МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

(НИЯУ МИФИ)

ФАКУЛЬТЕТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Реферат по космомикрофизике на тему:

**«Зеркальный мир с *mp – me < mn <mp* »**

Выполнил:

группа: M16-115

студент: Дравант Е.О.

Преподаватель:

ХлоповМ.Ю.

г. Москва

2017

**Введение.**

В 1956 году Ли и Янг поставили под сомнение сохранение чётности в слабом взаимодействии[1] .В 1957 году Ву Цзяньсюн поставила эксперимент, доказывающий несохранение P-чётности[2].

Одним из следствий несохранения пространственной чётности является неэквивалентность левых и правых систем координат, что приводит к существованию предпочтительной системы координат. Чтобы восстановить эквивалентность было предположено существование зеркальных частиц. До обнаружения нарушения CP – чётности в качестве таких частиц рассматривались античастицы, однако после обнаружения нарушения CP — чётности в распадах каонов[3], пришлось отказаться от этой идеи. Можно ввести зеркальные частицы, которые не являются античастицами обычного вещества, но они не могут принимать участие в тех же взаимодействиях, что и обычные частицы т. к. это бы противоречило наблюдениям различных процессов[4] .Слабое взаимодействие исключено измерением ширины W± и Z0 – бозонов, а электромагнитное и сильное отсутствием удвоенного числа атомных и адронных состояний. Поэтому предполагается, что зеркальных партнёров должны иметь как фундаментальные частицы, так и калибровочные бозоны.

Рассмотрим модель, в которой единственной возможное взаимодействие между обычными и зеркальными частицами — гравитационное. Но возможны и другие связи между обычным и зеркальным веществом, такие как смешивание обычных и зеркальных фотонов [5], переход между обычным левым нейтрино и зеркальным правым [6] и другие.

В данной работе рассматривается модель, в которой зеркальные частицы, как и обычное вещество состоит из 6 лептонов, 6 антилептонов, 6 кварков и антикварков, 8 глюонов, W±, Z0, фотона и бозона Хиггса, то есть к калибровочной симметрии стандартной модели добавляется такая же для зеркального вещества:

*[SU(2) ⊗ U(1) ⊗ SU(3)c]o⊗ [SU(2) ⊗ U(1) ⊗ SU(3)c]M.*

Где О — отвечает обычному веществу, а М – зеркальному. Массы u и d зеркальных кварков предполагаем такие, что выполняется: *mP – me< mn<mp*.

**Инфляция.** **Бариосинтез. Скрытая масса.**

В данной модели не описывается физика инфляции, поэтому будем предполагать, что в зеркальном мире происходили те же процессы, что и для обычного вещества, то есть рассмотрим модель с хаотической инфляцией на ранней стадии развития. Для её реализации вводятся два инфлантонных поля — для обычных и зеркальных частиц. Их начальные амплитуды могут быть различными, что приводит к образованию доменной структуры в распределении обычного и зеркального вещества[7].

Т.к. зеркальные партнёры частиц вводились для восстановления эквивалентности между левой и правой системами координат, то нарушающие CP — симметрию эффекты должны быть равны по величине и иметь противоположный знак по сравнению с обычными частицами. Это значит, что в зеркальном веществе должен быть избыток антибарионного вещества. Но знак барионного числа для зеркальных частиц не наблюдаем, значит считаем, что имеется барионный избыток для обеих зеркальностей. Роль скрытой массы могут выполнять зеркальные частицы и астрономические объекты, но при одинаковой температуре обычного и зеркального вещества, зеркальной материи недостаточно для того, чтобы объяснить тёмную материю.

**Эволюция ранней Вселенной.**

В описанной выше модели, будем предполагать, что начальные условия симметричны, а значит количество обычных и зеркальных частиц одинаково, и зеркальное вещество обладает той же температурой, что и обычное. Наличие зеркального вещества будет давать вклад в температуру отцепления нейтрино обычного вещества. Температура отцепления нейтрино зависит от числа ультрарелятивистских степеней свободы как *T~**kε1/6*[8]. Общее число ультрарелятивистских степеней свободы для обычного вещества *kε = 43/8*. При введении в теорию зеркального вещества, это число увеличивается в 2 раза,следовательно происходит увеличение температуры отцепления нейтрино в 1,12 раз, по сравнению со Вселенной без зеркального вещества, для которой эта температура ~1МэВ.

Отцепление нейтрино происходит, когда характерное время слабого взаимодействия превышает космологическое время. Одновременно происходит «замораживание» реакций

*ν e + p ↔ n + e −* (1)

*ν e + p ↔ n + e+* (2)

и реакции νe – рассеяния. Из термодинамики известно, что заселенность двух состояний нуклона, отличающихся по энергии на *∆m = mn − mp* , определяется отношением

*n/p=exp(-Δm/T)* (3).

С учетом увеличения температуры отцепления нейтрино в 1,12 раз получим *n0/p0 = 0,32* для обычных частиц. Для зеркальных частиц с массами нуклонов, таких, что *mn + me > mp >mn* , получаем  *1,58>n/p>1,* то естьостаточная концентрация нейтронов больше концентрации протонов.

Так как, для зеркальных частиц *mn < mp* , следовательно, распад нейтрона запрещен, как и распад протона (*p → n + e+ + νe*) т. к. *mn + me > mp* , и зеркальные протоны и нейтроны являются стабильными частицами.

Часть нейтронов обычного вещества распадётся до объединения с протонами в дейтерий. Учитывая это, отношение числа нейтронов и протонов будет равно *n0/p0 = 0,28*.

Далее почти все нейтроны переходят в 4Не:

n + D → T +γ , (4)

D + D → T + p , (5)

p + D → 3He + γ , (6)

D + D → 3He + n , (7)

p + T → 4He + γ , (8)

D + T → 4He + n, (9)

n + 3He → 4He + γ, (10)

D + 3He → 4He + p, (11)

T + 4He → 7Li + γ. (12)

Синтез более тяжелых ядер не происходит из-за высокого кулоновского барьера и отсутствия устойчивых ядер с атомными числами 5 и 8. Практически все нейтроны и протоны распределяются между водородом и гелием – 4, так что для их массовых долей получается

*εH/εB ≈ (1-n0/p0)/(1+n0/p0) = 0,56*. (13)

*εHe/εB=Y≈ 2(n0/p0)/(1+n0/p0) = 0,44* (14)

Полученный результат противоречит верхнему пределу на обилие первичного гелия (Y < 25%)[9] .

При температурах ниже 100 кэВ фоторасщепление не эффективно, и весь образуемый зеркальный дейтерий принимает участие в последующих термоядерных реакциях:

*D + D → T + p => T + D → 4He + n* (15)

*D + D → 3He + n => 3He + n → T + p* (16)

Практически все протоны переходят в *4He.* Зеркальное вещество в основном состоит из 4He и n.

Максимальная концентрация свободных протонов будет при условии равенства концентраций протонов (*np*) и нейтронов (*nn*).  *TNS ≈ 60кэВ, tNS ≈ 140с,* тогда

концентрация нуклонов на момент нуклеосинтеза :

*np = nn = 3ζ(3)gsT 3/(4π2) ≈2\*10 18см -3* (17)

Момент, когда прекращается образование зеркального дейтерия можно найти из:

*Γ = np* *<σv> = H* (18),

где *σ –* сечение образования дейтерия.

Зависимость концентрации протонов от времени :

*np / dt = np2 <σv>* (19)

Тогда максимальная массовая доля свободных протонов составит: Xp = 0,01.

Доля зеркального гелия:

*εHe/εB = 2/(1+n/p)* (20)

лежит в диапазоне от 0,78 до 1, а массовая доля нейтронов

*εn/εB = (n-p)/(n+p)* (21)

в диапазоне от 0 до 0,22.

Галактики и звёзды в зеркальном мире будут формироваться из гелия – 4. Но гелий горит при больших температурах и плотностях, чем водород, поэтому звезд, в которых идёт синтез будет меньше, чем в обычном мире, а основная часть — это звёзды, в которых температура недостаточна для начала термоядерных реакций. Если рассматривать меньшую температуру зеркальной плазмы, то можно с помощью данной модели можно объяснить всю тёмную материю. В данном случае сценарий формирования крупномасштабной структуры Вселенной будет холодный т. к. масштаб коротковолнового затухания *Rc ~ m-1 ~ (ГэВ)-1****.* [No !!! Before mirror helium recombination mirror matter is coupled to mirror radiation, so that density fluctuations in mirror matter can grow only after mirror helium rccombination – please, calculate the corresponding scale]**

**Заключение.**

В работе была рассмотрена возможность и следствия существования зеркальных частиц. Рассматривалась модель, в которой зеркальные партнёры аналогичны обычным частицам, кроме масс нуклонов : *mp-me< mn<mp*.

Посчитан вклад первичного гелия в обычное барионное вещество *Y=0,44*. Рассмотрен химический состав зеркального вещества.

Данная модель может решить проблему скрытой массы, если предположить температуру зеркальных частиц на момент отцепления низкой.

**Список литературы**

1) T. D. Lee, C. N. Yang, “Question of Parity Conservation in Weak Interactions”, Physical Review, 104, 254–258, 1956.

2)C.S. Wu, E. Ambler, R.W. Hayward, D.D. Hoppes, R.P. Hudson, "Experimental Test of Parity Conservation in Beta Decay", Phys. Rev. 105, 1413 – 1957.

3) J.H. Christenson, J.W. Cronin, V.L. Fitch, R. Turlay, “Evidence for the 2π decay of the meson”, Phys. Ref. Lett. 13, 138 – 1964.

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

5) Okun L. B. "On a search for mirror particles", Preprint ITEP-149 (Moscow: ITEP, 1983) and Addendum to the preprint.

6) Зельдович Я.Б, Хлопов М.Ю. «Масса нейтрино в физике элементарных частиц и космологии ранней Вселенной» УФН. 135, 45 (1981).

7) Дубрович В.К., Хлопов М.Ю. (1989). Астрон. ж. 66, 232.

8)В.М. Емельянов, К.М. Белоцкий, «Лекции по основам электрослабой модели и новой физике» М.: МИФИ, 2007.

9) Steigman G., Olive K.A., Schramm D.N. (1979). Phys. Lett. 50, 928.