

**Московский Инженерно-Физический Институт  
(Национальный Исследовательский Ядерный Университет).**

**Реферат на тему:**  
**Зеркальный мир в отсутствии слабого взаимодействия:**  
 **$SU(3) \times U(1)$ .**

**Группа: Т10-40;**

**Студент: Шульга Евгений Александрович;**

**Преподаватели: Хлопов Максим Юрьевич,**

**Белоцкий Константин Михайлович.**

**2009 г.**

## Оглавление.

1. Введение.

2. Космологический сценарий.

**1) Мир  $SU(3) \times U(1)$ :**

- Инфляция;
- Бариосинтез;
- Нуклеосинтез.

**2) Мир, состоящий из основанных на  $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$  и  $SU(3) \times U(1)$  симметриях миров. Ограничения на его существование:**

- Инфляция;
- Бариосинтез;
- Нуклеосинтез.

3. Соответствие сценария наблюдаемым данным.

4. Список используемой литературы.

## 1. Введение.

Для решения основных космологических проблем недостаточно эффектов, наблюдаемых в природе «нашего» мира, необходимо рассмотрение возможностей существования, одновременно с наблюдаемым, зеркального (теневого) мира. Предположим, что возможен теневой мир, в котором нет слабого взаимодействия, и получить, к чему его приведёт существование. Все дальнейшие рассуждения будем проводить, исходя из предположения что температуры «нашего» и зеркального (теневого) мира равны и развиваются одинаково. Однако не стоит забывать, что на ранних стадиях развития Вселенной значения температур могли разойтись в связи с тем, что для «нашего» мира характерно большое количество процессов аннигиляции, разогревающих Вселенную, которых в данном зеркальном мире будет гораздо меньше.

Основные следствия данного предположения:

Отсутствие слабого взаимодействия приводит к тому что:

- отсутствуют W и Z бозоны, а следовательно стабильность  $\pi^+, \pi^-$ ;
- нейтрон становится стабilen, так как отсутствует мода распада на протон и нейтрино;

## 2. Космологический сценарий.

### 1) Мир $SU(3) \times U(1)$ :

#### - Инфляция:

Отсутствие слабого взаимодействия не вносит изменений в механизмы инфляции, так как начальные условия совпадают.

#### - Бариосинтез.

Мы можем рассмотреть 2 случая:

- для теневых кварков существует та же асимметрия что и для «обычных» кварков:

Тогда мы получаем то же что и в п.(2.2).

- существует одинаковое количество кварков и антикварков:

Здесь мы получаем огромное число аннигиляций вещества с антивеществом, то есть нуклонов с антинуклонами.

Температура закалки аннигиляции нуклонов:  $T=22,94 \text{ МэВ}$

Концентрация нуклонов:  $\frac{n_N}{n_\gamma} = 4,82 \cdot 10^{-17}$

На остальные, уже рассмотренные концентрации, кварк-антикварковая асимметрия не повлияет. В связи с чем, мы получаем довольно интересный зеркальный (теневого) мир, в котором концентрация нуклонов сравнима с концентрацией пионов присутствующих в нём в стабильном состоянии.

Таким образом получен маленький мир в котором преобладают фотоны и электроны.

### -Нуклеосинтез:

В отсутствии слабого взаимодействия нейтрино могли бы рождаться только при помощи гравитационного взаимодействия при больших энергиях, но утверждать, что при больших энергиях гравитационное взаимодействие может служить причиной рождения частиц, нельзя, так как на данный момент это не поддаётся проверке.

Как уже отмечено ранее, W и Z бозоны отсутствуют, а значит основные моды распадов  $\pi^+, \pi^-$  мезонов не реализуются. Получаем наличие стабильных заряженных частиц, которые в дальнейшем смогут образовывать атомы, с протонами и нейтронами.

В отсутствии слабого взаимодействия, до момента закалки пионов, происходящим раньше закалки соотношения  $n/p$  ( $\frac{n_n}{n_p} = \frac{n}{p} = e^{-\frac{\Delta m}{T}}$ ), соотношение  $n/p$  меняться не будет. При грубой оценке температуры закалки пионов и нуклонов можно получить практически одинаковую температуру, поэтому посчитаем точнее температуру и концентрацию на момент закалки.

Рассмотрим с начала зеркальный мир в присутствии «нашего», чтобы в дальнейшем оценить его влияние на «обычный» мир.

- закалка  $\pi^+, \pi^-$ :

$$H = n_i \langle \sigma_{ij} v_{ij} \rangle = \frac{\kappa^{1/2} T^2}{m_{Pl}}$$

$$\frac{\kappa^{1/2} T^2}{m_{Pl}} = \left( \frac{2}{\pi^3} \right)^{1/2} (mT)^{3/2} \exp\left(-\frac{m}{T}\right) \sigma_{\pi\pi} v$$

Преобразовав получаем уравнение Ламберта имеющее решение:

$$\frac{1}{x} e^x = C, \quad e^x \text{ здесь сильнее значит влиянием } \frac{1}{x} \text{ можно пренебречь.}$$

- закалка отношения  $n/p$ :

$$n_{\pi 2} = n_{\pi 1} \left( \frac{T_{\pi}}{T_N} \right)^3$$

$$T_N = \left( \frac{m_{Pl} n_{\pi 1} T_{\pi}^3 \sigma_{\pi N} v}{\kappa^{1/2}} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$\sigma_{\pi N} \sim \frac{1}{m_{\pi}^2}$$

- концентрация фотонов на момент закалки:  $n_i = \frac{\zeta(3)}{\pi^2} g_s T^3$

$$\zeta(3) = 1,202$$

Получаем:

|               |        |                        |
|---------------|--------|------------------------|
|               | T, МэВ | $\frac{n}{n_{\gamma}}$ |
| $\pi$         | 3,11   | $1,41 \times 10^{-17}$ |
| $\frac{n}{p}$ | 4,11   | 0,021                  |

Закалённое соотношение:

$$\frac{n_n}{n_p} = \frac{n}{p} = e^{-\frac{\Delta m}{T}}$$

$$\frac{n}{p} = 0,72$$

Если принять за факт, то что концентрация барионов сформировалась как и в видимом мире, то находим концентрацию первичного гелия:

$$\frac{\varepsilon_{He}}{\varepsilon_B} \approx \frac{2 \frac{n}{p}}{1 + \frac{n}{p}} = 0,84$$

Получаем что в рассматриваемом теневом мире в 3,5 раза больше гелия, в 3 раза меньше водорода и присутствуют вещества построенные из мезоатомов на основе заряженных тау- и пи-мезонов.

Так же, на ранней стадии нуклеосинтеза  $\pi^-$  будут захвачены  $(^4He)^{2+}$  и образуют своеобразное ядро с зарядом +1.

## **2) Мир, состоящий из основанных на $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ и $SU(3) \times U(1)$ симметриях миров. Ограничения на его существование.**

### **- Инфляция.**

Проблему инфляции отсутствие слабого взаимодействия тоже не затрагивает. Даже постоянная Хаббла не изменится, на ранних стадиях, из-за отсутствия всех сортов нейтрино.

### **- Бариосинтез.**

Данные условия теневого мира не затрагивают условия развития вселенной до первой миллисекунды – последствия начинают проявляться гораздо позже, но для объяснения барионного избытка остаётся, казалось бы, возможность перехода между теневыми и обычными частицами, так как для этого нужен существенный избыток антибарионов, которого не могло образоваться (исходя из расчётов).

Мы видим, что случаи зарядовой симметрии и асимметрии никакого влияния на «наш» мир не оказывают, так как основной вклад вносит  $\kappa$  в которую вносят вклад только фотоны и электроны.

### **- Нуклеосинтез:**

Имея в дополнение к «нашему» теневой (зеркальный) мир, мы получаем дополнительное количество сортов частиц, которое повлияет на эволюцию мира.

Эффективное число сортов частиц по отношению к фотону:

$$\text{- в нашем мире: } \kappa_H = 1 + \frac{7}{8} \left( 2 \frac{2}{2} (e^-) + 3 * 2 \frac{1}{2} (\nu \bar{\nu}) \right) = \frac{43}{8}$$

$$\text{- добавляем теневой: } \kappa_{T+H} = \kappa_H + \left[ 1 + \frac{7}{8} \left( 2 \frac{2}{2} (e^-) \right) \right] = \frac{65}{8}$$

Для температуры закалки имеем следующее:  $T \sim \kappa^{1/6}$

Исходя из соотношений для наблюдаемого гелия существующих для «нашего» мира можно оценить его количество и для мира в котором существует наряду с видимым ещё и теневым мир в котором отсутствует слабое взаимодействие.

Для закалённого соотношения  $\frac{n}{p}$  имеем:

$$\frac{n}{p} = e^{-\frac{\Delta m}{T}}$$

Эффективное число сортов частиц для теневого мира:

$$1 + \frac{7}{8} \left( 2 \frac{2}{2} (e^-) \right) = 1 + \frac{7}{4} = 2,75 \quad (1)$$

Число получаемое для 1,5 дополнительных сортов нейтрино:

$$1 + \frac{7}{8} \left( 1,5 * 2 \frac{1}{2} (\nu\bar{\nu}) \right) = 2,3125 \quad (2)$$

Получаем первое ограничение: максимальное число дополнительных, известных, сортов частиц (нейтрино) 1,5 из чего и получаем (2) < (1). Следовательно, чтобы существовали дополнительные сорта частиц, они должны иметь такое распределение плотности энергии, чтобы соответствовать распределению плотности энергии возможных полутора сортов нейтрино.

Если это всё-таки возможно:

На момент закалки  $\left(\frac{n}{p}\right)_H = \frac{1}{6}$

$$\left(\frac{n}{p}\right)_{H/T+H} = e^{-\frac{T_H}{T+H}}$$

$$T_{T+H} = T_H \left( \frac{\kappa_{T+H}}{\kappa_H} \right)^{1/6} = 1,07 \text{ МэВ}$$

Следовательно закалка  $\frac{n}{p}$  должна была бы произойти позже.

Получаем :

$$\alpha = \left( \frac{\kappa_{T+H}}{\kappa_H} \right)^{-1/6}$$

$$\left(\frac{n}{p}\right)_{T+H} = \left(\frac{n}{p}\right)_H^\alpha \approx \frac{1}{5}$$

Следовательно ещё около 5% нейтронов перешло в протоны

$$\frac{\varepsilon_{He}}{\varepsilon_B} \approx \frac{2 \frac{n}{p}}{1 + \frac{n}{p}} = 0,33$$

Получаем второе ограничение: оценки количества первичного гелия дают  $\approx 0,25$ , а это в свою очередь противоречие.

### 3. Соответствие сценария наблюдаемым данным.

Если рассматривать мир с данными условиями как теневой к «нашему», то возникает сразу несколько противоречий:

- отсутствует возможность симметрии CP-нарушения, что противоречит самой сути зеркальности, которая вводится для объяснения CP-нарушения;
- модель не соответствует ограничению на количество дополнительных сортов частиц, что вызывает возникновение дополнительных теорий о распределении энергий дополнительных сортов темных частиц;
- модель не соответствует ограничению на количество первичного гелия, его количество увеличивается на  $\sim 10\%$  (33%), но удовлетворяет пределам, в которых оно меняется (25-40%);
- температуры закалки меняют своё значение, благодаря появлению дополнительных сортов частиц.

Данный сценарий не даёт нам новых кандидатов на скрытую массу.

Если мы рассматриваем эту модель как самостоятельный мир, который развивается параллельно «нашему», то в нём присутствуют другие концентрации веществ присутствующих в «обычном» мире и появляются вещества, которых в нашем мире нет в таком количестве.

#### 4. Список используемой литературы.

1. Хлопов М. Ю., Основы космомикрoфизики . М.: УРСС, 2004
2. Емельянов В. М., Белоцкий К. М., Лекции по основам электрослабой модели и новой физике. Москва : МИФИ, 2007
3. Емельянов В.М., Стандартная модель и ее расширения, Москва: Физматлит, 2007
4. Рябов В А, Царев В А, Цховребов А М "Поиски частиц темной материи" *УФН* **178** 1129 (2008)
5. Гальпер А.М. Космические лучи Москва:МИФИ, 2001
6. Гольданский В.И., Никитин Ю.П., Розенталь И.Л. Кинематические методы в физике высоких энергий. Москва: Наука, 1987