

## I. введение

В 1956 году Ли и Янг написали работу предсказывающую нарушение  $P$ -четности и в той же работе предсказали существование зеркальных партнеров. Нарушение  $P$ -четности приводит к неэквивалентности лево и право-ориентированных систем. Нет причин полагать, что правые и левые системы координат неоднозначны. Зеркальные частицы были необходимы чтобы восстановить эквивалентность левых и правых систем. При этом обычную частицу можно перевести в зеркальную  $P$ -инверсией. В середине пятидесятих годов в опыте Ву было обнаружено нарушение  $P$ -четности. В опыте электроны вылетали в направлении ядерного спина при  $\beta$ -распаде поляризованных ядер. Зеркальный процесс в природе не наблюдался.

## II. Кандидаты в зеркальный мир

Сразу после этого было предложено, что античастицы являются зеркальными партнерами частиц. К примеру левому нейтрино ставится в соответствие правое антинейтрино.

Однако вскоре было открыто  $CP$ -нарушение которое вывело античастицы из разряда зеркального вещества. Выяснилось, что когда зеркальные частицы не отождествляются с античастицами, они не могут принимать участие в тех же взаимодействиях, что и обычные частицы.

Так как зеркальный мир вводит набор дополнительных частиц, идентичный обычным, необходимо добавить набор симметрий относящийся к зеркальным частицам. Простейшей зеркальной симметрией будет  $SU(2) \otimes U(1) \otimes SU(3)_c$ . В результате будет два набора частиц не взаимодействующих между собой и подчиняющихся каждый своему набору симметрий.

## III. Фрактоны

Можно предположить, что нестандартные представления общей калибровочной группы  $[SU(2) \otimes U(1) \otimes SU(3)_c]_O \otimes [SU(2) \otimes U(1) \otimes SU(3)_c]_M$  будут представлять собой весьма нестандартные частицы. Предположим существование лептона обычной группы, который при этом является зеркальным кварком. Зеркальные кварки будут образовывать связанные состояния, в результате в нашем мире мы получим аномальный лептон, который в электромагнитном взаимодействии будет вести себя как частица с дробным зарядом. Такие частицы называются фрактонами. Зельдович показал, что первичная концентрации фрактонов может значительно уменьшаться в современных астрофизических объектах. Это делает отрицательный результат поиска дробнозаряженных частиц не таким категоричным для существования фрактонов.

## IV. Бариогенезис

Так как зеркальный мир призван восстановить  $CP$ -нарушение, в зеркальном мире  $CP$ -нарушающие эффекты должны быть равны по величине но обратны по значению по сравнению с нашим миром. Таким образом генерация барионного избытка в нашем мире приводит к генерации антибарионного избытка в зеркальном мире. В силу симметрии эволюции обычного и зеркального вещества локальные процессы генерации барионного избытка и зеркального антибарионного избытка будут равны. Т.е. локальные плотности барионов и зеркальных антибарионов будут равны. Существует возможность энтропийных возмущений плотности относительного распределения избытка барионного вещества и антибарионного зеркального вещества. В этом случае могут рождаться "острова" фиксированной зеркальности. В таких "островах" астрономические объемы могут рождаться на любом масштабе.

Существует теория, согласно которой генерация барионного избытка порождается при помощи зеркального мира. Частицы зеркального мира не находятся в термодинамическом равновесии с частицами нашего мира из-за очень слабого взаимодействия. Однако связь между мирами может осуществляться например через тяжёлое нейтрино, слабо взаимодействующее с обычным и зеркальным миром. Рассмотрим калибровочную группу  $SU(2) \otimes U(1) \otimes SU(3)_c - G$ , которая наряду с остальными частицами содержит семейство лептонов  $l_i = (\nu, e)_i$  и хиггсовский дублет  $\phi$ . Так же существует зеркальный мир с набором симметрией  $\hat{G}$ , частицы которого являются синглетами относительно  $G$ , а частицы обычного мира - синглеты относительно  $\hat{G}$ . Допустим

существование  $\acute{l}$ , скалярных  $\acute{\phi}$  - являющихся мультиплетом относительно  $\acute{G}$ . Можно ввести несколько тяжёлых фермионов и тяжёлых нейтрино, которые являются синглетами относительно симметрий и взаимодействуют как с  $l, \phi, \acute{l}, \acute{\phi}$ . Такие частицы будут связывать зеркальный мир с обычным. В результате можно наложить некую общую симметрию позволяющую переходы  $l, \phi \leftrightarrow \acute{l}, \acute{\phi}$ .

$$h_{ia}l_iN_a\phi + h_{ka}\acute{l}_kN_a\acute{\phi} + \frac{1}{2}M_{ab}N_aN_b + h.c. \frac{A_{ij}}{2M}l_i\acute{l}_j\phi\phi + \frac{D_{ik}}{2M}\acute{l}_i\acute{l}_k\acute{\phi}\acute{\phi} + \frac{A_{kn}}{2M}\acute{l}_k\acute{l}_n\acute{\phi}\acute{\phi} + h.c.f$$

Матрицы A и D - определяются константами Юкавы. Важным параметром является температура рехитинга, в процессе остывания вселенной вплоть до этой температуры производится распад инфлатона и наращивание энтропии. Если уровни инфлатона обычного и зеркального мира различны будут различны и уровни их энтропий. Так как эти две системы взаимодействуют очень слабо они могут не находиться в тепловом равновесии. В зеркальный мир начинает медленно перекачиваться энтропия из нашего мира с помощью процессов  $(1)l_i\phi \rightarrow \acute{l}_k\bar{\phi} \quad (2)\acute{l}_i\bar{\phi} \rightarrow l_k\phi \quad L = 1$ . Эти процессы будут не равновесными.  $\sigma(1) = \frac{Q_1}{8\pi M^2} Q_1 \neq Q_2$   $\sigma(1) - \sigma(2) = (-\delta\sigma - (\delta\sigma))/2 \quad \delta L$  на 2 в нашем мире.

## V. Нити алисы

В рамках великого объединения калибровочная группа  $[SU(2) \otimes U(1) \otimes SU(3)_c]_O \otimes [SU(2) \otimes U(1) \otimes SU(3)_c]_M$  включается в общую группу  $G_{OM}$ . В процессе эволюции вселенной  $G_{OM}$  нарушилась, в результате мир разделился на обычный и зеркальный. Нарушение  $G_{OM}$  обеспечивает существование топологических решений типа нитей. Шварц обнаружил, что эти решения могут менять зеркальность объекта находящегося на луче зрения при обходе вокруг нити.

Структура нити приводит к гравитационному линзированию. Так же при прохождении нити через вещество остается волновой след. Искать зеркальное вещество можно по этому линзированию, при прохождении нити в плоскости нашего луча зрения мы должны получить два изображения наблюдаемого объекта: одно зеркальное и одно обычное. Или же если эффект гравитационной линзы слабый, увеличение светимости от объекта. Искать эффект, вероятно, нужно на массивных ярких объектах: например квазар в центрах галактик на которые, предположительно, должна идти активная аккреция зеркального вещества и, соответственно, на месте такого квазара в зеркальном мире так же находится яркий объект.

## VI. Астрономические эффекты зеркального мира

В 2001г R. Foot предложил, что существование зеркального мира увеличивает нижний предел по массе бозона хиггса и объясняет существующий дефицит нейтрино. Эти эффекты должны происходить за счет смешивания зеркальных и обычных нейтрино и Хиггса.

Из симметрии нашего и зеркального мира следует, что зеркальная вселенная расширялась по тому же сценарию, что и наша. В результате температурных неоднородностей вещество скучивалось до размеров, на которых эффективно работали гравитационные силы. Логично полагать, что в нашей и зеркальной вселенной это происходило независимо. Объекты со смешанной зеркальностью не смотря на это будут присутствовать. В процессе эволюции нашей и зеркальной вселенной будут появляться фрагменты с размерами порядка  $l_{th} \cong (\frac{\lambda T}{\varepsilon})^{1/2}$  где  $\lambda - (=10^{-6}T^{5/2} \frac{erg}{cm s K})$ , а  $\varepsilon$ - радиационные потери  $(=10^{-27}n^2T^{1/2} \frac{erg}{cm^3 s})$  и с массой  $M_{th} \cong m_{pl}n(l_{th})^3$ . Для "блинной" структуры вселенной масса фрагмента будет  $\sim 10^2 - 10^5 M_{\odot}$ . Облака обычного и зеркального газа с массами порядка  $10^6 - 10^9 M_{\odot}$  могут сталкиваться и образовывать системы со смешанной зеркальностью. Но вероятность этого довольно мала.

В случае одинаковой концентрации зеркальных и обычных частиц следует учитывать вклад зеркальных частиц в полную плотность. Это должно привести к сильному росту первичного гелия  $Y_{prim} \geq 28\%$ . Современные экстраполяции значения первичного гелия дают значения  $23,8 - 28,4\%$ , что не исключает, но ставит под сомнение случай симметричного зеркального мира. Однако на данный момент есть несколько моделей позволяющих перешагнуть это ограничение. Если предположить, что на стадии инфляции зеркальный мир был более(менее) горячим, то плотность частиц на данный момент у него будет значительно больше(меньше). Если мы хотим объяснить темную материю зеркальным веществом, то следует использовать сценарий приводящий к большей плотности зеркальных частиц.

Должны существовать системы в которых наше вещество падает на массивный зеркальный объект. Исходя из предположительной оценки примеси зеркального вещества в галактике  $M < 10^6 M_{\odot}$  процесс аккреции будет не очень активным. Из классической теории аккреции  $R_A \frac{2GM}{v^2} \dot{M} = \pi R^2 v \rho$  получим что за время t будет поглощено

$$(\Delta M/M) \cong 10^{-5} \left( \frac{M}{M_{\odot}} \right) \left( \frac{10 km/s}{v} \right)^3 \left( \frac{\rho}{10^{-24} g/cm^3} \right) \left( \frac{t}{10^{10}} \right)$$

За  $10^{10}$   $\Delta M \sim 10^{26} - 10^{28} g$ . В нашем солнце могла образоваться зеркальная планета. Она должна находиться под поверхность солнца и вращаться с периодом  $t \sim 160 min$ . К сожалению, так как зеркальное вещество взаимодействует с обычным только гравитационно, эта планета практически не наблюдаема.

В процессе падения плазмы на зеркальный объект (НЗ;Ч.Д.) в результате сильной перекоммутации магнитных полей вещество будет сильно излучать с высокой частотой пульсаций излучения. Так как обычное вещество не взаимодействует с зеркальным оно будет падать непосредственно в центр гравитационной ямы на поверхность уже скопившегося там обычного вещества. Шварцман показал, что частота в таких профилях будет выше частот аналогичных систем из обычного вещества. В такой системе может образовываться аккреционный диск без видимого центра гравитации.

Газ вокруг зеркальной звезды должен образовывать протопланетный диск, который можно обнаружить по радиолинии CO - 2.6 мм.

Возможно образование звезды со сравнимым количеством зеркального и обычного вещества. Такая звезда должна занимать необычное положение на диаграмме цвет-светимости Герцшпрунга-Рассела.

Можно искать зеркальные объекты по эффектам гравитационного линзирования: зеркальный объект прошедшей по лучу зрения видимой звезды должен сработать как гравитационная линза и кратковременно усилить светимость наблюдаемой звезды, при этом сам он будет невидимым.

Существует возможность захвата галактики скоплением зеркальных галактик. В этом случае в захваченной галактике должны наблюдаться аномальные скорости вращения с дисперсией  $< v^2 >^{1/2} \sim 10^3 km/s$ . Захват обычных звезд зеркальными шаровыми скоплениями может привести к образованию видимого скопления звезд с большим временем жизни и вириальным парадоксом. В описанном выше процессе захватываемые галактики должны терять большое количество газа. В результате бедные скопления образующиеся в потенциале зеркального скопления галактик будут иметь большое количество газа заполняющего область размером равным богатому скоплению. Количество межгалактического газа должно подавляться параметром  $k = \alpha \frac{N_M}{N_O}$  по сравнению с богатыми скоплениями. При  $\frac{N_M}{N_O} \approx 10^{-2}$  то  $k$  будет порядка 0.03, а мера эмиссии  $\sim 10^{-3} - 10^{-2}$ .

В этой же ситуации возможна деформация галактики. При этом в отличие от случая деформации с участием черной дыры аккреции на некий центр наблюдаться не будет, так как масса ядра зеркальной галактики будет подавлена ее полной массой.

В галактиках со сравнимым количеством обычного и зеркального вещества должны довольно часто происходить столкновения молекулярных облаков смешанной зеркальности. Это может приводить к рождению большого количества систем смешанной зеркальности.

Гравитационные возмущения от зеркальной галактики могут приводить к всплеску звездообразования в богатых газовых облаках через которые она проходит. В результате должна наблюдаться иррегулярная галактика.

Исходя из предположения наличия сверхмассивной черной дыры в центре зеркальной галактики, существует возможность наблюдать ее как изолированную Ч.Д. за счет примеси обычного вещества в окрестности этой Ч.Д. и сопутствующих эффектах (аккреция, образования гало).

Примесь обычного вещества в скоплении зеркальных галактик может приводить к существованию одиночных облаков или маломассивных галактик с большим вириальным парадоксом.

М.Ю. Хлопов : Космомикрофизика 2004

Khlopov, M. Ya.; Beskin, G. M.;Bochkarev, N. E.; Pustilnik, L. A.; Pustilnik, S. A. Observational physics of mirror world 1989

R.Foot 7 2001 ; 2003

Bento, Luis; Berezhiani, Zurab 2002

Lee ; Yang 1956

Кобзарев и др. 1966

Swartz Тыупкин 1982

Swartz 1982

Блинников Хлопов 1980 ; 1982 ; 1983 ; 1996

Сажин Хлопов 1982

Дубрович Хлопов 1989

Хлопов и др. 1991

Хлопов Чечеткин 1987

Хлопов 1980 ; 1982 ; 1983 ;1999

Carlson Glashow 1987

Doroshkevich et al. 1989

Tsivliev et al. 2002

Kolb 1985  
Senjanovic et al. 1984  
Шварцман 1977  
Северный и др. 1979