Федеральное агентство по образованию Российской федерации,

Московский инженерно-физический институт

(Национальный исследовательский ядерный университет).

Кафедра №40 «Физики Элементарных Частиц»

Реферат по курсу «Введение в Космомикрофизику».

Тема:

«Космологическая модель, предполагающая наличие зеркального мира с SU(2)­L+R симметрией, и её следствия»

Выполнила:

Студентка группы Т09-40

Курова А.С.

Москва 2015

Введение

Немаловажную роль в описании физических процессов, протекающих во Вселенной, играет симметрия. Также она является критерием эстетической привлекательности любой теории. К сожалению, установлено, что не все физические симметрии сохраняются. Впервые о нарушении пространственной четности в слабых взаимодействиях предположили в своей статье 1956 г. Ли и Янг. Также они предложили, что зеркальными партнерами для каждой из известных частиц могут являться античастицы, что следует из сохранения CP-четности. Однако, в 1964 году Фитчем, Кронином, Турле и Кристенсоном в экспериментах по распаду K0-мезонов было обнаружено нарушение закона сохранения CP-четности, свидетельствующее о неверном выборе античастиц в качестве зеркальных партнеров. В 1966 году Кобзарев, Окунь и Померанчук показали, что, если в зеркальном мире существуют частицы, свойства которых симметричны обычным, то все их взаимодействия, за исключением гравитационного, не могут протекать так же как в нашем мире. Космологические последствия существования такого зеркального мира были рассмотрены начале 80 гг. прошлого века Хлоповым и Блинниковым.

В данной работе будет рассматриваться зеркальный мир с SU(2)­L+R симметрией, где все частицы обладают свойствами, симметричными частицам нашего мира, но обладают собственными взаимодействиями. Если правые фермионные поля преобразуются так же, как и левые, т.е. являются дуплетами относительно преобразований группы SU(2), то необходимо присутствие правополяризованных нейтрино. В Стандартной модели правые фермионы являются синглетом относительно SU(2) и нейтрино являются безмассовыми, что запрещает им изменять спиральность. Экспериментально подтверждается, что нейтрино имеют левую поляризацию, а антинейтрино – правую. Учитывая вышесказанное, необходимым условием рассмотрения зеркального мира, где левые и правые компоненты фермионов одинаково участвуют в слабом взаимодействии, является наличие массы зеркальных нейтрино. Предполагается, что массы зеркальных заряженных лептонов совпадают с массами обычных, второе и третье поколения так же являются нестабильными. Массы зеркальных нейтрино положим равными  для каждого поколения соответственно.

Космологически значимые следствия физической модели

Наличие правых фермионов не препятствует возникновению в зеркальном мире калибровочных бозонов, общих для левых и правых фермионов, аналогичных W±,Z. Таким образом, зеркальные частицы имеют собственные взаимодействия за исключением гравитации. Зеркальные нейтрино и зеркальные заряженные лептоны первого поколения являются стабильными. Зеркальные барионы вносят вклад в общую плотность Вселенной, формируют атомы, молекулы и крупные астрофизические объекты, что с точки зрения нашего мира представляют собой скрытую массу. Зеркальные звезды, будучи кандидатами на роль MACHO, могут объяснить наблюдаемые эффекты микролинзирования.

Физика инфляции, бариосинтеза и кандидаты на роль скрытой массы

Поскольку в модели зеркального мира не вводится никаких дополнительных полей, то стадия инфляции будет протекать и в обычном и в зеркальном мире одинаково, без возникновения новых механизмов инфляции. Предполагается, что в конце инфляционного периода устанавливаются симметричные начальные условия: , . То есть, в обычном и в зеркальном мире концентрация всех сортов частиц будет одинакова.

Так как отличия присутствуют только в SU(2)­L+R симметрии, то существенное влияние на эволюцию Вселенной зеркальный мир будет оказывать с момента электрослабого перехода, когда частицы становятся массивными за счет механизма Хиггса. В зеркальном мире, благодаря симметрии левых и правых фермионов, отсутствует нарушение CP-инвариантности (если не брать во внимание возможное нарушение CP-инвариантности в КХД), что является необходимым условием возникновения барионной асимметрии (одно из условий Сахарова). Таким образом, в зеркальном мире барионная симметрия будет сохраняться, и на стадии бариосинтеза будет одинаковое количество зеркальных барионов и антибарионов, которые, вероятно, аннигилируют через миллисекунду после рождения Вселенной. Дальнейший нуклеосинтез зеркальной материи невозможен.

Механизмом бариосинтеза может послужить введение комплексной фазы в матрице смешивания для зеркальных кварков, которое приведет к CP-нарушению в сильном взаимодействии. Это даст возможность получения избытка зеркальных барионов над антибарионами. Положим его значение равным барионному избытку в нашем мире: . Нельзя исключать возможность существования иных механизмов, которые находятся за рамками рассматриваемой модели. Исходя из симметричности начальных условий, в зеркальном мире вещество будет состоять преимущественно из зеркальных фотонов (следует из барион-фотонного соотношения ) и лептонов.

Из равенства концентрации зеркальных барионов и их избытка следует , чего явно недостаточно для описания всей темной материи. Заметим, что плотность зеркальных барионов зависит от начальных условий, которые не обязательно могут быть симметричны, и от избытка зеркальных барионов, который также может быть больше за счет иного механизма бариосинтеза. Зеркальные лептоны будут вносить незначительный вклад в темную материю из-за малой массы.

Основные стадии эволюции зеркального мира

Стабильные зеркальные лептоны и фотоны вносят вклад в расширение Вселенной так же как и обычные частицы, в единицах энергетических степеней свободы: . Каждое поколение нейтрино вносит вклад (7/8)∙2, что эквивалентно введению дополнительных сортов нейтрино:ΔNν = Nν − 3 = (10.75/1.75) ≃ 6.14. Однако, это не соответствует современным наблюдаемым данным. Единственным способом восстановления необходимого числа релятивистских степеней свободы является их подавление фактором (TM/TO)4, если температура в зеркальном мире ниже. Таким образом, число дополнительных сортов также подавляется ΔNν∙(TM/TO)4≈6.14, откуда можно получить ограничение на температурное отношение TM/TO<0.64, если ΔNν<1.

При условии, что зеркальные и обычные частицы не взаимодействуют (за исключением гравитации), температура зеркального мира будет ниже температуры обычного мира на всех стадиях после инфляции, и миры будут развиваться независимо друг от друга. Независимое развитие приведет к идентичным соотношениям концентраций нейтронов и протонов и доле первичного гелия:

; 

Заключение

Рассмотренная модель не противоречит наблюдаемым данным, при условии независимого развития зеркального мира, взаимодействующего с нашим только гравитационно. Установлено, что температура зеркального вещества должна быть ниже, чем обычного. Зеркальное барионное вещество позволяет объяснить происхождение темной материи, при введении дополнительных механизмов бариосинтеза, увеличивающих зеркальный барионный избыток.

Список литературы

1. CIARCELLUTI P., COSMOLOGY WITH MIRROR DARK MATTER, arXiv:1102.5530v1 [astro-ph.CO] (<http://arxiv.org/pdf/1102.5530v1.pdf>).
2. Хлопов М.Ю., «Основы космомикрофизики», М.:УРСС, 2004.
3. Рубаков В.А. Классические калибровочные поля. – М.: УРСС, 1999.
4. А.Д. Долгов, Я.Б. Зельдович, М.В. Сажин «Космология ранней Вселенной», Издательство Московского университета, 1988