



ПОИСК ДИЛАТОНА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ «СВЕТ-СКВОЗЬ-СТЕНУ»

Работу выполнил:
студент IV курса Валентин Мекрюков
Научный руководитель:
с. н. с. ОТФ ИЯИ РАН Сатунин П.С.

Лагранжиан модели

Дилатон – гипотетическое расширение Стандартной модели, скалярное поле, взаимодействующее с электромагнитным полем:

$$\mathcal{L}_{int} = -\frac{1}{4} g \cdot \phi \cdot F^{\mu\nu} F_{\mu\nu}$$

Уравнения движения

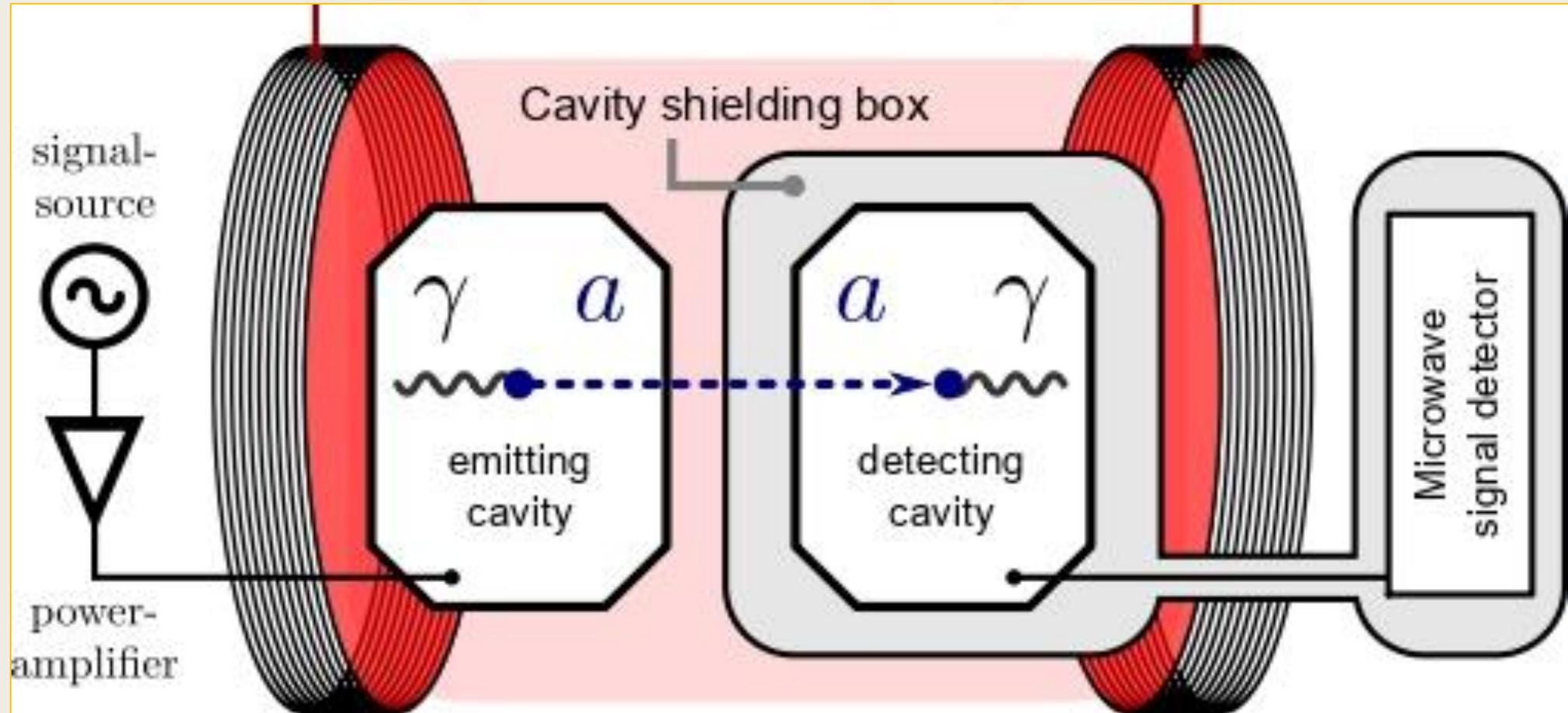
Уравнения движения

$$\begin{aligned}(\partial^2 + m^2) \phi &= \\ &= -\frac{1}{4} g F^{\mu\nu} F_{\mu\nu} \\ \partial_\mu ((1 + g\phi) F^{\mu\nu}) &= 0\end{aligned}$$

Теория возмущений

$$\begin{aligned}\partial_\mu F^{(0)\mu\nu} &= 0 \\ (\partial^2 + m^2) \phi^{(1)} &= -\frac{1}{4} g F^{(0)\mu\nu} F_{\mu\nu}^{(0)} \\ \partial_\mu F^{(2)\mu\nu} &= j_{dil}^\nu \equiv -g F^{(0)\mu\nu} \partial_\mu \phi\end{aligned}$$

Типовая схема эксперимента



Производство

Скалярное поле порождается через возбуждение моды электромагнитного поля в полости производства:

$$\phi(\vec{x}, t) = e^{-i\omega t} \int_{V_p} d^3 x' \left(f(x') \cdot \frac{e^{ik_\phi |x-x'|}}{4\pi |x-x'|} \right)$$

$$f(x') = \frac{1}{2} g \left(\vec{E}^2(x') - \vec{B}^2(x') \right) = -g B_m B_{ext} \mathfrak{B}_{mode}^z(x')$$

$$k_\phi = \sqrt{\omega^2 - m^2}$$

Исследование резонанса

Детектирование скалярного поля производится через резонанс в полости детектирования:

$$G_S = -\frac{Q}{\omega_s V_d} \int_{V_d} d^3x \left(\overrightarrow{\mathcal{E}}_s^* \cdot \overrightarrow{j_{dil}} \right)$$

Геометрический форм-фактор

$$G_s = \frac{ig^2 Q B_m B_{ext}^2 V_p}{d} \cdot \mathfrak{G}_s$$

$$\mathfrak{G}_s = \int_{V_d} \frac{d^3 x}{V_d} \int_{V_p} \frac{d^3 x'}{V_p} \left(d \cdot \mathfrak{B}_s^{z*}(x) \cdot \mathfrak{B}_{TE_{011}}^z(x') \cdot \frac{e^{ik_\phi |x-x'-l|}}{4\pi |x-x'-l|} \right)$$

Ограничение на константу взаимодействия

Радиометрическое уравнение:

$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \sqrt{t \Delta \nu}$$

Пороговое значение константы взаимодействия:

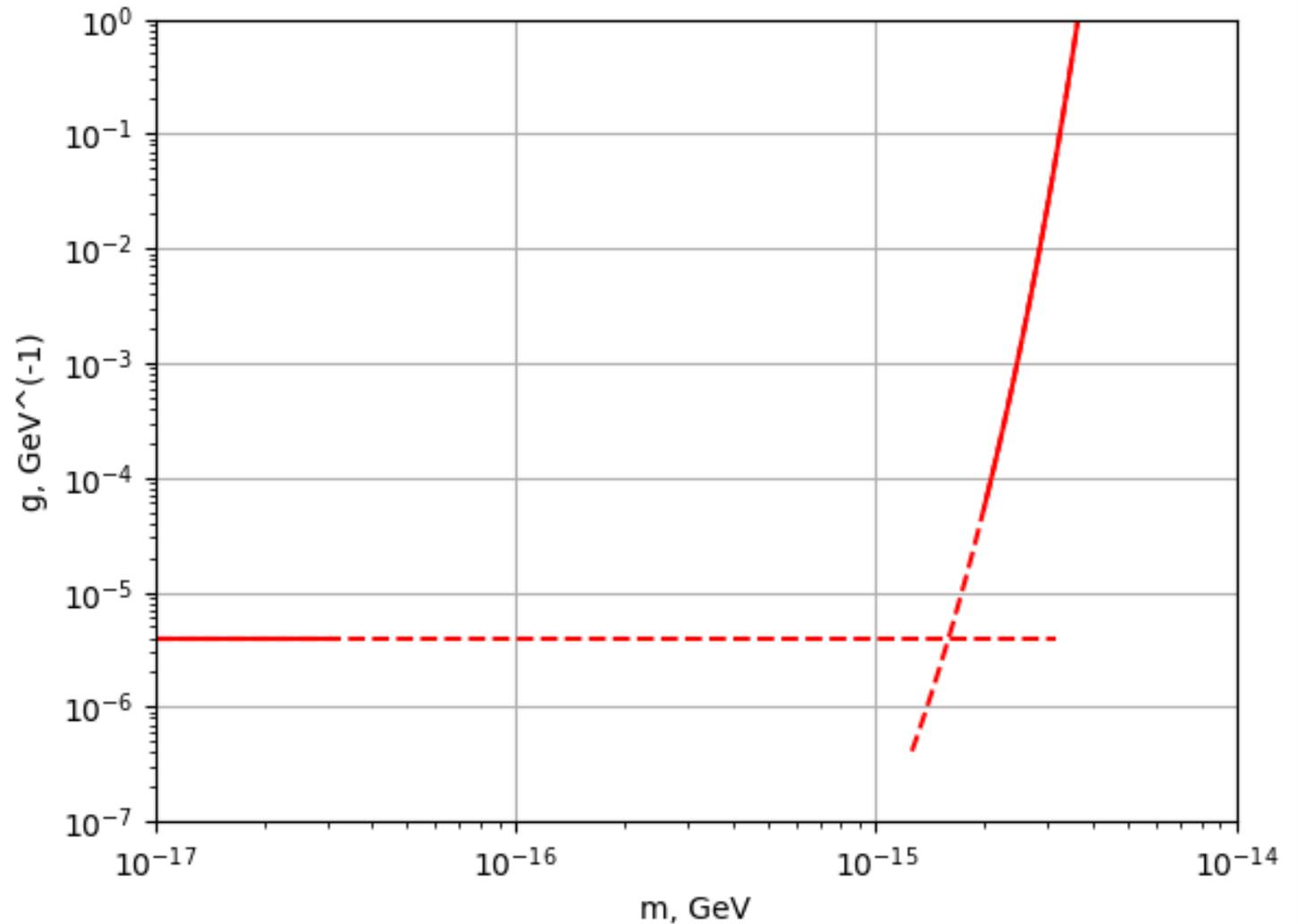
$$g^4 = \frac{2 \cdot SNR \cdot d^2 \cdot T}{B_m^2 \cdot B_{ext}^4 \cdot V_d \cdot V_p^2 \cdot |\mathcal{G}|^2} \sqrt{\frac{1}{2 \pi \cdot Q^3 \cdot \omega t}}$$

Асимптотика форм-фактора

Асимптотическое
поведение при $m \gg \omega$:

$$\mathfrak{G} \sim m^{-5} e^{-ml}$$

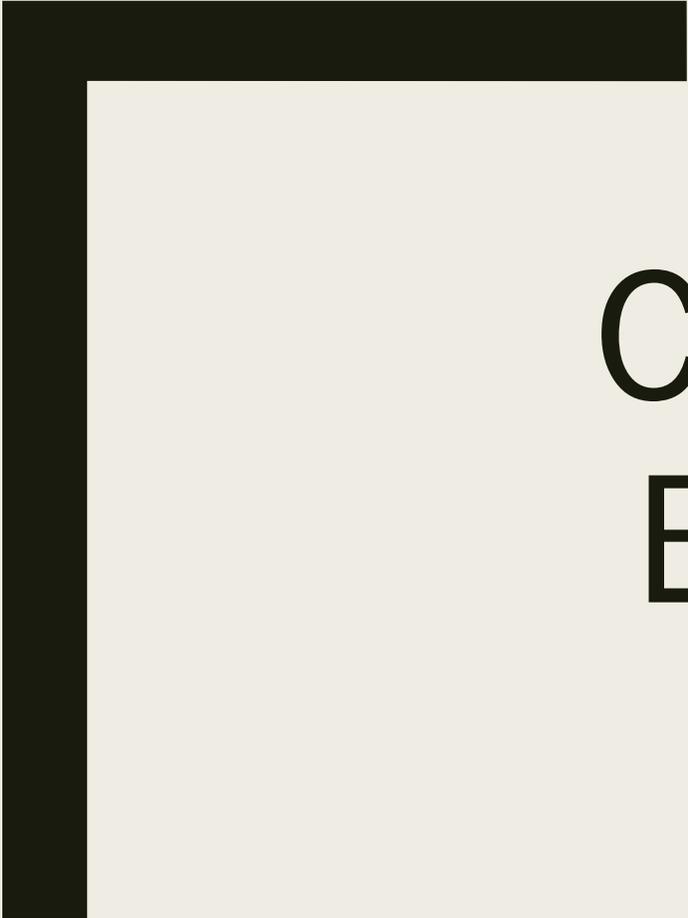
$$g \sim m^{\frac{5}{2}} \cdot e^{\frac{ml}{2}}$$



$$d = 1.0 \text{ m}, l = 1.0 \text{ m}, r = 0.1 \text{ m}, h = 0.1 \text{ m}, \omega = 1.0 \text{ GHz}$$

Результаты

- предложен дизайн эксперимента типа LSW по поиску дилатоноподобных частиц
- аналитически рассчитаны асимптотики порогового значения константы взаимодействия с электромагнитным полем при малых и при больших массах
- более аккуратная оценка пороговых значений является предметом будущего исследования



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Прошу задавать вопросы

