

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ) ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА №40 «ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ»

УДК 539.1.07

**ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

**ВКЛАД АНОМАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ПРОЦЕССЫ
РОЖДЕНИЯ И РАСПАДОВ ТОП-КВАРКОВ**

Студент _____ Е. А. Завидов

Научный руководитель
д.ф-м.н. _____ С. Р. Слабоспицкий

Москва 2023

Содержание

1	Введение	3
2	Процессы с топ-кварками за пределами СМ	5
3	Заключение	6

1 Введение

t -кварк - самая тяжелая из всех открытых на данный момент элементарных частиц. Его масса, измеренная в экспериментах на ЛHC и тэватроне составляет

$$m_t = (173.1 \pm 0.6) \text{ ГэВ.}$$

Помимо большой массы, к особенностям t -кварка стоит добавить его ширину распада и время жизни. В рамках СМ основным каналом распада t -кварка служит переход t -кварка в пару b -кварк, W -бозон, с последующим распадом W -бозона по всем возможным кварковым и лептонным модам распада. Ширину такого распада в борновском приближении можно посчитать в соответствии с приведенной диаграммой Фейнмана (Рис. 1).

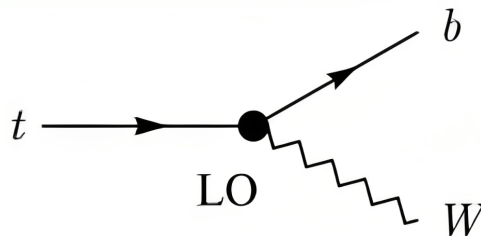


Рис. 1: Диаграмма, описывающая распад t -кварка в лидирующем порядке теории возмущений

$$\Gamma(t \rightarrow bW) = \frac{G_F m_t^3}{8\sqrt{2}\pi} |V_{tb}|^2 (1 - y)^2 (1 + 2y) \quad (1)$$

Здесь G_F -постоянная Ферми, m_t -масса топ-кварка, V_{tb} - элемент матрицы СКМ, равный 0.999, $y = \frac{M_W^2}{m_t^2}$

Полученная полная ширина распада равна $\Gamma_{\text{tot}}^t \approx 1.48$ ГэВ. Данный

результат показывает, что ширина распада более чем в 100 раз меньше, чем масса топ-кварка, поэтому точное измерение полной ширины распада на текущих адронных коллайдерах невозможно. Более того, для времени жизни топ-кварка получаем $\tau_t = 1/\Gamma_{\text{tot}}^t \approx 4 \cdot 10^{-25}$ с. Такая маленькая величина означает, что процессы рождения и распада топ-кварка происходят практически в одной и той же точке пространства.

Также полезно сравнить время жизни топ-кварка с характерным временем его адронизации. При адронизации цветные кварки переходят в связанные бесцветные состояния - адроны. Однако в случае с топ-кварком это не так. Типичное время образования адронов оценивается как $\tau_{\text{hadron}} \approx 1/\Lambda$, где Λ - параметр квантовой хромодинамики, имеющий размерность импульса и равный ≈ 200 МэВ. Таким образом, время адронизации составляет $\approx 3 \cdot 10^{-24}$ с, что на порядок больше времени жизни топ-кварка и тем самым объясняет невозможность существования адронов, состоящих из него. Более детальное рассмотрение остальных свойств топ-кварка приведено в [1]

Вышеперечисленные свойства делают физику топ-кварка наиболее подходящим кандидатом на поиск Новой Физики за рамками СМ. Одним из ярких проявлений НФ являлось бы наблюдение аномальных взаимодействий t -кварков с нейтральными токами с нарушением аромата. Целью данной работы является ознакомление с уже полученными результатами в данной области.

2 Процессы с топ-кварками за пределами СМ

Для описания аномальных взаимодействий t -кварков используется подход, основанный на формализме эффективной теории поля. В таком подходе аномальные взаимодействия кварков описываются с помощью феноменологического лагранжиана, который представляется в виде суммы ряда по некоторому параметру Новой Физики, чаще всего масштабному параметру НФ:

$$\mathcal{L}_{\text{EFT}} = \mathcal{L}_{SM}^{(4)} + C^{(1)} \frac{O^{(5)}}{\Lambda} + C^{(2)} \frac{O^{(6)}}{\Lambda^2} + \dots \quad (2)$$

Λ - параметр Новой физики, $C^{(i)}$ - безразмерные комплексные аномальные константы, $O^{(i)}$ - операторы размерности i по энергии.

В подходе эффективной теории поля вклад новых взаимодействий определяется видом операторов и ограничениями на аномальные константы.

Операторы взаимодействия размерности 6 были получены в работах [2, 3, 4]. Также были получены ограничения на вероятности процессов взаимодействия с нейтральными токами с нарушением аромата [5]

$$\mathcal{B}(t \rightarrow u\gamma) < 1.3 \times 10^{-4}$$

$$\mathcal{B}(t \rightarrow c\gamma) < 1.7 \times 10^{-3}$$

3 Заключение

Дальнейшая работа состоит в более подробном изучении уже проделанных работ и построении эффективного лагранжиана взаимодействия топ-кварка с НТНА более высоких порядков, получении ограничений на вероятности этих процессов и аномальных констант этих взаимодействий.

Список литературы

- [1] Э. Боос et al. Топ-кварк. Итоги и перспективы. *Физика элементарных частиц и атомного ядра*, 50:231, 2019.
- [2] B. Grzadkowski, M. Iskrzyński, M. Misiak, and J. Rosiek. Dimension-six terms in the standard model lagrangian. *Journal of High Energy Physics*, 2010, 2010.
- [3] J.A. Aguilar-Saavedra. A minimal set of top anomalous couplings. *Nuclear Physics B*, 812:181, 2009.
- [4] K. Whisnant, Jin Min Yang, Bing-Lin Young, and X. Zhang. Dimension-six CP-conserving operators of the third-family quarks and their effects on collider observables. *Phys. Rev. D*, 56:467, 1997.
- [5] V Khachatryan et al. Search for anomalous single top quark production in association with a photon in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV. *Journal of High Energy Physics*, 2016, 2016.