

«Слабые распады тяжелых адронов в свете поиска новой физики»

Коллектив соавторов:

Г. Ганболд¹, М.А. Иванов¹, А. Исадыков¹, В.Е. Любовицкий², Чан Тьен Тханг³,
Ж. Тюлемисов¹

¹ Лаборатория теоретической физики ОИЯИ

² Институт теоретической физики, Университет г. Тюбинген, Германия

³ Университет технологий и образования, г. Хошимин, Вьетнам

Настоящий [цикл работ](#) посвящен анализу полулептонных и нелептонных распадов, как тяжелых мезонов, так и барионов. Данный анализ весьма актуален в свете появляющихся экспериментальных данных на коллайдере LHC, супер В-фабрике Belle II и BESIII-эксперименте по физике элементарных частиц на Пекинском электронно-позитронном коллайдере. Теоретически, большой интерес к изучению слабых распадов тяжелых адронов, содержащих b- или с-кварки, возник благодаря ряду экспериментальных данных, указывающих на возможное появление новой физики за пределами стандартной модели. Интенсивно развиваются различные теоретические модели, в которых вводятся либо новые частицы, либо новые взаимодействия. Наиболее перспективной выглядит эффективная теория стандартной модели, основанная на построении эффективного лагранжиана, сохраняющего симметрии стандартной модели. На энергиях значительно меньших электрослабой шкалы (246 ГэВ), используется так называемая эффективная низкоэнергетическая теория, основными элементами которой служат 4-фермионные операторы массовой размерности 6. В данном цикле работ развит подход, получивший название ковариантная модель кварков, который позволяет с единых позиций вычислять матричные элементы таких операторов. В данном цикле работ представлен широкий спектр результатов по слабым распадам тяжелых адронов, включая эффекты новой физики. Наиболее значимые результаты кратко просуммированы ниже.

- Впервые разработана техника вычислений трехпетлевых диаграмм в ковариантной кварковой модели с учетом конфайнмента и вычислены вклады W -обменных диаграмм для двухчастичных нелептонных распадов дважды очарованных барионов Ξ_{cc}^{++} и Ω_{cc}^+ . Показано, что данные вклады не подавляются по сравнению с факторизуемыми вкладками.
- Систематически изучены двухчастичные нелептонные распады как легкого Λ -гиперона $\Lambda \rightarrow p\pi^- (n\pi^0)$, так и очарованного Ξ_c^0 -бариона $\Xi_c^0 \rightarrow \Lambda^+\pi^-$, идущего без изменения чарма $\Delta C = 0$. Последовательно учтены как чисто кварковые диаграммы (вклад малых расстояний), так и полюсные диаграммы с промежуточными резонансами (вклад больших расстояний). Установлено, что вклады кварковых диаграмм существенно подавлены по сравнению с вкладками полюсных диаграмм.
- Вычислены ширины полулептонных и двухчастичных нелептонных распадов дважды очарованных барионов Ξ_{cc}^{++} , Ξ_{cc}^+ и Ω_{cc}^+ .
- В полулептонных распадах тяжелых мезонов и барионов зависимость от лептонной

массы факторизуется перед квадратичным коэффициентом $\cos^2(\theta)$, где θ есть угол разлета в дифференциальном распределении. Мы называем соответствующее нормированный коэффициент параметр выпуклости. Это наблюдение открывает путь к проверке универсальности лептонов в полулептонных распадах тяжелых мезонов и барионов, который не зависит от эффектов форм-факторов. Предложены для измерения и вычислены теоретически так называемые оптимизированные парциальные ширины, которые в стандартной модели одинаковы для всех трех (e, μ, τ) мод распадов. Конкретно, рассмотрены полулептонные распады как тяжелых мезонов $B^0 \rightarrow D^{*+} l^- \bar{\nu}_l$ и $B_c^- \rightarrow J/\psi(\eta_c) l^- \bar{\nu}_l$, так и тяжелых барионов $\Lambda_b \rightarrow \Lambda_c e^- \bar{\nu}_l$.

- Изучены полулептонные распады B_c -мезона в конечные состояния чармония как в рамках стандартной модели, так и за ее пределами с помощью введения полного набора четырехфермионных операторов, описывающий $b \rightarrow c \tau \nu_\tau$ переход. Получены экспериментальные ограничения на соответствующие коэффициенты Вильсона.

Публикации цикла работ:

1. M. A. Ivanov, V. E. Lyubovitskij, Z. Tyulemissov. “Study of the nonleptonic decay $\Xi_c^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^-$ in the covariant confined quark model,” Phys. Rev. D 108, no.7, 073002 (2023).
2. M. A. Ivanov, Z. Tyulemissov, A. Tyulemissova. “Weak nonleptonic decays of vector B-mesons,” Phys. Rev. D 107, no.1, 013009 (2023).
3. A. Issadykov, M. A. Ivanov. “ $B_s^0 \rightarrow K^{(*)} \nu \bar{\nu}$ in covariant confined quark model,” Mod. Phys. Lett. A 38, no.01, 2350006 (2023).
4. G. Ganbold. “Strong decays of the charmonium-like state Y (4230) and radiative transitions of low-lying charmoniums,” Teor. Mat. Fiz. 216, no.3, 490-503 (2023).
5. N. R. Soni, A. Issadykov, A. N. Gadaria, Z. Tyulemissov, J. J. Patel, J. N. Pandya. “Form factors and branching fraction calculations for $B_s \rightarrow D_s^{(*)} l \nu_l$ in view of LHCb observation,” Eur. Phys. J. Plus 138, no.2, 163 (2023).
6. A. Issadykov. “ $B_s^0 \rightarrow K^{*-}(892) l^+ \Gamma^-$ Decay in Covariant Confined Quark Model,” Phys. Part. Nucl. Lett. 19, no.5, 460-462 (2022).
7. G. Ganbold, T. Gutsche, M. A. Ivanov, V. E. Lyubovitskij. “Radiative transitions of charmonium states in the covariant confined quark model,” Phys. Rev. D 104, no.9, 094048 (2021).
8. M. A. Ivanov, J. G. Körner, V. E. Lyubovitskij, Z. Tyulemissov. “Analysis of the nonleptonic two-body decays of the Λ hyperon,” Phys. Rev. D 104, no.7, 074004 (2021).
9. S. Groote, M. A. Ivanov, J. G. Körner, V. E. Lyubovitskij, P. Santorelli, C. T. Tran. “Form-factor-independent test of lepton universality in semileptonic heavy meson and baryon decays,” Phys. Rev. D 103, no.9, 093001 (2021).
10. T. Gutsche, M. A. Ivanov, J. G. Körner, V. E. Lyubovitskij, Z. Tyulemissov. “Analysis of the semileptonic and nonleptonic two-body decays of the double heavy charm baryon states Ξ_{cc}^{++} ; Ξ_{cc}^+ and Ω_{cc}^+ ,” Phys. Rev. D 100, no.11, 114037 (2019).

11. M. A. Ivanov, J. G. Körner, J. N. Pandya, P. Santorelli, N. R. Soni, C. T. Tran. “Exclusive semileptonic decays of D and D_s mesons in the covariant confining quark model,” *Front. Phys. (Beijing)* 14, no.6, 64401 (2019).
12. T. Gutsche, M. A. Ivanov, J. G. Körner, V. E. Lyubovitskij, Z. Tyulemissov. “Ab initio three-loop calculation of the W-exchange contribution to nonleptonic decays of double charm baryons,” *Phys. Rev. D* 99, no.5, 056013 (2019).
13. T. Gutsche, M. A. Ivanov, J. G. Körner, V. E. Lyubovitskij, P. Santorelli, C. T. Tran. “Analyzing lepton flavor universality in the decays $\Lambda_b \rightarrow \Lambda_c^{(*)}(1/2^\pm, 3/2^-) + l\nu_l$,” *Phys. Rev. D* 98, no.5, 053003 (2018).
14. T. Gutsche, M. A. Ivanov, J. G. Körner, V. E. Lyubovitskij. “Nonleptonic two-body decays of single heavy baryons Λ_Q , Ξ_Q , and Ω_Q ($Q = b, c$) induced by W emission in the covariant confined quark model,” *Phys. Rev. D* 98, no.7, 074011 (2018).
15. A. Issadykov and M. A. Ivanov, “The decays $B_c \rightarrow J/\psi + l\nu_l$ and $B_c \rightarrow J/\psi + \pi(K)$ in covariant confined quark model,” *Phys. Lett. B* 783, 178-182 (2018).
16. C. T. Tran, M. A. Ivanov, J. G. Körner, P. Santorelli, “Implications of new physics in the decays $B_c \rightarrow (J/\psi; \eta_c)\tau\nu$,” *Phys. Rev. D* 97, no.5, 054014 (2018).