

Mirror world with $SU(2)_L \rightarrow SU(2)_{L+R}$

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).

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

Физическая модель

1. Космологически значимые последствия модели.

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 были бы стерильными, так как взаимодействуют только гравитационно и являлись бы 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.

Бариосинтез, возможно, осуществляется через нарушение лептонного числа. Мы бы наблюдали несохранение лептонного числа благодаря отсутствию стерильных нейтрино. Поэтому бариосинтез происходит следующим образом: сначала образуется избыток лептонного заряда из-за процессов, нарушающих лептонное число, а затем благодаря электрослабым процессам этот избыток перераспределяется между лептонами и барионами.

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.

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:

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

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

$$\frac{n}{p} \Big|_* = \exp\left(-\frac{\Delta m}{T_*}\right) = 0.37. \quad \text{До того, как нейтроны начинают объединяться с протонами в}$$

дейтерий, примерно 10% нейтронов успевают распасться. Таким образом, n/p отношение становится равным 0.34. Тогда вычисляем массовую долю первичного гелия:

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

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

Таким образом, в таком зеркальном мире наблюдается в два раза больше первичного гелия и в полтора раза меньше первичного водорода по сравнению с нашим миром без учета зеркального.

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.

Несмотря на обилие зеркальных частиц (в частности, зеркальных фермионов), их новое взаимодействие друг с другом не может привести к взаимодействию этих частиц с частицами из нашего мира. Если мы рассматриваем зеркальный мир в нашем пространстве-времени, то единственное взаимодействие, которое он может испытывать с нашим миром – гравитационное. В противном случае такой зеркальный мир проявился бы по своему слабому, электромагнитному или сильному взаимодействию с нашим, чего мы не наблюдаем.

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.