КОМПАКТНЫЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ И СВОЙСТВА ЛЕПТОНОВ

Студент: Прокопьев К. Э.

Научный руководитель: Рубин С. Г.

МИФИ, каф. 40 ИЯФИТ

Отчетное выступление (осенний семестр)

МИФИ, г. Москва, 2026

ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

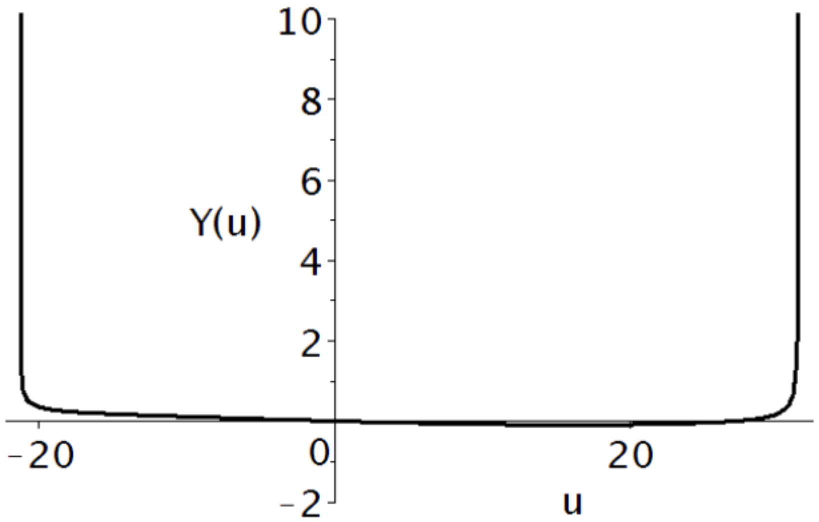
- Темная материя?
- Темная энергия?
- Напряжение Хаббла?
- Частицы сверхвысоких энергий?
- Массы нейтрино?

Должна существовать фундаментальная теория единообразно объясняющая все наблюдаемые явления.

ТЕОРИЯ МИРА НА БРАНЕ

Popov A. A., Rubin S. G. Spontaneous Brane Formation // Symmetry. 2025. T. 17. № 2. C. 252.

- Пространство: D = 4+n = 4+2 = 6
- Гравитация: $F(R) = aR^2 + R + c$
- Метрика: $ds^2 = g_{MN}dX^M dX^N = e^{2\gamma(u)}(dt^2 - e^{2Ht}\delta_{ij}dx^i dx^j) - du^2 - r^2(u)\, d\Omega_{n-1}^2,$
- Материя: $\Phi(x,u) = \varphi(x)Y\,(u)$



НЕЙТРИНО НА БРАНЕ

- Лагранжиан: $\mathcal{L}_{\nu,0} = \bar{\psi}_\nu \, i\Gamma^M \partial_M \psi_\nu$
- Разложение по бранам:

$$\mathcal{L}_{\nu,0} = \bar{\psi}_\nu^{(1)} i\Gamma^M \partial_M \psi_\nu^{(1)} + \bar{\psi}_\nu^{(2)} i\Gamma^M \partial_M \psi_\nu^{(2)} + \bar{\psi}_\nu^{(1)} i\Gamma^M \partial_M \psi_\nu^{(2)} + \bar{\psi}_\nu^{(2)} i\Gamma^M \partial_M \psi_\nu^{(1)}$$

- Полное действие:

$$S_{\nu,0} = \int d^4x \sqrt{|\, g_4 \,|} \, (\alpha^{(1,1)} \bar{\nu}^{(1)} i\Gamma^\mu \partial_\mu \nu^{(1)} + \bar{\nu}^{(1)} \beta^{(1,1)} \nu^{(1)} + \alpha^{(2,2)} \bar{\nu}^{(2)} i\Gamma^\mu \partial_\mu \nu^{(2)} + \bar{\nu}^{(2)} \beta^{(2,2)} \nu^{(2)} + \cdots)$$

где

$$\alpha_\nu^{(i,j)} = \int d^n y \sqrt{|\, g_n \,|} \, (Y_\nu^{(i)})^* Y_\nu^{(j)} = \Omega_{n-1} \int du \; e^{4\gamma(u)} r^{\,n-1}(u) (Y_\nu^{(i)}(u))^* Y_\nu^{(j)}(u)$$

$$\beta_\nu^{(i,j)} = \int d^n y \sqrt{|\, g_n \,|} \, (Y_\nu^{(i)})^* i\Gamma^a \partial_a Y_\nu^{(j)} = \Omega_{n-1} \int du \; r^{\,n-1}(u) (Y_\nu^{(i)}(u))^* i\Gamma^u \partial_u Y_\nu^{(j)}(u)$$

$$\Omega_{n-1} = \frac{2\pi^{n/2}}{\Gamma(n/2)}$$

КАЛИБРОВОЧНЫЕ ПОЛЯ

- Лагранжиан: $\mathcal{L}_{Z,0} = -\frac{1}{4} Z_{MN} Z^{MN} + \frac{1}{2} M_Z^2(u)\, Z_M Z^M$
- Уравнение на дополнительноразмерную часть:

$$\nabla_M Z^{MN} + M_Z^2 Z^N = 0$$

$$Z_N(x,u) = Z_N(x)\, Y_Z(u)$$

$$Z_\nu(x)[Y''(u) + (2\gamma'(u) + \frac{r'(u)}{r(u)})Y'(u) - M_Z^2(u)Y(u)] = 0,$$
$$Z_\theta(x)[Y''(u) + (4\gamma'(u) - \frac{r'(u)}{r(u)})Y'(u) - M_Z^2(u)Y(u)] = 0,$$
$$Z_u(x)\ (M_Z^2(u)Y(u)) = 0.$$

- Калибровка
  - $Z_u = 0, \partial_\mu Z^\mu = 0 \ \Rightarrow \ Y(u) = \text{const.}$
  - $Z_\theta = 0, \partial_\mu Z^\mu = 0 \ \Rightarrow$ Сложная структура, но $Z_u = 0$

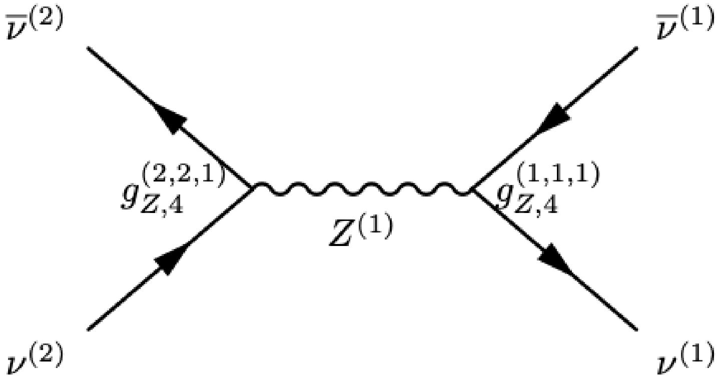
МЕЖБРАННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

- Взаимодействие через Z-бозон:

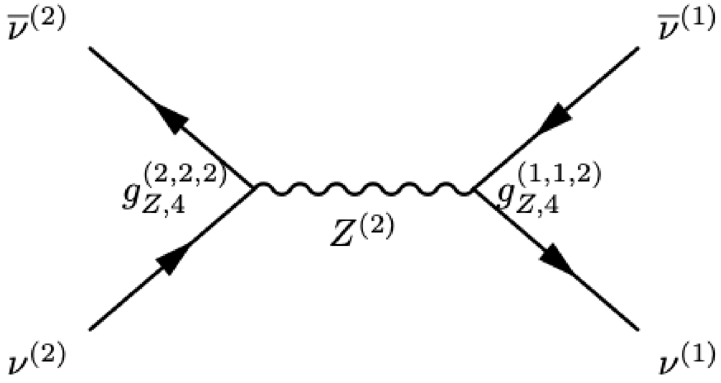
$$\mathcal{L}_{Z\nu}^{(6\mathcal{D})} = g_Z\, \bar{\Psi}_\nu \Gamma^M \tfrac{1}{2}(1-\Gamma_6)\Psi_\nu\, Z_M$$

$$\mathcal{L}_{\text{int}} = \sum\nolimits_{i,j,k} g_{Z,4}^{(i,j,k)}\ \bar{\nu}^{(i)}(x)\Gamma^\mu \tfrac{1}{2}(1-\Gamma_6)\nu^{(j)}(x)\, Z_\mu^{(k)}(x)$$

- Основной вклад:



(a)



(b)

$$\sigma_{\text{tot}} = \frac{1}{26\pi E^2}\left[\left(\frac{g_{Z,4}^{(2,2,1)}\, g_{Z,4}^{(1,1,1)}}{1-M_1^2/E^2} + \frac{g_{Z,4}^{(2,2,2)}\, g_{Z,4}^{(1,1,2)}}{1-M_2^2/E^2}\right)^2\right]\left[\left(1+\frac{4m_2^2}{E^2}\right)\left(1\rightarrow\frac{4m_2^2}{E^2}\right)^{-1/2} + \frac{1}{3}\left(1\rightarrow\frac{4m_2^2}{E^2}\right)^{1/2}\right]$$