Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Кафедра № 40 «Физика элементарных частиц»

Реферат на тему «Зеркальный мир с четырьмя поколениями фермионов»

Выполнил:

Студент: Спесивый М.А.
Группа: М16-115

Москва 2016 г.

Введение

Ещё в 50-е годы XX века, учёные обнаружили, что при распаде нейтрона образуются электроны и нейтрино исключительно с левым вращением, причём обнаружить нейтрино с «нормальным» правым вращением не удалось.

До работы Ли и Янга предполагалось, что чётность сохраняется во всех фундаментальных взаимодействиях элементарных частиц. Лев Ландау сформулировал гипотезу о сохранении комбинированной (CP) чётности, согласно которой зеркальное отражение системы с одновременной заменой частиц на античастицы не изменяет поведение системы. То есть «зеркальное вещество» есть антивещество. В большинстве процессов комбинированная чётность сохраняется, но отдельных случаях она всё же незначительно нарушается.

Нарушение CP чётности было обнаружено, когда нашли распад

$$K_2^0 \rightarrow 2\pi$$

Так как CP-чётность сохраняется невсегда, то это означает, что античастицы польше не подходят на роль зеркальных частиц, поэтому их роль должен выполнять новый набор частиц. Открытие промежуточных $W^{+/-}$- и Z^0- бозонов в слабых взаимодействиях и измерение их ширины исключило общее слабое взаимодействие между обычными и зеркальными частицами. Поэтому не только фундаментальные частицы, но и калибровочные бозоны, осущетвляющие их взаимодействие должны иметь своих зеркальных партнёров.

Модель.

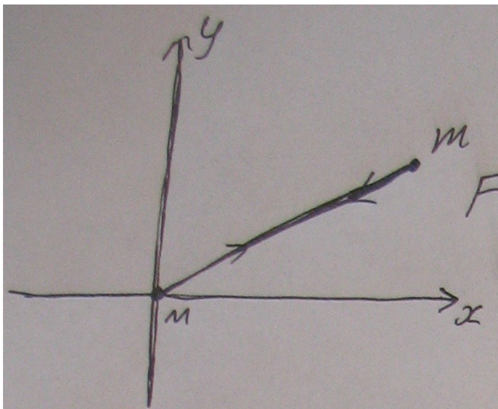
В рамках рассматриваемой модели механизмы инфляции и бариосинтеза отсутствуют. Предполагается, что в зеркальном мире существует 4 поколения фермионов, а нашем 3. Это зеркальные партнёры фермионов, существующих в нашем мире, зеркальные фотоны, а так же тяжёлые h-лептоны. Так же полагается, что массы зеркальных первых трёх поколений равны массам первых трёх поколений фермионов нашего мира, а массы частиц четвёртого поколения ~10^6 раз больше масс частиц первогоо поколения. Зеркальный и обычный мир развиваются параллельно, гравитационно воздействуюя друг на друга. Фермионы 4-го поколения аналогичны фермионам 1-го поколения, только тяжелее. u — соответствует тяжёлый U кварк с массой ~ 3 ТэВ, d — кварку D, e — тяжёлый E с массой ~ 500 ГэВ. Между кварками 4-го и 3-го поколений отстутвует слабое взаимодействие, а для тяжёлых фермионов есть свои переносчики слабого взаимодействия. Так же полагается, что D — кварк не стабинен и распадается до U кварка и полагается избыток античастиц над частицами. $\bar{U}$ кварки образуют адроны $\bar{U}\bar{U}\bar{U}$ с зарядом -2. Данные частицы имеют размеры на много меньшие, чем нуклоны обычных атомов.

На стадии развития зеркальной вселенной, когда её темпервтура составляет ~ 100 кэВ, $\bar{U}\bar{U}\bar{U}$ и He образуют атомоподобные состояния $\bar{U}\bar{U}\bar{U}He$, которые вследствие большой массы He имеют маленький боровский радиус, да и вообще взаимодействия с остальными частицами, кроме гравитационного, подавлены. Таким образом данные частицы взаимодействуют с частицами зеркального мира и нашего мира только гравитационно, а значит с помощью них можно попробовать описать скрытую массу Вселенной.

Скрытая масса Вселенной примерно в 5 раз превышает видимую. Можно предположить, что вся скрытая масса сосредоточена в зеркальном мире в виде таких частиц $\bar{U}\bar{U}\bar{U}He$, которые можно назвать тера-гелием.

Так же полагается, что скрытая масса образует однородные скопления, размерами не менее размеров галактик. Для просто ты можно сначала попробовать убедиться, что газ тера-гелия может образовывать большие однородные скопления без учитывания гравитационного воздействия нашей материи. Потому что с учётом этого воздействия характерные размеры скоплений будут только меньше, а если и без этого воздействия газ не сможет образовывать подобных скоплений, то данная модель и так не в состоянии описать скрытую массу.

Далее решается задача которая должна указывать характерные размеры облака скрытой массы в зависимости от массы и температуры частиц.



$$F = \gamma \frac{Mm}{r^2}$$

$$\vec{F} = -\gamma \frac{Mm\vec{r}}{r^3} = \left(-\gamma \frac{M}{r^3}\vec{r}\right)m = \vec{G}m$$

$$\vec{G} = -\gamma \frac{M}{r^3}\vec{r}$$

$$dA = \vec{F}d\vec{r} = m\frac{d}{dt}\vec{v}d\vec{r} = m\vec{v}d\vec{v} = d\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = dT$$

$$d(T+U)=0 \quad T+U = E \equiv const$$

$$dU = -dT = -\vec{F}d\vec{r}$$

$$dU = \frac{\partial U}{\partial x}dx + \frac{\partial U}{\partial y}dy + \frac{\partial U}{\partial z}dz = \vec{\nabla}U d\vec{r}$$

$$\vec{\nabla}U d\vec{r} = -\vec{F}d\vec{r}$$

$$\vec{F} = -\vec{\nabla}U$$

$$\vec{F} = m\vec{G} = -\gamma \frac{Mm}{r^3}\vec{r} = -\vec{\nabla}U$$

$$\gamma \frac{Mm}{r^3}\vec{r} = \frac{\partial U}{\partial r}\frac{\vec{r}}{r}$$

$$\gamma \frac{Mm}{r^2} = \frac{\partial U}{\partial r}$$

$$U = -\gamma \frac{Mm}{r} = m\varphi$$

$$\varphi = -\gamma \frac{M}{r}$$

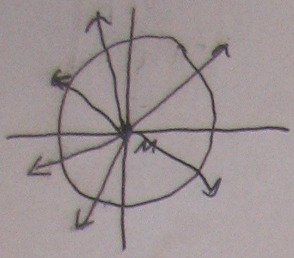
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

$$m(\vec{G}) = m(\vec{G}_1 + \vec{G}_2 + \dots)$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots$$

$$n(\vec{r}) = C\cdot e^{-\frac{U}{T}} = C e^{-\frac{m\varphi}{T}}$$

$$n(\vec{r}) = \frac{N}{V} e^{-\frac{m\varphi}{T}}$$



$$\oint_S \vec{G}\, d\vec{S} = \oint_S dS\, \vec{e}_r$$

$$\left(-\gamma \frac{M}{r^{3}_{2}} \vec{r}\right) = -\gamma \frac{M}{R^2} 4\pi R^2 \boxed{\equiv}$$

$$M = \int \rho\, dV$$

$$\boxed{\equiv} - 4\pi\gamma \int \rho\, dV$$

$$\oint \vec{G}\, d\vec{S} = \int \vec{\nabla}\vec{G}\, dV$$

$$\vec{\nabla}\vec{G} = -4\pi\gamma\rho$$

$$n(\vec{r}) = \frac{N}{V} e^{-\frac{m\varphi}{T}}$$

$$\rho = M n(\vec{r})$$

$$\Delta\varphi = 4\pi\gamma\rho$$

$$\begin{cases} \rho(\vec{r}) = \dfrac{m N_0}{V} e^{-\frac{m\varphi(\vec{r})}{KT}} \simeq \dfrac{m N_0}{V}\left(1 - \dfrac{m\varphi(\vec{r})}{KT}\right) \\ \Delta\varphi(\vec{r}) = 4\pi\gamma\rho(\vec{r}) \end{cases}$$

$$\Delta\varphi(\vec{r}) = 4\pi\gamma \frac{m N_0}{V}\left(1 - \frac{m\varphi(\vec{r})}{KT}\right)$$

$$\Delta\varphi(\vec{r}) + \left(4\pi\gamma \frac{m^2 N_0}{KTV}\right)\varphi(\vec{r}) = \left(4\pi \frac{\gamma m N_0}{V} \frac{m}{KT}\right)\frac{KT}{m}$$

$$\frac{4\pi\gamma m^2 N_0}{VKT} = \lambda^2$$

$$\Delta\varphi(\vec{r}) + \lambda^2\varphi(\vec{r}) = \lambda^2 \frac{KT}{m}$$

$$(r\varphi)'' + \lambda^2 (r\varphi) = \lambda^2 \frac{KT}{m} r$$

$$(r\varphi)'' + \lambda^2 (r\varphi) = \lambda^2 \frac{kT}{m} r$$

$$(r\varphi)_{\text{одн}} = C_1 \sin(\lambda r) + C_2 \cos(\lambda r)$$

$$(r\varphi)_{ч} = \frac{kT}{m} r$$

$$r\varphi = C_1 \sin(\lambda r) + C_2 \cos(\lambda r) + \frac{kT}{m} r$$

$$\varphi(r) = \frac{C_1 \sin(\lambda r) + C_2 \cos(\lambda r)}{r} + \frac{kT}{m}$$

$$\varphi(r \to 0) = \frac{C_1 r - C_2 + \frac{C_2 r^2}{2}}{r} + \frac{TK}{m} = C_1 - \frac{C_2}{r} + \frac{kT}{m}; \quad \varphi(\vec{r}) = \frac{A\cos(\lambda r + \varepsilon_0)}{r} + \frac{kT}{m}$$

$$\rho(r) = \frac{mN_0}{V}\left(1 - \frac{m}{kT}\varphi + \frac{1}{2}\frac{m\varphi^2}{k^2T^2}\right) =$$

$$= \frac{mN_0}{V}\left(1 - \frac{m}{kT}\left(\frac{kT}{m} + \frac{A}{r}\cos(\lambda r + \varepsilon_0)\right) + \frac{1}{2}\frac{m^2}{k^2T^2}\left(\frac{kT}{m} + \frac{A}{r}\cos(\lambda r + \varepsilon_0)\right)^2\right) =$$

$$= \frac{mN_0}{V}\left(\frac{(-A)}{r}\frac{m}{kT}\cos(\lambda r + \varepsilon_0) + \frac{1}{2}\left(\frac{m}{kT}\right)^2\left[\left(\frac{kT}{m}\right)^2 + \frac{A^2}{r^2}\cos^2(\lambda r + \varepsilon_0) + \right.\right.$$

$$\left.\left. + 2\frac{kT}{m}\frac{A}{r}\cos(\lambda r + \varepsilon_0)\right]\right) = \frac{m^2N_0(-A)}{kTV}\cos(\lambda r + \varepsilon_0) + \frac{m^2N_0 A}{kTV}\cos(\lambda r + \varepsilon_0) +$$

$$+ \frac{1}{2}\frac{mN_0}{V} + \frac{1}{2}\frac{mN_0}{V}\left(\frac{m}{kT}\right)^2\frac{A^2}{r^2}\cos^2(\lambda r + \varepsilon_0) =$$

$$= \frac{mN_0}{V}\left(\frac{1 + \left[\left(\frac{mA}{kT}\right)^2\cos^2(\lambda r + \varepsilon_0)\right]/r^2}{2}\right)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{4\pi\gamma m^2 N_0}{kTV}}$$

$$\underline{\rho(\vec{r}) = \frac{mN_0}{V}\left(\frac{1 + \left(\frac{mA}{kT}\right)^2\frac{\cos^2(\lambda r + \varepsilon_0)}{r^2}}{2}\right)}$$

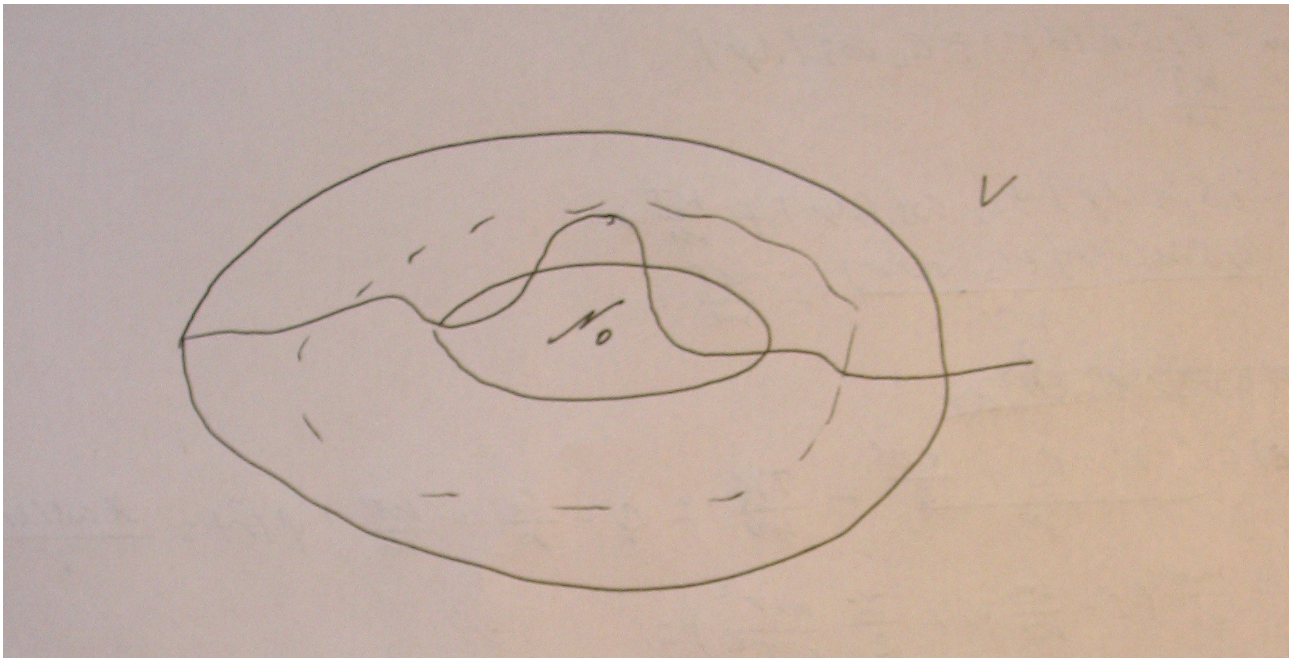
$$\cos(\lambda r + \varepsilon_0) = \cos(\varepsilon_0) - \lambda r\sin(\varepsilon_0) - \frac{1}{2}(\lambda r)^2\cos(\varepsilon_0) + \dots$$

$$\rho_{T\to\infty} = \frac{mN_0}{2V}\left(1 + \left(\frac{mA}{kT}\right)^2\frac{1}{r^2}\{\dots \,\text{''}\, \dots\}^2\right) = \frac{mN_0}{V}$$

$$\rho(r) = \frac{mN_0}{2V}\left(1 + \left(\frac{mA}{kT}\right)^2\frac{\cos(\lambda r + \varepsilon_0)}{r^2}\right)$$

$$mN_0 = \int_0^{R_m} r^2 4\pi\, dr\, \rho(r) = \frac{mN_0}{2V}\left(4\pi\frac{R_m^3}{3} + \left(\frac{mA}{kT}\right)^2\frac{4\pi}{2}\left(R_m + \frac{\sin(2(\lambda R_m + \varepsilon_0)) - \sin(\dots)}{2\lambda}\right.\right.$$

Решение показывает, что плотность частиц наибольшая в центре. Плотность убывает при удалении от центра, но убывает с флуктуациями плотности. Однакто плотность всегда неотрицательная.



Решение задачи было упрощено и оно корректно при достаточно больших температурах.

В данном случае масса частиц тера-гелия берётся ~ 10 ТэВ, а температура не более 100 кэВ. Эта температура мала, поэтому подобная скрытая масса не должна образовывать больших однородных областей при данных моделью условиях.

Список использованной литературы.

Ли, Янг «Вопрос сохранения симметрии в электрослабом взаимодействии»

Хлопов М.Ю. «Основы космомикрофизики»

Хлопов, «Composite dark matter from 4th generation.»

Блинников С.И., Хлопов М.Ю. «О возможных проявлениях зеркальных частиц»