

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

РЕФЕРАТ

ЗЕРКАЛЬНЫЙ МИР:  $m_n > m_p - m_e$

Преподаватель: Хлопов М.Ю.

Студент гр. М20-115: Зубов Д.В.

Москва 2021

# Содержание

Введение . . . . .	2
1    Зеркальный мир $m_n > m_p - m_e$ . . . . .	3
1.1    Стабильность химических элементов. . . . .	3
1.2    Закалка отношения $\frac{p}{n}$ . . . . .	4
1.3    Нейтронный нуклеосинтез в Зазеркалье. . . . .	4

# Введение

В 1957 году был проведен знаменитый опыт Ву, показавший несохранение  $P$ -четности [1,2]. Для восстановления эквивалентности правых и левых систем координат пространственное отражение должно сопровождаться заменой частиц на зеркальные партнеры. Ли, Ландау и др. в 1957 году предложили на роль зеркальных частиц античастицы, то есть  $C$ -сопряженные. Однако после открытия нарушения  $CP$ -четности в 1964 году стало ясно, что зеркальными партнерами не могут быть античастицы [3]. В 1966 году Кобзарев, Померанчук и Окунь [4] показали, что зеркальные частицы не могут обладать электромагнитным и сильным взаимодействиями обычных частиц, так как это приводило бы к увеличению числа состояний электрона в атоме и другим эффектам, не обнаруженным на практике (то есть противоречило бы наблюдениям). С открытием  $W$ ,  $Z$ - бозонов стало ясно, что зеркальные частицы не могут обладать и обычным слабым взаимодействием, а могут обладать только обычным гравитационным (и своим набором "зеркальных" взаимодействий). Единственным "мостом" между обычными и зеркальными частицами может быть нейтральная по сохраняющемуся электрическому заряду частица с ненулевой массой (возможное кинетическое смешивание фотонов и т.п. не учитывается). Если нейтрино имеет массу, и имеет место смешивание обычного и зеркального нейтрино, то именно оно может стать "мостом" то есть через реакции с участием нейтрино обычные частицы могут превращаться в зеркальные и обратно, за счет чего возможно будет наблюдать зеркальные частицы на опыте. Пока такого смешивания не обнаружено. В 80'х годах вышел ряд работ Блинникова и Хлопова [5], в которых было показано, что наличие целого зеркального мира с массами частиц и константами связи своих, "зеркальных" взаимодействий, равными нашим, привело бы к противоречию с наблюдательными данными. Однако предположение о некотором отличии зеркального мира от нашего может сильно изменить эту картину. В моделях зеркальных миров, отличных от наших, роль темной материи могут играть некоторые зеркальные частицы и даже астрономические объекты из зеркальных частиц.

# 1 Зеркальный мир $m_n > m_p - m_e$

В данном реферате рассматривается модель зеркального мира, в котором  $m_n < (m_p - m_e)$ . Для осязаемых оценок следствий такой модели протон и нейтрон имеют определенные массы:

$$m_n^m = m_p^o = 938.272 \text{ МэВ}, \quad m_p^m = m_n^o = 939.565 \text{ МэВ}, \quad (1)$$

где верхние индексы  $m$  и  $o$  обозначают частицы зеркального и «нашего» мира соответственно<sup>1</sup>. Зеркальные протоны и нейтроны с такими массами могут повиться, если в «нашей» Стандартной модели поменять массы  $u$  и  $d$  кварков или, что то же самое, поменять их электрические заряды:

$$m_u^m = m_d^o = 4.8 \text{ МэВ}, \quad m_d^m = m_u^o = 2.3 \text{ МэВ}, \quad (2)$$

$$q_u^m = q_d^o = -\frac{1}{3}, \quad q_d^m = q_u^o = \frac{2}{3}. \quad (3)$$

В мире с такими кварками первого поколения несомненно в той или иной степени измениться картина взаимодействия адронов, но в работе рассматриваются только протоны и нейтроны, так как они играют ключевую роль в эволюции вселенной.

## 1.1 Стабильность химических элементов.

Первым и самым очевидным следствием выбранной модели является факт нестабильности протона, что препятствует существованию стабильного атома водорода (протия). Нейтрон в свою очередь будет стабильным. При этом протон будет распадаться на нейтрон, позитрон и электронное нейтрино:

$$p^+ \rightarrow n + e^+ + \nu \quad (4)$$

Важным этапом нуклеосинтеза является процесс производства дейтерия.

$$p + n \rightarrow D + \gamma \quad (5)$$

Как и «наш» дейтерий, зеркальный собрат также будет стабильным, так как энергия связи предполагается 2.2 МэВ, а разность масс протона и нейтрона получается равной 1.3 МэВ. Из аналогичных соображений следует стабильность изотопа  ${}^4\text{He}$ .

Рассматривая изобары  ${}^3T$  и  ${}^3\text{He}$  в нашем и зеркальном мире, можно сделать вывод, что в зеркальном мире картина будет перевернутой, то есть  ${}^3T$  будет стабильным, а  ${}^3\text{He}$  будет  $\beta^+$  активным (в смысле распада протона).

---

<sup>1</sup>Далее эти индексы опущены и рассматриваются только зеркальные частицы, если не оговорено обратное.

## 1.2 Закалка отношения $\frac{p}{n}$ .

Из предположения о том, что разность масс зеркальных нуклонов совпадает с разностью масс наших нуклонов, при рассмотрении зеркального мира можно пользоваться оценками значений, полученных для реального мира, с заменой протона на нейтрон.

$$\frac{p}{n} = \exp\left(-\frac{\Delta m}{T_*}\right) \approx \frac{1}{6}, \text{ где } T_* \approx 1 \text{ МэВ} - \text{температура закалки} \quad (6)$$

Так как протон не может существовать свободно, а только внутри ядра с присутствием нейтрона, а также, беря во внимание факт обратного выбивания протонов тепловыми фотонами окружающей среды, отношение  $\frac{p}{n}$  может уменьшиться.

Нижнюю границу этого отношения можно оценить учтя только один путь спасения протонов от вымирания - в дейтроне:



Причем в момент закалки температура окружающих фотонов достаточна для протекания обратной реакции и тогда, за время остывания среды отношение  $\frac{p}{n}$  уменьшится до  $\frac{1}{7}$ ].

Возможны и другие пути спасения водорода - в связанных состояниях нейтронов<sup>2</sup>. Простейшим таким связанным состоянием является динейтрон]]. При связывании протона с динейтроном образуется  ${}^3T$  (зеркальный), энергия связи которого берется равной энергии связи «нашего»  ${}^3He$ :



Такое ядро сильнее связано и вероятность выбивания протона тепловым нейтроном меньше, за счет чего большее число протонов может спастись.

Таким образом можно сказать, что  $\frac{1}{7} < \frac{p}{n} < \frac{1}{6}$ .

## 1.3 Нейтронный нуклеосинтез в Зазеркалье.

В «нашем» мире тяжелые ядра и ядра с избыточным количеством нейтронов или протонов встречаются крайне редко. Рождению таких ядер препятствуют кулоновский барьер создаваемый протонами и нестабильность нейтрона. Также, в «нашем» мире невозможно образовать стабильное состояние динейтрона из-за конечного времени жизни нейтрона.

В ситуации, когда нейтрон стабилен, а также учитывая его электрическую нейтральность, возможно образование связанных состояний нейтронов. Простейшее из них - динейтрон.

---

<sup>2</sup>Подробнее о таких состояниях в следующей главе

## Заключение

В данной модели зеркального мира со следующим распределением масс:  $m_n < m_p - m_e$  Вселенная будет состоять из нейтронноизбыточных ядер, а также из связанных стабильных нейтронных состояний. Водород предполагается существовать в виде трития. Предполагается существование плотных звезд, формирование нейтронных звезд и черных дыр. При этом черные дыры зеркального мира будут видны в нашем как «наши» черные дыры.

## Список используемых источников

1. T. D. Lee, C. N. Yang «Question of Parity Conservation in Weak Interactions», Physical Review, 104, 254–258, 1956.
2. C.S. Wu, E. Ambler, R.W. Hayward, D.D. Hoppes, R.P. Hudson, "Experimental Test of Parity Conservation in Beta Decay Phys. Rev. 105, 1413 – 1957.
3. J.H. Christenson, J.W. Cronin, V.L. Fitch, R. Turlay, "Evidence for the 2 decay of the  $K_2^0$  meson", Phys. Ref. Lett. 13, 138 – 1964.
4. И. Ю. Кобзарев, Л. Б. Окунь, И. Я. Померанчук, «О возможности экспериментального обнаружения зеркальных частиц», Советский журнал ядерной физики, 3, 837 ,1966
5. Блинников С.И., Хлопов М.Ю., "О возможных проявлениях "зеркальных" частиц" ЯФ 36 809 (1982)