МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

(НИЯУ МИФИ)

Институт ядерной физики и технологий

Кафедра физики элементарных частиц

Реферат

на тему:

**«Зеркальный мир с mp = mn»**

по курсу «Введение в космомикрофизику»

Выполнил:

студент группы M17-115

Султаналиева Л.А.

Преподаватель:

Хлопов М.Ю.

г. Москва – 2017

# Введение

В настоящее время термины «зеркальные частицы», «зеркальная материя» и «зеркальный мир» используют, когда речь заходит о гипотетически скрытом секторе частиц и взаимодействии – скрытой материи. Изначально возможность существования зеркальных частицбыла рассмотрена в работе Ли и Янга [1], в которой авторы предположили нарушение пространственной четности. Сохранение пространственной четности, другими словами инверсия координатных осей, приводит к преобразованию поля данной частицы в другое поле, описывающее частицы, которые существуют в Природе. **[or in the same state with + or -, S and P states \_\_ Не особо поняла, что Вы иммели здесь ввиду]** Нарушение четности приводит к тому, что лево- и право-ориентированные системы координат становятся неэквивалентными, это было подчеркнуто в статье Ли и Янга. Для восстановления эквивалентности систем координатбыла выдвинута идея о существовании зеркальных партнеров для всех известных частиц. При этом P – четность у зеркальных партнеров имеет противоположный знак. Далее на основе идеи о сохранении комбинированной CP – четности Ландау, Ли и др. предположили, что в качестве зеркальных частиц могут выступать уже известные античастицы. Античастицы соответствовали критерию зеркальных частиц: они полностью симметричны обычным частицам. Таким образом, инверсия системы координат и замена частиц на античастицы приводит к сохранению баланса между правыми и левыми системами. Но с открытием нарушения СР – четности в распадах каонов, стало ясно, что античастицы не могут выступать в роли зеркальных частиц.

Для восстановления симметрии Кобзарев, Померанчук и Окунь [2]постулировали помимо пары «частица – античастица» существование пары «зеркальная частица – зеркальная античастица», тем самым удвоили число частиц. Для различия обычных и зеркальных частиц была введена условная характеристика – число Алисы, а для зеркального отражение – А – преобразование. Помимо числа Алисы, остальные характеристики обычных и зеркальных частиц полностью совпадают. В работе [3] было показано, что зеркальные частицы могут взаимодействовать друг с другом посредством собственных сильных и электромагнитных взаимодействий, но при этом не участвуют в обычных взаимодействиях. Единственным «мостом» между обычными и зеркальными частицами служит гравитационное взаимодействие [4,5].

В силу существования зеркальных взаимодействий зеркальные частицы должны образовывать зеркальные атомы**,** молекулы, звезды, планеты и т.д., по аналогии с обычными частицами [4]. В данной работе будет рассмотрен зеркальный мир, к котором протон и нейтрон имеют одинаковую массу.

# Зеркальный мир

Как было сказано ранее, каждая частица и античастица имеет зеркального партнера, таким образом в зеркальном мире существуют 3 поколения фермионов и соответственно их античастиц. Наличие взаимодействий между зеркальными частицами свидетельствует, что и у переносчиков взаимодействия и бозона Хиггса есть зеркальные партнеры.

Рассматриваемая модель предполагает равенство масс нейтрона и протона, при этом массы других зеркальных и обычных частиц остаются равными. В обычном мире свободный нейтрон распадается по слабому взаимодействию следующим образом:

При этом в зеркальном мире из – за равенства масс данный процесс не может протекать, следовательно, в рассматриваемой модели зеркальный нейтрон будет стабильной частицей.

Введение пары «зеркальная частица – зеркальная античастица» восстанавливает симметрию между левым и правым, что означает, что для зеркальных партнеров эффекты нарушения CP – симметрии совпадают по величине с эффектами нарушения для обычных частиц, но имеют обратный знак.

Рассматриваемая модель не включает в себя периоды инфляции и бариосинтеза, поэтому плотность зеркального вещества будет меньше плотности обычного вещества (пусть она составляет 10% от плотности обычного). Рассмотрим период нуклеосинтеза.

Период раннего нуклеосинтеза – период образования элементов легких элементов длился примерно с 1 секунды по 3 минуту существования вселенной.

Соотношение концентраций протонов и нейтронов в равновесии определяется следующим образом:

В рамках рассматриваемой модели разница масс нуклонов дает ноль, следовательно, на ранних стадиях концентрации нейтронов и протонов равны. В силу того,что зеркальный нейтрон стабильный в данной модели, то со временем его концентрация не изменяется, и соотношение сохраняется.

В ранние моменты нуклеосинтеза первыми в термоядерных реакциях образуются самые легкие атомные ядра – изотопы водорода и гелия. В силу симметрии обычного и зеркального мира, можно утверждать, что и в зеркальном мире сначала образуются легчайшие атомные ядра. Первым будет образовываться дейтерий:

Далее будут протекать реакции образования трития и гелия – 3 из оставшихся нейтронов, протонов и дейтерия:

Рождение более тяжелых ядер может проходить согласно следующей реакции:

Можно рассчитать удельную энергию связи , используя формулу Вайцзеккера: **[please, note, where you have taken into account equal masses of neutron and proton in this formula \_\_ не знаю, как именно будет влиять равенство масс на формулу]**

Тогда удельная энергия связи: Малое значение удельной энергии связи свидетельствует о нестабильности бериллия.

При более низких температурах, когда стало возможным образование более тяжелых ядер, вселенная расширилась настолько, что низкая плотность вещества сделала маловероятным столкновения двух и более ядер для рождения более сложных элементов [3,6-8].

Массовую долю образовавшихся зеркальных водорода и гелия можно оценить следующим образом:

Таким образом, согласно расчёту, в зеркальном мире первичный гелий составляет 100% зеркального вещества. В обычном мире эти соотношения составляют примерно 0,75 и 0,25 соответственно [5,8].

Тем не менее из-за расширения вселенной остаются свободные зеркальные нейтроны и протоны, которые не успели объединиться в легчайшие атомы, то есть реакция образования дейтерия «замораживается» [3,6,7].

Можно оценить концентрации свободных нуклонов, зная сечение реакции образования дейтерия. Тогда условие «заморозки» реакции:

Оценка сечения даёт значение σ =2.43·10-26 см. Образование дейтерия проходит при температуре , которая соотвествует времени Тогда .

При , . Тогда концентрации протонов, а, следовательно, и нейтронов, будет равна: .

# Заключение

Была рассмотрена модель зеркального мира, в котором массы нейтрона и протона равны. В таком случае наблюдаются следующие закономерности:

* Зеркальный нейтрон будет стабильной частицей;
* Большую часть вещества зеркальной вселенной будет составлять гелий – 4, при этом водород будет присутствовать в количестве менее 0.05%.
* В зеркальном мире данной модели будут отсутствовать звезды, в которых будут проходить реакции горения водорода. Дальнейшее образование тяжелых элементов будет связано с горением гелия – 4 в зеркальных звездах.
* Главным кандидатом на роль скрытой массы будет гелий – 4. Помимо гелия в составе скрытой материи будет доминировать зеркальное вещество. В таком случае будет идти речь о холодной темной материи.

# Литература

1. Ли и Янг, «Вопрос о сохранении равенства в слабых взаимодействиях», Phys. Rev., 1956
2. Кобзарев И. Ю., Окунь Л. Б., Померанчук И. Я. О возможности экспериментального обнаружения зеркальных частиц //Ядерная физика. – 1966. – Т. 3. – С. 1154-1162.
3. Blinnikov S. I., Khlopov M. Y. Possible manifestations of''mirror''particles //Soviet Journal of Nuclear Physics. – 1982. – Т. 36. – №. 3. – С. 472-473.
4. Окунь Л. Б. Зеркальные частицы и зеркальная материя: 50 лет гипотез и поисков //Успехи физических наук. – 2007. – Т. 177. – №. 4. – С. 397-406.
5. Хлопов М. Ю. Основы космомикрофизики. – УРСС, 2004.
6. Khlopov M. Y. et al. Observational physics of the mirror world //Soviet Astronomy. – 1991. – Т. 35. – С. 21.
7. Berezhiani Z. G., Dolgov A. D., Mohapatra R. N. Asymmetric inflationary reheating and the nature of mirror universe //Physics Letters B. – 1996. – Т. 375. – №. 1-4. – С. 26-36.
8. Big Bang nucleosynthesis / Particle Data Group Review: <http://pdg.lbl.gov/2011/reviews/rpp2011-rev-bbang-nucleosynthesis.pdf>.