

МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

КАФЕДРА №40 – «ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ»

РЕФЕРАТ
ПО КУРСУ “ВВЕДЕНИЕ В КОСМОМИКРОФИЗИКУ”
СТУДЕНТА ГРУППЫ Т10-40 СМИРНОВА Ю.С.
ПО ТЕМЕ

«ЗЕРКАЛЬНЫЙ МИР С $SU(2)_L \rightarrow SU(2)_{L+R}$ »

МОСКВА – 2009

Введение

В нашем мире электрослабые взаимодействия фермионов описываются группой симметрии $SU(2)_L \times U(1)$.

Группа $SU(2)_L$ - группа слабого изоспина - действует только на левые компоненты фермионов. Правые по этому взаимодействию не заряжены (изоспин правых частиц = 0), а прокалибровать надо и L- и R- компоненты фермионов, поэтому добавляется "L+R" $U(1)$ – симметрия электромагнитного взаимодействия, которое относится как к левым, так и правым частицам (сохраняет P-четность).

В зеркальном же мире действует еще и группа $SU(2)_R$, которая по аналогии с группой $SU(2)_L$ должна преобразовывать правые компоненты токов. Тогда изоспин правых частиц не равен нулю, следовательно, и правые фермионы преобразуются как дублеты по отношению к группе $SU(2)_R$.

Физическая модель

1. Космологически значимые последствия модели.

В нашем обычном мире мы наблюдаем только левые нейтрино. В зеркальном мире, учитывая группу симметрии $SU(2)_{L+R}$, будут существовать и левые зеркальные нейтрино, и правые. Причем эти зеркальные нейтрино, являясь стерильными для нашего мира, будут взаимодействовать с зеркальными кварками и лептонами.

Кроме наличия правых сортов нейтрино, необходимо учесть существование зеркальных электронов, позитронов и фотонов, что значительно увеличивает концентрацию первичного гелия, и, соответственно, уменьшает концентрацию первичного водорода. Калибровочные бозоны, так же как и любые другие частицы, имеют своих зеркальных партнеров. А в рамках данной модели можно считать, что имеются два типа калибровочных полей – «левые» и «правые» промежуточные бозоны $W_{L,R}^{\pm}$ и $Z_{L,R}^0$ (или те же самые известные нам W^{\pm}, Z^0 -бозоны одновременно и для L-, и для R- фермионов).

Следует отметить, что предполагаемое существование такого зеркального мира наряду с нашим повлияло бы на темп расширения Вселенной и вносило вклад в общую космологическую плотность.

2. Физика инфляции, бариосинтеза и кандидаты на роль частиц скрытой массы.

Правые нейтрино в нашем мире стерильны, так как взаимодействуют только гравитационно; поэтому они являются кандидатом в Dark Matter. В рассматриваемом же зеркальном мире левые и правые нейтрино, скорее всего, взаимодействуют слабо, таким образом исключая кандидата на скрытую массу в виде стерильных нейтрино, которых по сути нет.

Модель не рассматривает физику сверхвысоких энергий, поэтому механизмы бариосинтеза по-видимому отсутствуют. Несмотря на это, можно предположить, что смешивание зеркальных частиц и обычных всё-таки приведет к механизму бариосинтеза, но подобное рассмотрение выходит за рамки данного исследования.

Никаких новых механизмов инфляции модель не предоставляет. Поскольку в зеркальном мире присутствует точно такой же набор частиц, как и в нашем мире, с разницей только в группе симметрии $SU(2)_{L+R}$, это никак не может повлиять на возникновение новых механизмов инфляции.

3. Космологический сценарий: основные стадии эволюции и их физические причины.

Рассмотрим влияние эволюции зеркального мира на эволюцию обычного мира. Благодаря наличию правых компонентов нейтрино, число сортов нейтрино должно увеличиться до 6. Учитывая еще существование в зеркальном мире позитрона, электрона и гамма-кванта, а также то, что позитрон и электрон могут быть как в левом, так и в правом состояниях, эквивалентное число сортов нейтрино увеличится из-за этого еще на 5 и достигнет 11, что коренным образом повлияет на концентрацию первичного гелия. Оценим эту концентрацию: \varkappa - полное число сортов частиц, независимо от того, взаимодействуют они с нейтронами или нет, $\varkappa = 1 + \frac{7}{8}(2 + N_\nu)$. N_ν (эквивалентное число сортов нейтрино суммарно в нашем и в зеркальном мирах) = 14. Можно оценить

температуру закалки: $T_* = \frac{G_N^{1/6}}{G_F^{2/3}} \varkappa^{1/6}$. Подставляя в эту формулу

$G_N = 6.7 * 10^{-39} GeV^{-2}$, $G_F = 1.2 * 10^{-5} GeV^{-2}$, $\varkappa = 15$, получим $T_* = 1.301 MeV$. Определяем отношение концентрации нейтронов к концентрации протонов на момент закалки:

$\left. \frac{n}{p} \right|_* = \exp\left(-\frac{\Delta m}{T_*}\right) = 0.37$. До того, как нейтроны начинают объединяться с протонами в дейтерий, примерно 10% нейтронов успевают распасться. Таким образом, n/p отношение становится равным 0.34. Тогда вычисляем массовую долю первичного гелия:

$$Y_p = \frac{2 * \frac{n}{p}}{1 + \frac{n}{p}} \approx 50\%, \text{ и массовая доля первичного водорода окажется примерно } 50\%. \text{ Эти}$$

вычисления справедливы как для нашего, так и для зеркального миров.

Таким образом, влияние зеркального мира на обычный мир приводит к тому, что массовая доля первичного гелия увеличится в два раза, а первичного водорода – уменьшится в полтора раза по сравнению с нашим миром.

4. Вывод о соответствии сценария с наблюдаемыми данными.

Оценки, основанные на космологическом нуклеосинтезе и на анализе реликтового излучения, дают интервал допустимого числа сортов нейтрино от 2 до 4.5 суммарно для нашего мира и любого другого, взаимодействующего с ним хотя бы гравитационно. В случае предложенной модели эквивалентное число сортов нейтрино равно четырнадцати, что полностью исключает рассматриваемый зеркальный мир.

Предлагаемая модель не настолько богата физическими взаимодействиями, чтобы обеспечить новые инфлатоны, бариосинтез или предложить кандидатов на роль Dark Matter.

Список литературы

1. Емельянов В.М., Белоцкий К.М. Лекции по основам электрослабой модели и новой физике: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007.
2. Хлопов М.Ю. Основы космофизики. – М.: УРСС, 2004.
3. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. – М.: Наука, 1988.
4. Хелзен Ф., Мартин А. Кварки и лептоны: Введение в физику частиц. – М.: Мир, 1987.
5. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. – М.: Наука, 1990.