

ОТЧЁТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ И
КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ
МНОГОЗАРЯДНЫХ ЧАСТИЦ В МОДЕЛЯХ
СОСТАВНОГО БОЗОНА ХИГГСА

Научный руководитель
д.ф.-м.н., профессор

М. Ю. Хлопов

Выполнил

Д. О. Сопин

Таблица 1 — Основные свойства частиц 4-ого поколения.

Частица	Масса	Заряд q	Заряд y	Новое лептонное число	Новое барионное число
U	$\sim 1 \text{ ТэВ}$	$\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$
D	$\sim 1 \text{ ТэВ}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$
E	$\sim 1 \text{ ТэВ}$	-1	1	1	0
N	$\sim 50 \text{ ГэВ}$	0	1	1	0

Сфалеронные переходы после ЭСФП

$$3(\mu_{uL} + 2\mu_{dL}) + \mu + (\mu_{\bar{U}R} + 2\mu_{\bar{D}R}) + \mu'_R = 0, \quad (2)$$

$$Q = 0 = 2(2 + \sigma_l)(\mu_{uL} + \mu_{uR}) - 3(\mu_{dL} + \mu_{dR}) - \\ - 2\sigma_U(\mu_{\bar{U}L} + \mu_{\bar{U}R}) + \sigma_D(\mu_{\bar{D}L} + \mu_{\bar{D}R}) - \\ - 3(\mu_{iL} + \mu_{iR}) + \sigma_E(\mu_{eL} + \mu_{eR}) - 4\mu_W - 2\mu_-, \quad (3)$$

$$Y = 0 = \sigma_U(\mu_{\bar{U}L} + \mu_{\bar{U}R}) + \sigma_D(\mu_{\bar{D}L} + \mu_{\bar{D}R}) - \\ - \sigma_E(\mu_{eL} + \mu_{eR}) - \sigma_N(\mu_{\bar{N}L} + \mu_{\bar{N}R}), \quad (4)$$

$$B = (2 + \sigma_l)(\mu_{uL} + \mu_{uR}) + 3(\mu_{dL} + \mu_{dR}) = \\ = (10 + 2\sigma_l)\mu_{uL} + 6\mu_W, \quad (5)$$

$$L = \Sigma(\mu_{\nu_iL} + \mu_{\nu_iR} + \mu_{iL} + \mu_{iR}) = \\ = 4\mu + 6\mu_W, \quad (6)$$

$$-FB = \sigma_U(\mu_{\bar{U}L} + \mu_{\bar{U}R}) + \sigma_D(\mu_{\bar{D}L} + \mu_{\bar{D}R}) = \\ = 2(\sigma_U + \sigma_D)\mu_{\bar{U}R} - 2\sigma_D\mu_W, \quad (7)$$

$$-L' = \sigma_E(\mu_{eL} + \mu_{eR}) + \sigma_N(\mu'_{eL} + \mu'_{eR}) = \\ = 2(\sigma_E + \sigma_N)\mu'_{eR} - 2\sigma_E\mu_W. \quad (8)$$

$$\frac{FB}{B} \approx \frac{1}{3} \frac{m_p}{m_U} \frac{\Omega_{UUU}}{\Omega_b}, \quad (9)$$

$$B \approx \frac{6}{gT^2} \frac{\rho_c \Omega_b}{m_p}, \quad (10)$$

$$\Omega_{UUU} \approx \frac{3 g_{UUU} m_{UUU}}{\rho_c} T^2 \mu_{UUUR} \sigma_{UUU}, \quad (11)$$

$$\Omega_{UUU} = \frac{18m_{\bar{U}}g_{UUU}}{m_p} \frac{\sigma_{UUU}\sigma_D(\sigma_E + \sigma_N)}{gs_1 + g_{UUU}s_2} \Omega_b, \quad (12)$$

где $s_1 = (\sigma_U + \sigma_D)(\sigma_E + 1)\sigma_N + (\sigma_E + \sigma_N)(7\sigma_D + \sigma_U(3\sigma_D + 10))$,
 $s_2 = 3\sigma_{UUU}((\sigma_D + \sigma_N)(\sigma_E + 1) + (\sigma_E + \sigma_N)(\sigma_D + 10))$

$$\begin{cases} 9\mu_{uL} + \mu + 6\mu_W = 0 \\ 3\mu_{\bar{U}R} + \mu'_{eR} - 2\mu_W = 0 \end{cases}$$

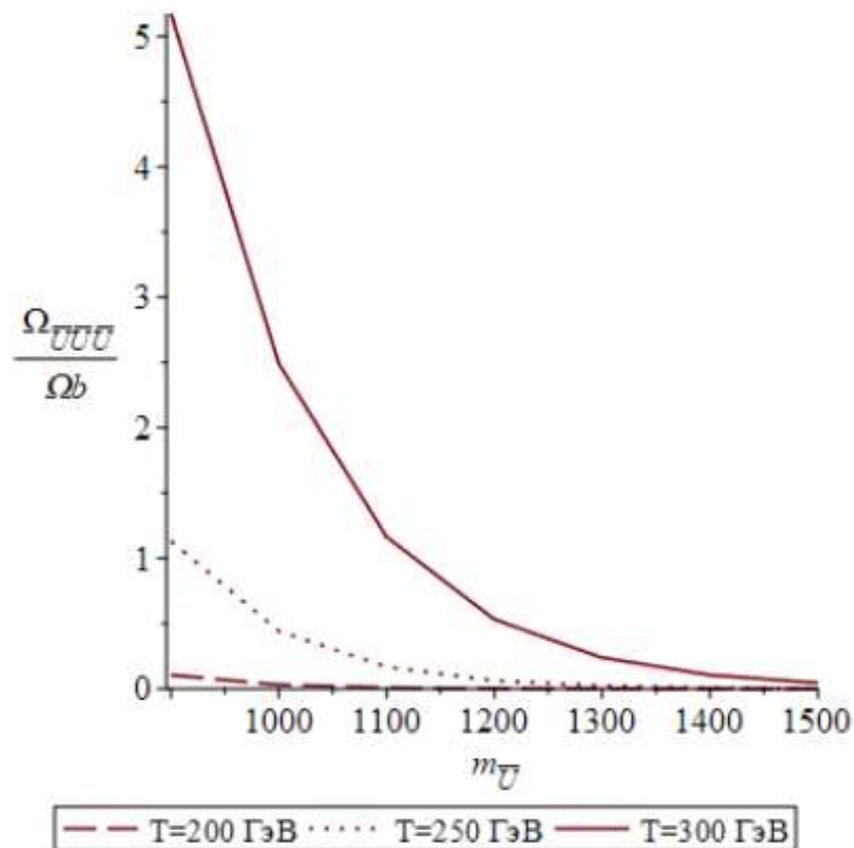


Рисунок 2 — Отношение генерируемых плотностей анти-класстеров и барионов для различных температур и масс тяжёлых кварков в простейшем приближении: $m_D = m_E = m_U$, $m_N = 50$ ГэВ.

Сфалеронные переходы до ЭСФП

$$9\mu_{uL} + \mu + 3\mu_{UR} + \mu'_R + 4\mu_W = 0, \quad (14)$$

$$Q = 0 = 6\mu_{uL} - 2\mu + 2(\sigma_D - 2\sigma_U)\mu_{UR} + 2\sigma_E\mu'_R + \\ + (14 + 2\sigma_U + \sigma_D)\mu_0 - (18 + 2\sigma_D + \sigma_E)\mu_W, \quad (15)$$

$$Y = 0 = 2(\sigma_U + \sigma_D)\mu_{UR} - 2(\sigma_E + \sigma_N)\mu'_R + \\ + (\sigma_D - \sigma_U + \sigma_N - \sigma_E)\mu_0 - 2(\sigma_D + \sigma_E)\mu_W, \quad (16)$$

$$B = 12\mu_{uL} + 6\mu_W, \quad (17)$$

$$L = 4\mu + 6\mu_W, \quad (18)$$

$$-FB = 2(\sigma_D + \sigma_U)\mu_{UR} + (\sigma_D - \sigma_U)\mu_0 - 2\sigma_D\mu_W, \quad (19)$$

$$-L' = 2(\sigma_E + \sigma_N)\mu'_R + (\sigma_E - \sigma_N)\mu_0 - 2\sigma_E\mu_W. \quad (20)$$

$$B - L = 0$$

$$B + L = a$$

$$a \in [0, 2B]:$$

$$Q_3 = 0 = 3(\sigma_D - \sigma_U)\mu_{UR} + (\sigma_E - \sigma_N)\mu'_R + (3\sigma_D + \sigma_E - 22) \quad (21)$$

$$\mu := \frac{(-38B - 19a)\sigma u^3 + ((-52B - 26a)\sigma n - 92B - 38a)\sigma u^2 + ((-6B - 3a)\sigma n^2 + (200B + 100a)\sigma n + 1320B + 572a)\sigma u - 28\sigma n \left(\left(B + \frac{11a}{14} \right) \sigma n - \frac{286B}{7} - \frac{165a}{7} \right)}{308\sigma u^3 + (408\sigma n + 72)\sigma u^2 + (52\sigma n^2 - 928\sigma n - 12320)\sigma u + 216\sigma n^2 - 7392\sigma n}$$

$$a := 2B$$

$$a := 0$$

$$\frac{B(3\sigma n^2\sigma u + 26\sigma n\sigma u^2 + 19\sigma u^3 + 18\sigma n^2 - 100\sigma n\sigma u + 42\sigma u^2 - 616\sigma n - 616\sigma u)}{77\sigma u^3 + (102\sigma n + 18)\sigma u^2 + (13\sigma n^2 - 232\sigma n - 3080)\sigma u + 54\sigma n^2 - 1848\sigma n}$$

$$\frac{B(3\sigma n^2\sigma u + 26\sigma n\sigma u^2 + 19\sigma u^3 + 14\sigma n^2 - 100\sigma n\sigma u + 46\sigma u^2 - 572\sigma n - 660\sigma u)}{154\sigma u^3 + (204\sigma n + 36)\sigma u^2 + (26\sigma n^2 - 464\sigma n - 6160)\sigma u + 108\sigma n^2 - 3696\sigma n}$$

Закалка

$$\tau = \frac{1}{\langle n_{Sph} \cdot \sigma_{Sph} \cdot v \rangle} \quad H^{-1} = \frac{M_{Pl}^*}{T^2} \quad \Rightarrow \quad \Gamma_{Sph} = \frac{T^2}{M_{Pl}^*}$$

$$\frac{1}{a^3} \frac{d}{dt} (n_{\bar{U}} a^3) = \Gamma_{Sph} n_{\bar{U}}, \quad n_{\bar{U}} = \frac{1}{6} g T^2 \mu_{\bar{U}R} \sigma \left(\frac{m_{\bar{U}}}{T} \right) \quad \Rightarrow \quad \Gamma_{Sph} = 2 \frac{\dot{T}}{T} + \frac{\dot{\mu}_{\bar{U}R}}{\mu_{\bar{U}R}} + \frac{\dot{\sigma}_U}{\sigma_U} + 3H$$

$$\begin{cases} H^2 = \frac{8}{3} \pi G \rho \\ \dot{\rho} = -3H(p + \rho) \\ p = \frac{1}{3} \rho \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} H_{RD} &= \frac{1}{2t_{RD}} \\ t_{RD} &= \frac{3}{4} \frac{M_{Pl}}{\sqrt{\pi m_{\bar{U}} g}} \frac{1}{T \sqrt{\mu_{\bar{U}R} \sigma_U}} \end{aligned}$$

Заключение

- Более детально изучены механизмы сфалеронных переходов
- Рассмотрены особенности сфалеронных переходов при высоких температурах
- Найдено уравнение, позволяющее определить момент выпадения процесса из равновесия
- Учтено, что до ЭСФП сфалеронные переходы происходят достаточно часто для поддержания равновесной концентрации тяжёлых кварков. Это приводит к экспоненциальной малости избытка частиц с массой порядка нескольких TeV .