

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное учреждение

высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет

«МИФИ» (НИЯУ МИФИ)

ОТЧЁТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ И КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ МНОГОЗАРЯДНЫХ ЧАСТИЦ

Научный руководитель

д.ф.-м.н., профессор

_____ М. Ю. Хлопов

Выполнил

_____ Д. О. Сопин

Москва 2022

Таблица 1 — Основные свойства частиц 4-ого поколения.

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

UUUNHe,

- Плотности лептонных и барионных чисел:

L и B, FL и FB

- Плотности барионной материи и скрытой массы:

$$B = \frac{6}{gT^2} \frac{\rho_c \Omega_b}{m_p},$$

$$-\frac{FB}{B} \approx \frac{m_p}{3m_U} \frac{\Omega_{DM}}{\Omega_b}.$$

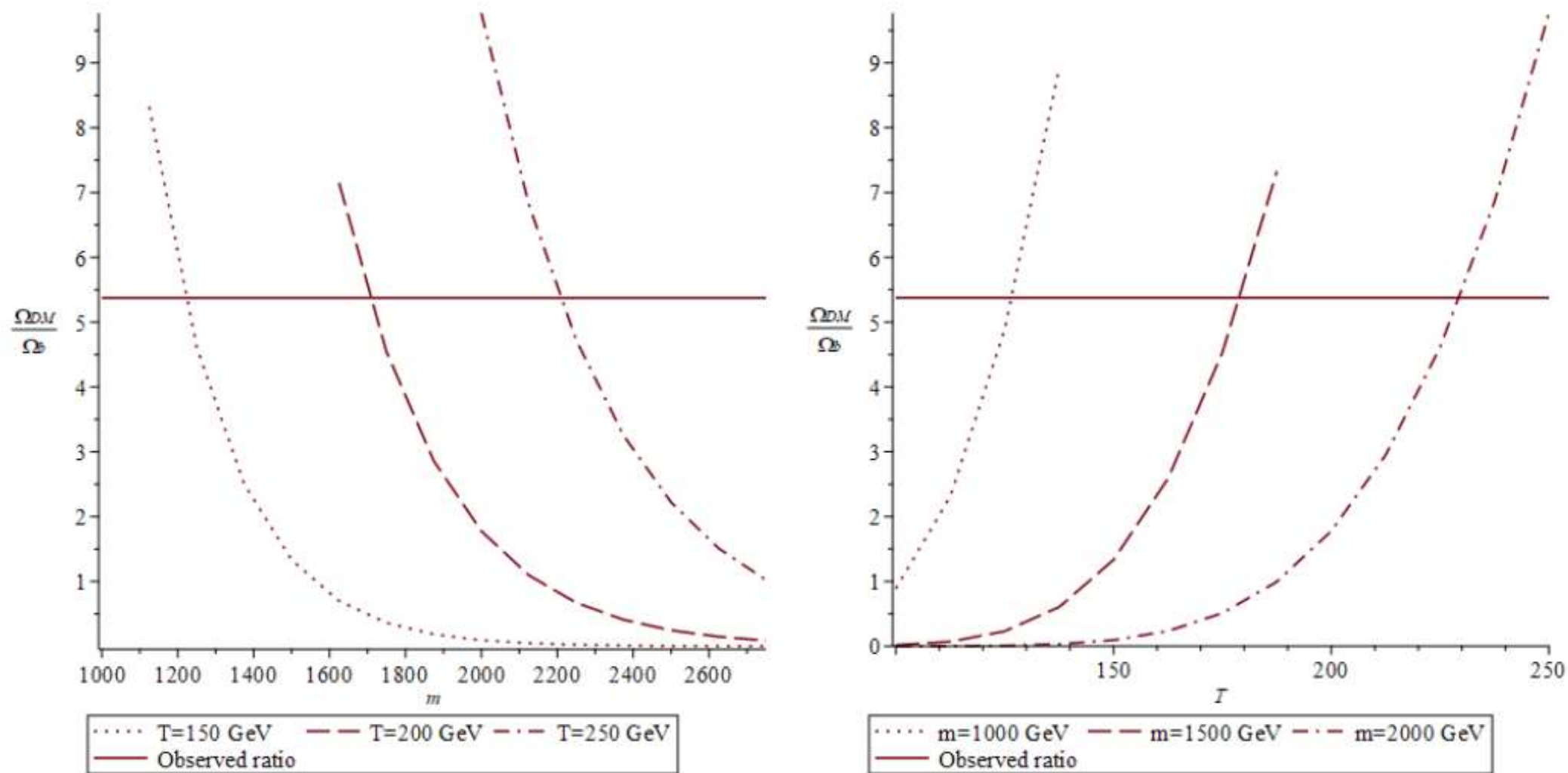


Рисунок 1 — Зависимости отношения плотностей скрытой массы и барионного вещества в случае закалки сфалеронных переходов до ЭСФП.

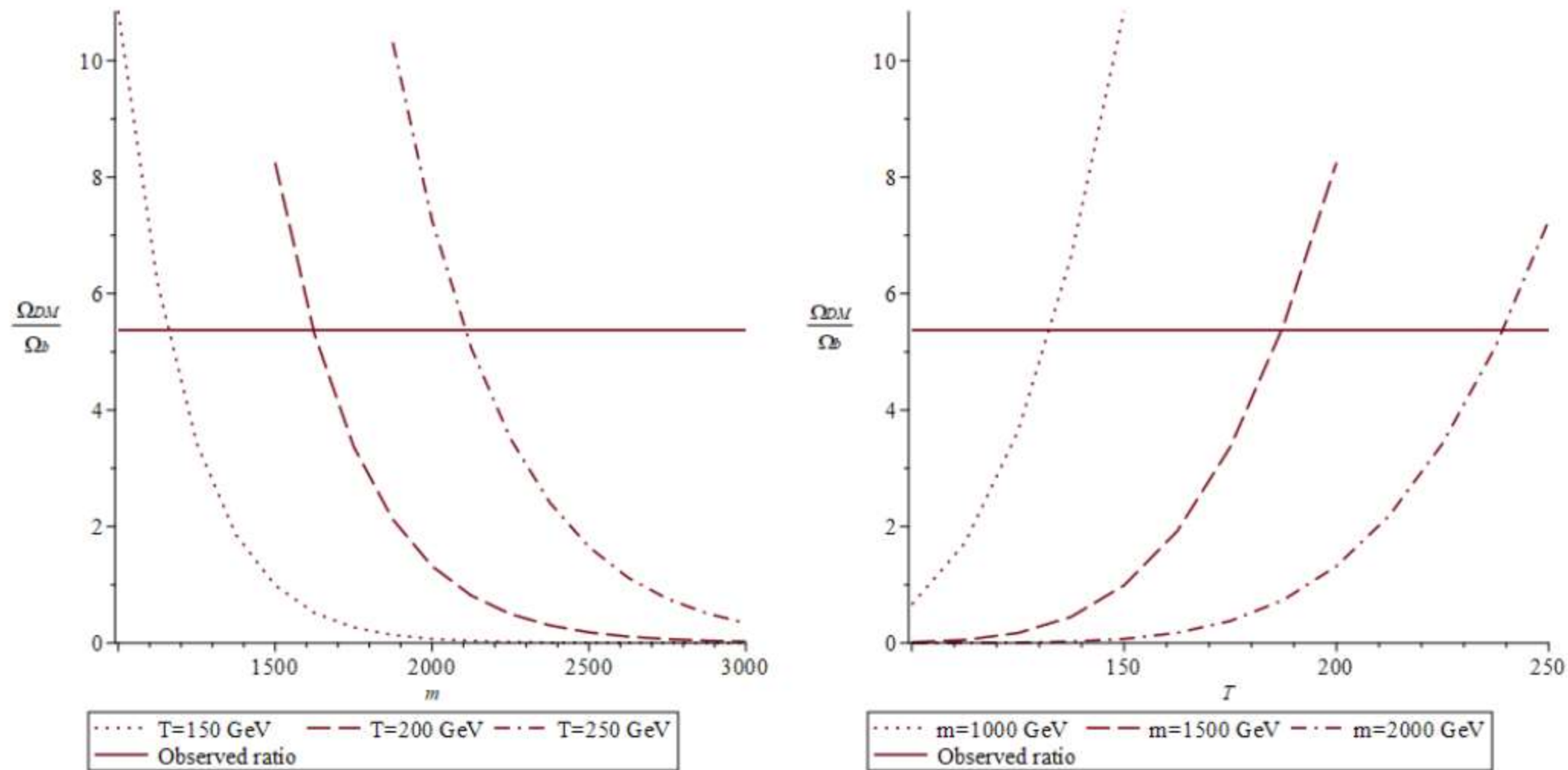


Рисунок 2 — Зависимости отношения плотностей скрытой массы и барионного вещества в случае закалки сфалеронных переходов после ЭСФП.

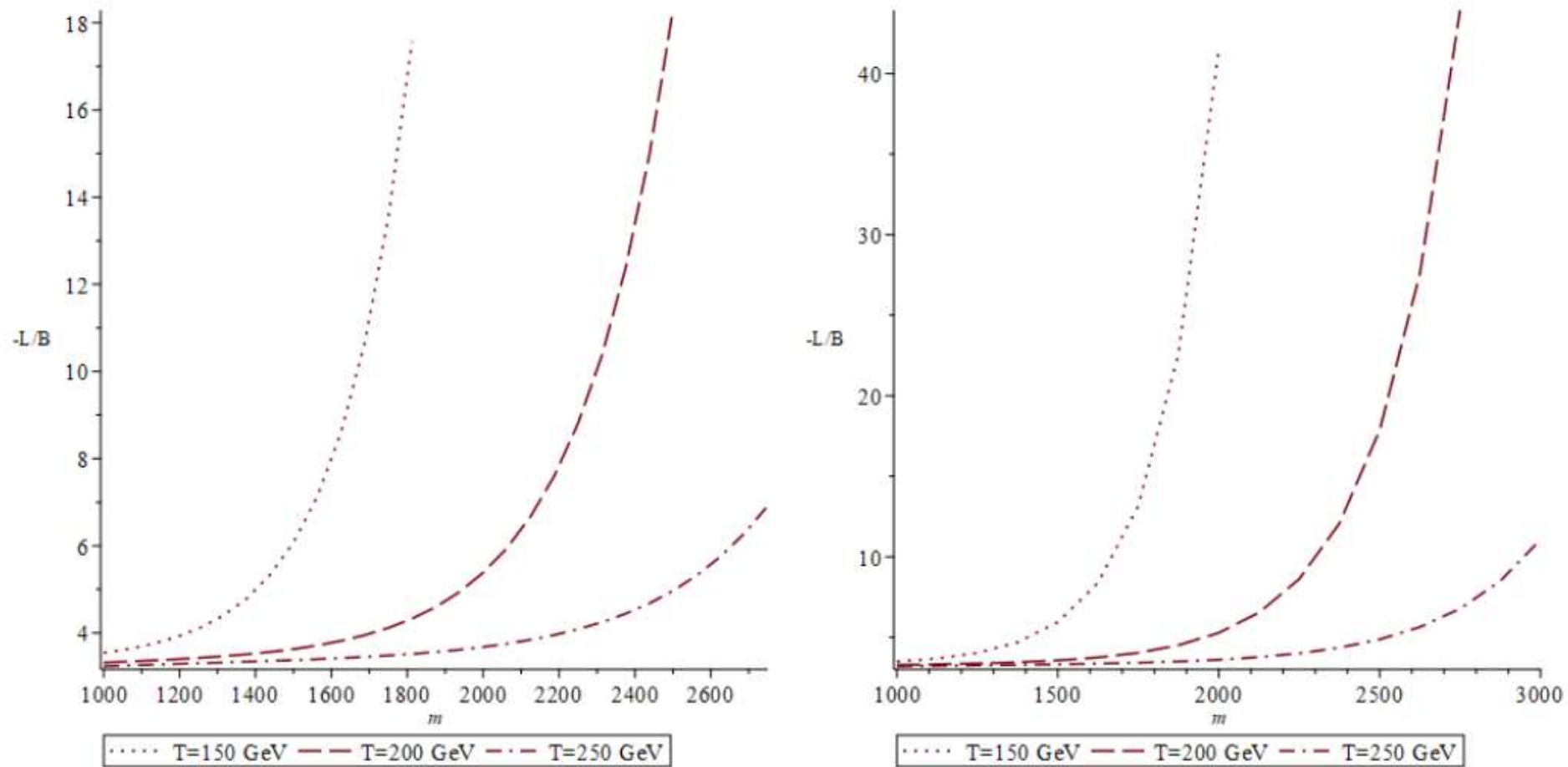


Рисунок 3 — Зависимость абсолютного значения отношения плотностей лептонного и барионного чисел в случае, если скрытая масса полностью обеспечивается АНО-гелием. *Правая панель:* закалка сфалеронных переходов происходит до ЭСФП. *Левая панель:* закалка сфалеронных переходов происходит после ЭСФП.

$$d, e = \sigma \left(\frac{m_{D,E}}{T} \right) - \sigma \left(\frac{m_U}{T_*} \right)$$

$$m_U = 1,5 \text{ ТэВ} \text{ и } T_* = 200 \text{ ГэВ}$$

$$\sigma(z) = \frac{6}{4\pi^2} \int_0^\infty dx x^2 \cosh^{-2} \left(\frac{1}{2} \sqrt{x^2 + z^2} \right)$$

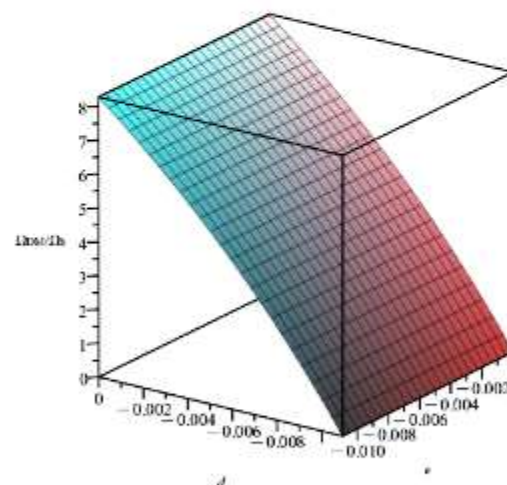
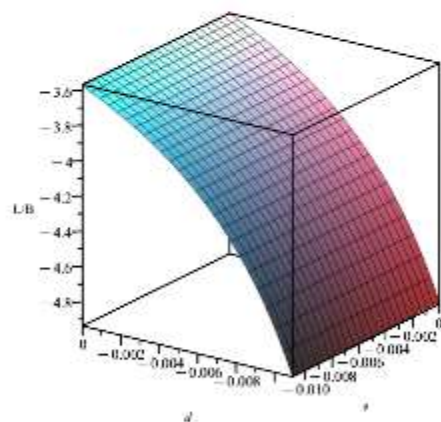
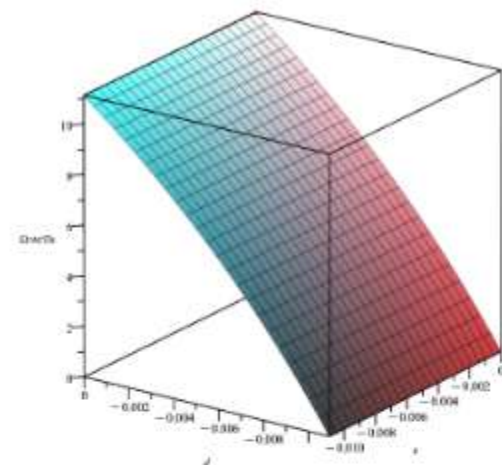
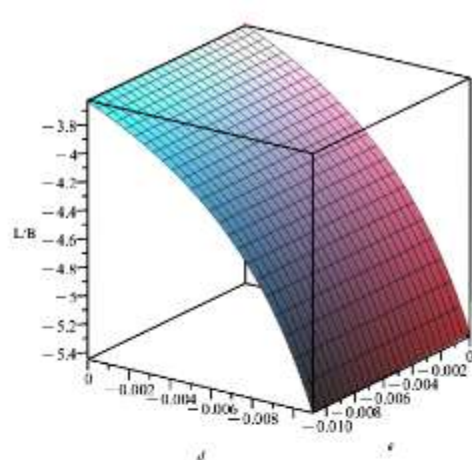


Рисунок 4 — Зависимость отношения плотностей лептонного и барионного чисел (слева) и отношения плотностей скрытой массы и барионного вещества (справа) от разницы масс тяжёлых фермионов. Верхний ряд: закалка сфалеронных переходов происходит до ЭСФП. Нижний ряд: закалка сфалеронных переходов происходит после ЭСФП. Красная точка соответствует значению, полученному в приближении равных масс.

WTC

- *Gudnason S. B., Kouvaris C., Sannino F.* Dark matter from new technicolor theories // Physical Review D. — 2006. — Ноябрь. — Т. 74, № 9.
- *Khlopov M. Y., Kouvaris C.* Composite dark matter from a model with composite Higgs boson // Physical Review D. — 2008. — Сентябрь. — Т. 78, № 6.
- *Khlopov M. Y., Kouvaris C.* Strong interactive massive particles from a strong coupled theory // Physical Review D. — 2008. — Март. — Т. 77, № 6.

$$U_L U_L, \quad D_L D_L, \quad U_L D_L,$$

with electric charges, respectively

$$y + 1, \quad y - 1, \quad y,$$

$$\mathcal{L}_L = \begin{pmatrix} \nu' \\ \zeta \end{pmatrix}_L, \quad (\nu'_R, \zeta_R),$$

with hypercharges:

$$-\frac{3y}{2}, \quad \left(\frac{-3y + 1}{2}, \frac{-3y - 1}{2} \right),$$

where we use the convention:

$$Q = T_3 + Y.$$

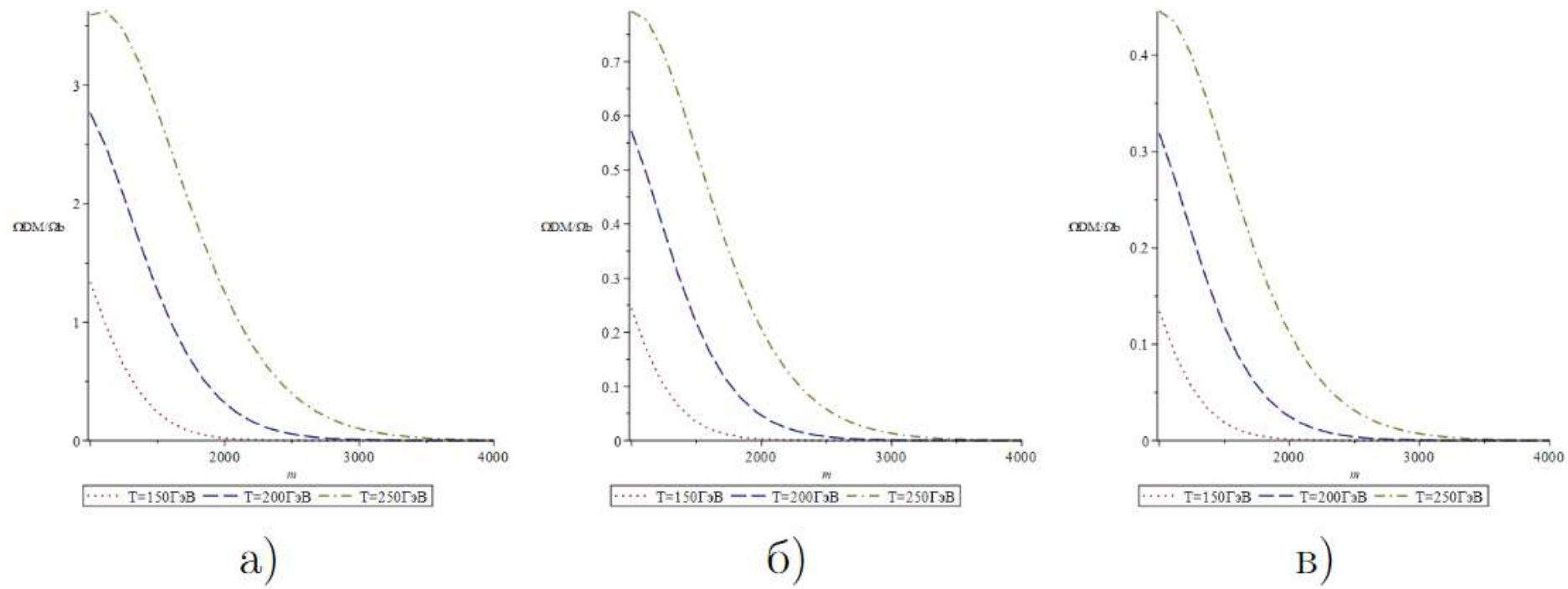


Рисунок 5 — Зависимость отношения плотностей скрытой массы и барионного вещества в рамках WTC модели от массы технифермионов для разных зарядов техникваркового ядра АНО-гелия. а) $Q_{\bar{U}U} = 2$; б) $Q_{\bar{U}U} = 4$; в) $Q_{\bar{U}U} = 6$.

$$\frac{\Omega_{DM}}{\Omega_b} = \frac{a}{b - Q_{\bar{U}U}} \cdot \left(\sigma \left(\frac{m_\zeta}{T_*} \right) - \sigma \left(\frac{m_{\nu'}}{T_*} \right) \right)$$