

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

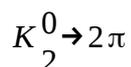
Москва 2016 г.

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  формулировал 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



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

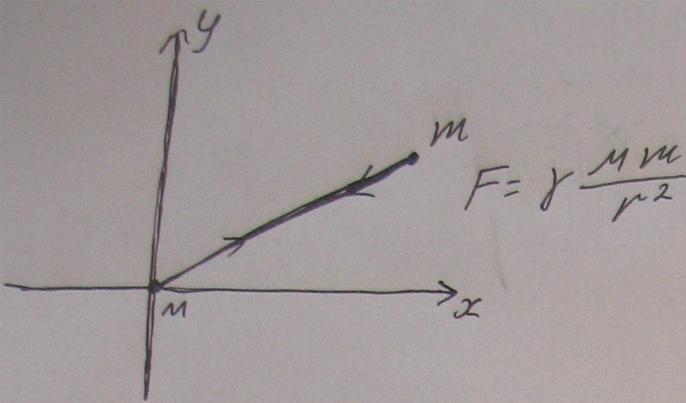
поколения $\sim 10^6$ раз больше масс частиц первого поколения. Зеркальный и обычный мир развиваются параллельно, гравитационно воздействуя друг на друга. Фермионы 4-го поколения аналогичны фермионам 1-го поколения, только тяжелее. u — соответствует тяжёлый U кварк с массой ~ 3 ТэВ, d — кварку D, e — тяжёлый E с массой ~ 500 ГэВ. Между кварками 4-го и 3-го поколений отсутствует слабое взаимодействие, а для тяжёлых фермионов есть свои переносчики слабого взаимодействия. Так же полагается, что D — кварк не стабилен 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 температура составляет ~ 100 кэВ, $\bar{U}\bar{U}\bar{U}$ и He образуют атомоподобные состояния $\bar{U}\bar{U}\bar{U}\text{He}$, 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 $\bar{U}\bar{U}\bar{U}\text{He}$, 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 учёта 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.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

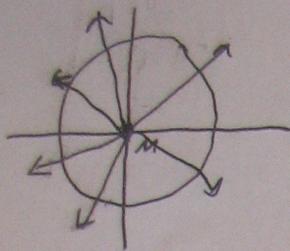
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

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

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 + \dots$$

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

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



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

$$\left(-\gamma \frac{M}{r^2} \vec{e}_r\right) = -\gamma \frac{M}{R^2} 4\pi R^2 \vec{e}_r \quad \boxed{=}$$

$$M = \int \rho dV$$

$$\boxed{=} 4\pi \gamma \int \rho dV$$

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

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

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

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

$$4\phi = 4\pi \gamma \rho$$

$$\left\{ \begin{aligned} \rho(\vec{r}) &= \frac{m N_0}{V} e^{-\frac{m\phi(\vec{r})}{KT}} \approx \frac{m N_0}{V} \left(1 - \frac{m\phi(\vec{r})}{KT}\right) \\ \Delta \phi(\vec{r}) &= 4\pi \gamma \rho(\vec{r}) \end{aligned} \right.$$

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

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

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

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

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

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

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

$$(r\varphi)_{\text{part}} = \frac{kT}{m} r$$

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

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

~~$$\varphi(r) = \dots$$~~

$$\varphi(r \rightarrow \infty) = \frac{C_1 r - C_2 + \frac{C_1 r^2}{2}}{r} + \frac{kT}{m} = C_1 - \frac{C_2}{r} + \frac{kT}{m}, \quad \varphi(\vec{r}) = \frac{\lambda \cos(\lambda r + E_0)}{r} + \frac{kT}{m}$$

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

$$= \frac{mN_0}{V} \left(1 - \frac{m}{kT} \left(\frac{kT}{m} + \frac{\lambda}{r} \cos(\lambda r + E_0) \right) + \frac{1}{2} \frac{m^2}{kT^2} \left(\frac{kT}{m} + \frac{\lambda}{r} \cos(\lambda r + E_0) \right)^2 \right) =$$

$$= \frac{mN_0}{V} \left[\frac{1-\lambda}{r} \frac{m}{kT} \cos(\lambda r + E_0) + \frac{1}{2} \frac{m}{kT} \left[\left(\frac{kT}{m} \right)^2 + \frac{\lambda^2}{r^2} \cos^2(\lambda r + E_0) + \right. \right.$$

$$\left. \left. + 2 \frac{kT}{m} \frac{\lambda}{r} \cos(\lambda r + E_0) \right] \right] = \frac{m^2 N_0 (1-\lambda)}{\lambda k T V} \cos(\lambda r + E_0) + \frac{m^2 N_0 \lambda}{k T V} \cos(\lambda r + E_0) +$$

$$+ \frac{1}{2} \frac{m N_0}{V} + \frac{1}{2} \frac{m N_0}{V} \left(\frac{m}{kT} \right)^2 \frac{\lambda^2}{r^2} \cos^2(\lambda r + E_0)$$

$$= \frac{m N_0}{V} \left(\frac{1 + \left[\frac{m \lambda}{kT} \right]^2 \frac{\cos^2(\lambda r + E_0)}{r^2}}{2} \right)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{4\pi \gamma m^2 N_0}{k T V}}$$

$$\rho(\vec{r}) = \frac{m N_0}{V} \left(\frac{1 + \left(\frac{m \lambda}{kT} \right)^2 \frac{\cos^2(\lambda r + E_0)}{r^2}}{2} \right)$$

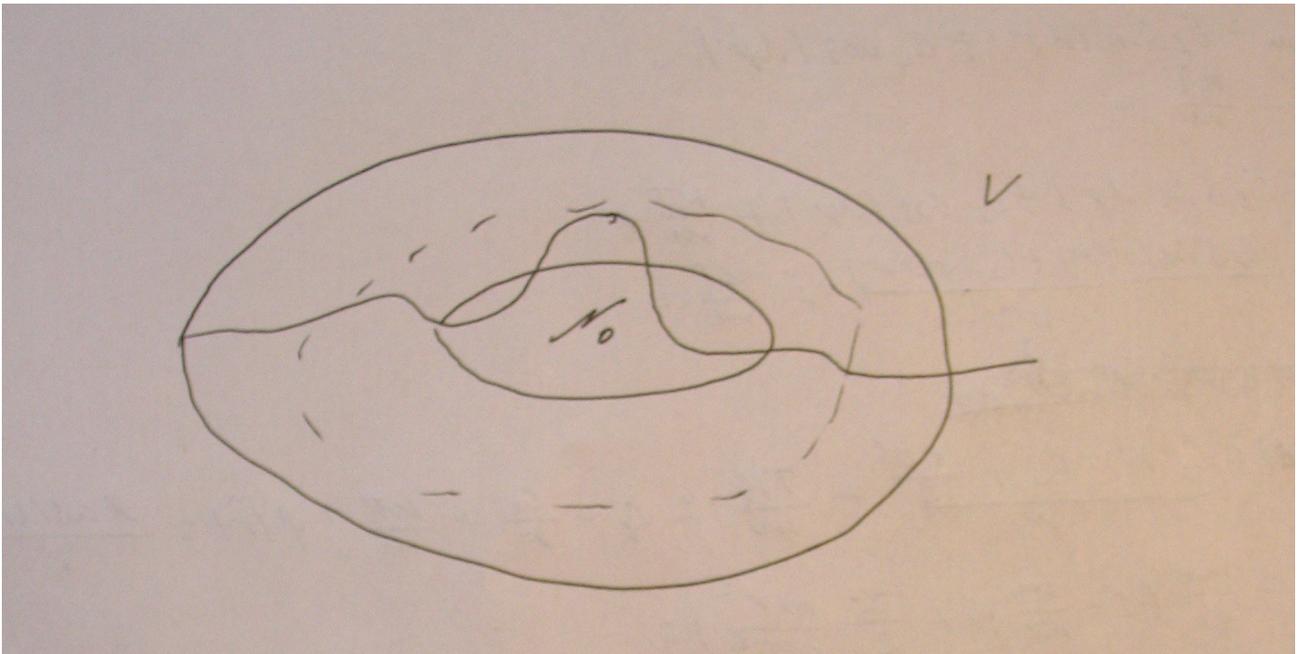
$$\cos(\lambda r + E_0) = \cos(E_0) - \lambda r \sin(E_0) - \frac{1}{2} (\lambda r)^2 \cos(E_0) + \dots$$

$$\rho = \frac{m N_0}{2V} \left(1 + \left(\frac{m \lambda}{kT} \right)^2 \frac{1}{r^2} \left[\dots \right]^2 \right) = \frac{m N_0}{V}$$

$$\rho(r) = \frac{m N_0}{2V R_m} \left(1 + \left(\frac{m \lambda}{kT} \right)^2 \frac{\cos^2(\lambda r + E_0)}{r^2} \right)$$

$$m N_0 = \int_0^{R_m} r^2 4\pi dr \rho(r) = \frac{m N_0}{2V} \left(4\pi \frac{R_m^3}{3} + \left(\frac{m \lambda}{kT} \right)^2 \frac{4\pi}{2} \left(R_m + \frac{8\pi R_m^2 E_0}{2\lambda} \right) \right)$$

Решение показывает, что плотность частиц наибольшая в центре. Плотность убывает при удалении от центра, но убывает с флуктуациями плотности. **Однако** 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 космомикрoфизики»

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

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