставив его в изначальную формулу, получим, что

То есть, наиболее выгодно образования элементов с максимумом соотношения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Z | Элемент | , МэВ | /Z, МэВ |
| 1 | d | 2,23 | 2,23 |
| 1 | t | 8,48 | 8,48 |
| 2 |  | 7,72 | 3,86 |
| 2 |  | 28,30 | 14,15 |
| 3 |  | 31,99 | 10,66 |
| 3 |  | 39,24 | 13,08 |

Как видно из таблицы, для это соотношение также максимально, следовательно в зеркальном мире практически все оставшиеся после закалки зеркальные протоны переходят в зеркальный через цепочки реакций

В итоге, после первичного нуклеосинтеза, зеркальное барионное вещество будет состоять из зеркального и зеркальных нейтронов. При этом

Вклад остальных ядер пренебрежительно мал. **[there is no Coulomb barrier between mirror neutrons and helium, so neutron rich nuclei can be formed]**

*Совокупность реального и зеркального миров*

Покажем теперь, как наличие подобного зеркального мира скажется на бариосинтезе в реальном мире. Как уже упоминалось,

,

где

Поскольку было сделано предположение об одинаковых начальных условиях для реального и зеркального миров, можно положить

Следовательно

Принимая в учёт распад нейтронов, для обилия первичного получим

Что превышает экспериментальные оценки на обилие первичного гелия

**Заключение**

Была рассмотрена модель зеркального мира, в котором масса зеркального протона больше сумм масс зеркальных нейтрона и электрона, а начальные условия в зеркальном мире симметричны условиям для реального. Данное предположение приводит к следующим закономерностям:

* Зеркальный нейтрон становится стабильной частицей
* Зеркальный протон становится нестабильной частицей с распадом на зеркальный нейтрон, зеркальный позитрон и зеркальное электронное нейтрино
* Закалка зеркальных нейтронов заменяется закалкой зеркальных нейтронов, соотношение концентраций зеркальных протонов и нейтронов составляет
* Зеркальный гелий-4 при данном соотношении масс остаётся наиболее выгодным для образования во время первичного нуклеосинтеза лёгким ядром. По завершении нуклеосинтеза в зеркальном мире устанавливаются следующие значения концентраций:
* Основным кандидатом на роль скрытой массы в данной модели являются скопления зеркальных нейтронов, образующих гало вокруг реальных галактик
* Равенство начальных условий в реальном и зеркальных мирах приводит к тому, что избыток реального гелия-4 становится больше наблюдаемого значения

что говорит о невозможности реализации данной модели. Это несоответствие можно попробовать разрешить, предполагая, что плотности зеркального вещества и его температура на начало нуклеосинтеза не равны значениям для реального мира.

**Список литературы**

[1] T. D. Lee, C. N. Yang «Question of Parity Conservation in Weak Interactions», Physical Review, 104, 254–258, 1956.

[2] J. H. Christenson, J. W. Cronin, V. L. Fitch, and R. Turlay, «Evidence for the 2π Decay of the  Meson», Phys. Rev. Lett. 13, 138, 1964

[3] И. Ю. Кобзарев, Л. Б. Окунь, И. Я. Померанчук, «О возможности экспериментального обнаружения зеркальных частиц», Советский журнал ядерной физики, 3, 837 ,1966

[4] Z Berezhiani «Mirror World and its Cosmological Consequences»,  [arXiv:hep-ph/0312335](https://arxiv.org/abs/hep-ph/0312335)

[5] М. Ю. Хлопов «Основы космомикрофизики» – УРСС, 2004.

[6] Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков «Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего большого взрыва»