

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования**

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Институт ядерной физики и технологий (ИЯФит)

КАФЕДРА № 40

«Физика элементарных частиц»

Реферат

«Зеркальный мир без слабого взаимодействия: $U(1) \times SU(3)$ »

Выполнил студент группы М18-115

Касаткин Денис Дмитриевич

Проверил преподаватель

Хлопов Максим Юрьевич

Москва - 2018

Введение

В настоящее время термины «зеркальные частицы», «зеркальная материя» и «зеркальный мир» используют, когда речь заходит о гипотетически скрытом секторе частиц и взаимодействии – скрытой массы. Изначально возможность существования зеркальных частиц была рассмотрена в работе Ли и Янга [1], в которой авторы предположили нарушение пространственной четности. Сохранение пространственной четности, другими словами инверсия координатных осей, приводит к преобразованию поля данной частицы в другое поле, описывающее частицы. Нарушение четности приводит к тому, что лево- и право-ориентированные системы координат становятся неэквивалентными, это было подчеркнуто в статье Ли и Янга. Для восстановления эквивалентности систем координат была выдвинута идея о существовании зеркальных партнеров для всех известных частиц. При этом P-четность у зеркальных партнеров имеет противоположный знак. Далее на основе идеи о сохранении комбинированной CP-четности Ландау, Ли и др. предположили, что в качестве зеркальных частиц могут выступать уже известные античастицы. Античастицы соответствовали критерию зеркальных частиц: они полностью симметричны обычным частицам. Таким образом, инверсия системы координат и замена частиц на античастицы приводит к сохранению баланса между правыми и левыми системами. Но с открытием нарушения CP-четности в распадах каонов, стало ясно, что античастицы не могут выступать в роли зеркальных частиц [2].

В данной модели рассматривается стабильное второе поколение фермионов (s- и c- кварки, мюон и антинейтрино мюонное, их античастицы), а также некоторые мезоны и барионы, составленные из этих частиц, стабильные. Из-за отсутствия слабого взаимодействия не будет наблюдаться нарушение C- и CP-четности, а нейтрино будет принимать участие только в гравитационном взаимодействии.



Бариосинтез

Во вселенной наблюдается полное преобладание вещества над антивеществом. Точнее антивещество отсутствует в сопоставимых масштабах. Однако, если отсутствует слабое взаимодействие, то есть не происходит распад кварков второго поколения, то не будет нарушение CP-четности.

В оригинальном сценарии существует два канала распада частиц. Применим это для зеркальных кварков [3].

$$X \rightarrow qq \quad (1),$$

$$X \rightarrow \bar{q}l \quad (2),$$

где X — вышедшие из равновесия частицы зеркального мира, q — кварк, \bar{q} — антикварк, а l — заряженный лептон.

А также два канала распада для античастиц:

$$X \rightarrow \bar{q}\bar{q} \quad (3),$$

$$X \rightarrow q\bar{l} \quad (4),$$

где \bar{q} — антикварк, а \bar{l} — заряженный антилептон.

Из-за CPT инвариантности полные ширины частиц и античастиц будут равны. Однако во вселенной существует CP-нарушения, поэтому относительные вероятности для распадов частиц и античастиц не совпадают. В зеркальном же мире нет CP-нарушения. Обозначим полную вероятность распада за 1. Относительные вероятности распада по каналам (1) и (2):

$$Br(X \rightarrow qq) = r \quad ,$$

$$Br(X \rightarrow \bar{q}l) = 1 - r \quad .$$

Относительные вероятности распада по каналам (3) и (4):

$$Br(X \rightarrow \bar{q}\bar{q}) = \bar{r} \quad ,$$

$$Br(X \rightarrow q\bar{l}) = 1 - \bar{r} \quad .$$

Из-за отсутствия слабого взаимодействия в зеркальном мире вероятность распада по каналу (2) и (4) будет равна 0. А все распады будут проходить по каналам (1) и (3).

Избыток барионов считается по формуле:

$$n_b = (r - \bar{r})n_X .$$

В барион-несимметричной вселенной с равными концентрациями частиц и античастиц будет наблюдаться избыток частиц и недостаток античастиц. Но в зеркальном мире без слабого взаимодействия этого наблюдаться не будет из-за равных вероятностей распадов по каналам (1) и (3) $r = \bar{r} = 1$.

Так как не будет наблюдаться избытка частиц, то все частицы и античастицы аннигилируют друг с другом. Поэтому зеркальный мир со стабильными поколениями кварков никак не повлияет на существование нашей вселенной (при условии, что зеркальный мир будет существовать совместно с нашей вселенной), в которой существует слабое взаимодействие. Модель бариосинтеза не может описать существование зеркального мира без слабого взаимодействия отдельно от нашей вселенной из-за аннигиляции всех частиц и античастиц друг с другом. 

Закалка элементарных частиц

При температуре $T < 170 \text{ МэВ}$ начиналась адронизация, то есть формирования адронов из кварков и глюонов. Так как массы c - и s -кварков отличаются на $m_c - m_s = \Delta m = 1180 \text{ МэВ}$, то образование адронов, содержащих c -кварк будет подавлено при уменьшении температуры плазмы, и будут больше образовываться адроны, состоящие из s -кварков. Также можно утверждать, что с понижением температуры количество c -кварков уменьшалось в соответствии с распределением:

$$\frac{n_c}{n_s} \sim \exp\left(\frac{-\Delta m}{kT}\right) = 9,7 \cdot 10^{-4}, \text{ при } T = 170 \text{ МэВ}.$$

К началу адронизации c -кварков будет гораздо меньше s -кварков. Поэтому количество адронов, включающих c -кварки, будет невелико. В основном будут стабильные Ω^- гипероны, состоящие из трех s -кварков. Все мезоны, состоящие из пары $s \bar{s}$ аннигилируют.

Сумма всех мюонов и фотонов при $T = 170 \text{ МэВ}$:

$$n_\gamma = \left(\frac{kT}{ch}\right)^3 \approx \left(\frac{mc}{\hbar}\right)^3 \approx 10^{61}.$$

В состоянии кварк-глюонной плазмы все частицы находятся в равновесии, и чем ниже температура, тем меньше будет образовываться пар $c \bar{c}$. А пары кварков $s \bar{s}$ будут расти.

Взаимодействия частиц

В зеркальном мире без слабого взаимодействия частицы могут распадаться только по электромагнитному и сильному взаимодействию. При таких распадах не будет перехода в другие поколения кварков.

Рассмотрим η -мезон, состоящий из пары $s\bar{s}$. Этот мезон может распадаться только по электромагнитному каналу:

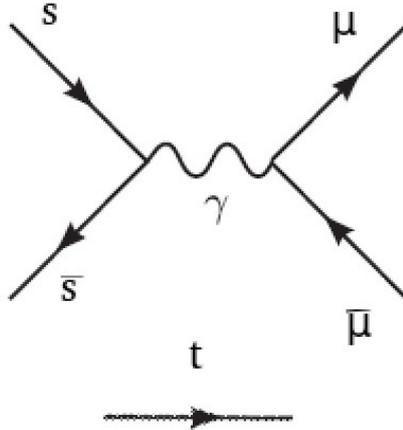


Рисунок 1 — распад η -мезона

Реакции с $D_s^\pm(c\bar{s},\bar{c}s)$ мезонами будут проходить, например, по такой схеме: $D^+ + \Omega_c^0 = \Omega_{cc}^+ + \eta^0$.

Заключение

Модель состоящая из стабильных фермионов второго поколения будет включать в себя стабильные мезоны $D_s^\pm(c\bar{s}, \bar{c}s)$, концентрация которых будет очень низкая. В основном будут преобладать Ω^- гипероны. Все остальные барионы будут образовываться в малых количествах, так как концентрация с-кварков будет очень низкая. Мезоны, состоящие из пары $s\bar{s}$ аннигилируют.

Список использованных источников

1. Ли и Янг, «Вопрос о сохранении равенства в слабых взаимодействиях», Phys. Rev., 1956
2. Окунь Л. Б. Зеркальные частицы и зеркальная материя: 50 лет гипотез и поисков //Успехи физических наук. – 2007. – Т. 177. – №. 4. – С. 397-406.
3. Хлопов М. Ю. Основы космомикрoфизики. – УРСС, 2004.
4. Particle Data Group Review: <http://pdg.lbl.gov/>

