МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА №40 «Физика элементарных частиц»

РЕФЕРАТ ПО КОСМОМИКРОФИЗИКЕ

НА ТЕМУ

«Зеркальный мир

 $m\_{p}-m\_{e}<m\_{n}<$ $m\_{p}$»

Выполнил: студент группы Т9-40

Быша И.М.

Преподаватель: Хлопов М.Ю.

Москва

2012 г.

**ВВЕДЕНИЕ**

Гипотезу о существовании зеркальных двойников обычных частиц первыми выдвинули Ли и Янг в 1956 году [1]. В связи с нарушением CP-симметрии, в 1966 году Окунь, Кобзарев и Померанчук в своей работе [2] постулировали существование зеркального мира. Так, любому процессу с нашими частицами отвечает CP сопряжённый процесс с зеркальными частицами. Зеркальное вещество не имеет обычных сильных, слабых, электромагнитных взаимодействий с нашими частицами. Есть зеркальный мир, зеркальные макротела и даже, может быть, существует зеркальная жизнь. Но с нашим миром это связано очень слабо. Вообще говоря, исключается всякое взаимодействие зеркального мира и нашего реального мира, кроме гравитационного взаимодействия. Не взаимодействуя с нашими фотонами зеркальное вещество выглядело бы как тёмное вещество.

Если зеркальные объекты действительно имеются, то они должны существовать в мире, вокруг нас. По-видимому, в Солнечной системе, в непосредственной близости от Земли их немного. Но что касается вообще Вселенной, то тёмного вещества в ней много. Установлено, что звезды в галактиках вращаются относительно центра галактик гораздо быстрее, чем они должны были бы вращаться, если бы веществом в галактике было бы только светящееся вещество, которое мы видим.

Зеркальное вещество является одним из кандидатов на роль тёмной материи. Тёмной материи во Вселенной в 5 раз больше, чем светящейся материи. Это, в свою очередь, не согласуется со строгой зеркальной симметрией (если считать зеркальный мир кандидатом на роль темной материи).

Современная космология содержит ряд проблем, среди которых проблема инфляции, проблема бариосинтеза (генерация барионной асимметрии Вселенной), а также проблема скрытой массы. Необходимо выяснить, способна ли модель, описанная в данном реферате решить эти проблемы.

**МОДЕЛЬ ЗЕРКАЛЬНОГО МИРА**

Значения масс нейтрона, протона и электрона в реальном мире равны 939,565 МэВ, 938,272 МэВ и 0,511 МэВ, соответственно. Поэтому мы получаем соотношения между их массами в виде: $m\_{n}-m\_{e}>m\_{p}$ и $m\_{p}<m\_{n}$

Исходя из соображений полной зеркальной симметрии, т.е. существование зеркального двойника у каждой частицы реального мира, предполагаем, что в рассматриваемой модели зеркального мира существуют три поколения фермионов, аналогичные тем, которые постулируются в СМ. Также предполагается наличие взаимодействий между частицами зеркального мира, аналогичных взаимодействиям частиц реального мира, а также отсутствие любых взаимодействий между этими частицами и частицами реального мира за исключением гравитационного. Также, в зеркальном мире реализуется следующее соотношение между массами зеркального электрона, зеркального протона и нейтрона: . Данное массовое соотношение определяет некоторые свойства зеркального мира:

1. невозможен распад ;
2. $величина m\_{p}$ - $m\_{n }$ недостаточна для распада *p* ;

Значит, в данной модели зеркального мира только следующие реакции (прямая и обратная):  обеспечивали термодинамическое равновесие между двумя состояниями нуклона N=n,p.

С понижением температуры нарушается n-p равновесие. Отношение между n и p закаляется. Отношение концентраций нейтронов и протонов на момент закалки в общем случае определяется уравнением Саха**:**

$\frac{n\_{p}}{n\_{n}} $= $(\frac{m\_{p}}{m\_{n}})^{\frac{3}{2}} $(exp-$(\frac{m\_{p}-m\_{n}}{T\_{\*}})$) ,где температура закалки $T\_{\*}= \frac{k\_{ε}^{^{1}/\_{6}}G^{^{1}/\_{6}}}{G\_{F}^{^{2}/\_{3}}}$ ~ 1МеВ

Данной температуре соответствует время $t\_{\*}\~ 1 c $

$$k\_{ε}=1+\frac{7}{8}(2+N\_{ϑ})$$

Из соотношений масс протона, нейтрона и электрона в модели нашего зеркального мира, можно записать: $\frac{m\_{p}}{m\_{n}} $>1

Возможность пренебрежения множителем $(\frac{m\_{p}}{m\_{n}})^{\frac{3}{2}}$ при оценке закаленного отношения следует из предположения несущественного различия масс протона и нейтрона.

$$0<m\_{p}-m\_{n}<m\_{e}$$

Окончательно получаем:

 1 > $ \frac{n\_{p}}{n\_{n}}$ > 0,6

$1<\frac{n\_{n}}{n\_{p}}<1,67$ – отношение концентраций нейтронов и протонов на момент закалки

Отсюда видно существование «излишка» нейтронов в рассматриваемой модели.

В модели нашего реального мира после этапа закалки следует распад малой части нейтронов за промежуток времени $t\_{\*}$ <t<$ t\_{D}$ , где $t\_{D}$~100 c – время, при котором начинается образование легчайшего ядра – дейтерия в реакции



 Учитывая, в нашем случае, стабильность нейтрона, а также стабильность протона, получаем, что закаленное отношение в течение указанного промежутка времени не меняется.

Дальнейшая цепочка реакций переводит все нейтроны в гелий-4:

****

****

По завершении, отношение количества гелия-4 к количеству всех барионов:



Т.к. нейтрон в рассматриваемой модели зеркального мира стабилен, то, переходя к пределу $ τ\_{n}$ → $\infty $, получаем:

$$X\_{4}=\frac{1}{2}X(T\_{fr})$$

X($T\_{fr})=\frac{n\_{p}}{n\_{n}+n\_{p}}$ - в данном конкретном случае эта величина имеет смысл отношения количества протонов к количеству барионов при температуре закалки.

Следовательно, для гелия-4 имеем: $X\_{4}\in (0,19 ;0,25)$

Величина $X\_{4} $= 0,25 соответствует присутствию только гелия-4.

Исходя из приближенного равенства масс протона и нейтрона в данной модели, получаем для массовой доли гелия-4:

$Y\_{4}$= $4X\_{4}$

Для массовой доли «излишка» свободных нейтронов:

 $Y\_{n}$= $\frac{n\_{n}-n\_{p}}{n\_{n}+n\_{p}}$

$$Y\_{4}+Y\_{n}=1$$

$Y\_{4}$= $\frac{2n\_{p}}{n\_{n}+n\_{p}}$

Или: $Y\_{4}$= $\frac{2}{\frac{n\_{n}}{n\_{p}}+1}$

$$Y\_{4}\in (0,75 ;1)$$

 $Y\_{n}$= $\frac{\frac{n\_{n}}{n\_{p}}-1 }{\frac{n\_{n}}{n\_{p}}+1}$

$$Y\_{n}\in (0 ;0,25)$$

Дейтерию термодинамически выгодно образоваться при температуре T=$T\_{NS}\~65 кэВ$. Однако Вселенная довольно быстро расширяется, поэтому, в принципе, часть протонов может не успеть «сгореть». Сечения образования дейтерия [8]:



Протоны перестают гореть при условии:

$Г\_{p+n\rightarrow D+γ}$ = $n\_{p}(T)\left〈σv\right〉\_{p+n\rightarrow D+γ}$*(T)~ H(T)*

Этим условием можно воспользоваться, чтобы определить концентрацию протонов на момент прекращения реакции горения. При T=$T\_{NS}\~65 кэВ$ получим:

$n\_{p}=\frac{H(T\_{NS})}{\left〈σv\right〉\_{p+n\rightarrow D+γ}(T\_{NS})}$ *=*$\frac{4\*10^{-3}с^{-1}}{6\*10^{-20}\frac{см^{3}}{с}}$*=0,7\**$10^{17}$

$$\frac{n\_{p}}{n\_{B}}\~\frac{10^{16}}{10^{18}}\~10^{-2}$$

Образовавшиеся в результате горения протонов ядра дейтерия служат материалом для образования трития и гелия-3:



Сечения указанных реакций можно оценить как геометрические, однако необходимо учесть кулоновский барьер: оба сталкивающихся ядра несут положительный электрический заряд, и между ними имеется отталкивание:



где $σ\_{0} $- геометрическое сечение реакции в отсутствие кулоновского подавления

Приведенное выражение необходимо усреднить с учетом разброса скоростей в первичной плазме. После преобразований оно принимает вид:



Здесь введены следующие обозначения:





(Относительная приведенная масса ядер и температура, измеряемая миллиардах градусов Кельвина, соответственно).

Возвращаясь к вопросу о горении дейтерия и рассматривая реакции слияния двух ядер дейтерия, оценим $σ\_{0}$ грубо, используя характерный пространственный масштаб ядерных сил:







Дейтерий перестает гореть при условии: 

Таким образом, концентрация дейтерия на момент прекращения реакции горения:



Сравнивая эту концентрацию с концентрацией барионов, получим:

$\frac{n\_{D}}{n\_{B}}$ = $\frac{1}{η\_{B}} \frac{n\_{D}}{n\_{γ}(T\_{NS})}$~0,15\*$10^{-4}$~$10^{-5}$

Гелия-3 и тритий, образованные в столкновениях ядер дейтерия, сами перегорают в гелий-4. Для горения гелия-3 в реакции :



оценка, применявшаяся нами при рассмотрении горения дейтерия, не работает. Вместо нее скорость реакции в интересующей нас области энергии хорошо описывается выражением:



При T=$T\_{NS}\~65 кэВ$ эта скорость превышает скорость горения дейтерия. Когда основные реакции горения дейтерия в значительной степени прекращаются, гелий-3 продолжает активно выгорать. Горения гелия-3 прекращается тогда, когда концентрация дейтерия уменьшится за счет расширения Вселенной настолько, что темп реакции сравнится с темпом расширения Вселенной. Это произойдет в момент времени $t\_{}$ такой, что



К этому моменту во Вселенной все еще имеется небольшое количество гелия-3, поскольку реакция D+D →$+n$ с малой вероятностью продолжает идти. Концентрация гелия-3, которая нарабатывается за хаббловское время *t*~$t\_{}$ , оценивается величиной:



Из последних двух соотношения получается следующее отношение остаточных концентраций гелия-3 и дейтерия:



В итоге получаем: $\frac{n\_{He-3}}{n\_{D}}$ ~$\frac{10^{-15}}{10^{-14}}$~$10^{-1}$

$$\frac{n\_{He-3}}{n\_{D}}\*\frac{n\_{D}}{n\_{B}}=\frac{n\_{He-3}}{n\_{B}} \~ 10^{-1}\*10^{-5}=10^{-6}$$

Рассмотрим теперь горения трития.



Сечение соответствующей реакции:



Необходимо учесть, что к моменту прекращения горения трития, во Вселенной все еще имеется небольшое количество трития, т.к. реакция  с малой вероятностью продолжает идти. Таким образом, рассматривая горение трития, аналогично горению гелия-3, получаем следующее отношение остаточных концентраций дейтерия и трития:

$\frac{n\_{T}}{n\_{D}}\~ \frac{\left〈σv\right〉\_{D+D\rightarrow T+p}}{\left〈σv\right〉\_{T+D\rightarrow (He-4) +n}}$ ~$\frac{10^{-18}}{10^{-15}}$=$10^{-3}$

$\frac{n\_{T}}{n\_{D}}\*\frac{n\_{D}}{n\_{B}}=\frac{n\_{T}}{n\_{B}} $~$10^{-3}\*10^{-5}$= $10^{-8}$

**ВЫВОД**

В данной модели зеркальный мир будет состоять преимущественно из гелия-4, массовая доля которого лежит в диапазоне 75-100%, а также из свободных стабильных нейтронов, массовой долей 0-25%. Отсюда следует существование звезд, основной реакцией в которых будет процесс горения гелия. Синтез тяжелых элементов будет происходить по сценарию, отличному от стандартного для нашей Вселенной. Так как в рассмотренной модели не идут процессы β-распада, то ядра будут иметь столько протонов, сколько и нейтронов. Рассмотренная модель не решает проблему инфляции, т.к. она не порождает скалярного поля, необходимого для существования инфляции. Проблема бариосинтеза также остается неразрешенной.

ЛИТЕРАТУРА

1)Ли, Янг, «Вопрос о сохранении равенства в слабых взаимодействиях», Physical Review, (1956)

2)Кобзарев, Окунь, Померанчук «О возможности экспериментального обнаружения зеркальных частиц», (1966)

3) М. Ю. Хлопов «Основы космомикрофизики» М.: УРСС, 2004.

# 4) Radoje Belusević «Relativity, astrophysics and cosmology. Volume 1», Wiley-VCH, Berlin, 2008

5) Емельянов В. М., Белоцкий К. М. «Лекции по основам электрослабой модели и новой физике»: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007.

6) Л. Б. Окунь «Зеркальные частицы и зеркальная материя: 50 лет гипотез и поисков» М. «Успехи физических наук» Том 177, №4, 2007.

# 7) Dan Maoz «Astrophysics in a nutshell», Princeton University Press, 2007.

8) Д.С. Горбунов, В.А Рубаков «Введение в теорию ранней Вселенной», М., ЛКИ, 2008