

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 являлись бы кандидатом в Dark Matter при определенном значении их массы. 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. Кроме того, все зеркальные барионы являются кандидатами в Dark Matter, причем их избыток над зеркальными антибарионами должен примерно в пять раз превосходить избыток обычных барионов из нашего мира над соответствующими антибарионами.

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 заковки: $T_* = \frac{G_N^{1/6}}{G_F^{2/3}} \varkappa^{1/6}$. 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 заковки: $\frac{n}{p} \Big|_* = \exp\left(-\frac{\Delta m}{T_*}\right) = 0.37$. 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 или механизмы бариосинтеза; имеются кандидаты на роль частиц Dark Matter, но модель не может достаточно полно описать их.

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 космомикрoфизики. – 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.