

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

им. Л.Д. ЛАНДАУ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
142432, Московская обл., г. Черноголовка,
просп. Академика Семенова, д. 1-А
тел.: +7 (495) 702-93-17
e-mail: office@itp.ac.ru

"УТВЕРЖДАЮ"

Директор ФБГУ науки
Института теоретической физики
им. Л.Д. Ландау РАН Российской
академии наук, д.ф.-м.н.

И.В. Колоколов



О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу

Руденко Александра Сергеевича

**«Формфакторы $f_1(1285)$ мезона и асимметрия в e^+e^- аннигиляции и
распадах частиц»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.04.02 – “теоретическая физика”.

Открытие тяжелых кварков и торжество стандартной модели кардинально преобразили спектроскопию в физике частиц. Изобилие новых состояний в секторе тяжелых кварков, наблюдаемых в опытах на В-фабриках на e^+e^- коллайдерах (с заметной ролью физиков из ИЯФ им. Будкера), и в адронных взаимодействиях на Большом Адронном Коллайдере (LHCb), в существенной степени затмило тяжелый прогресс в секторе легких кварков. В секторе тяжелых частиц теоретику помогает квазистатичность тяжелых кварков и, частично, апелляция к пертурбативной квантовой хромодинамике. В секторе легких кварков теоретик-спектроскопист работает в чисто непертурбативной области. Если говорить о нонете псевдовекторных мезонов, то несмотря на более чем четвертьвековую историю вопроса, остается все еще открытым вопрос о самой структуре $f_1(1285)$: от молекулярного состояния K^*K до тетракварка и обычного кварк-антикваркового мезона - на последнее указывают результаты с LHCb по распадам $B \rightarrow J/\Psi f_1(1285)$. В-общем, это тот случай, когда вывод новых нетривиальных предсказаний требует немало искусства.

Именно такое искусство проявлено Александром Сергеевичем Руденко в его публикациях, которые легли в основу обсуждаемой диссертации на

соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Работы А.С. Руденко не просто актуальны, но более чем востребованы как ведущимися сегодня в ИЯФ им. Будкера экспериментами по рождению $f_1(1285)$, так и подготовкой программы экспериментов на планируемой тау-чарм фабрике.

Структура диссертационной работы А.С. Руденко полностью соответствует рекомендациям ВАК. Диссертация состоит из Введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 79 страниц. Во Введении, несмотря на его краткость, достаточно обстоятельно представлены и статус тематики, и цели работы, и выносимые на защиту положения. Забегая вперед, отметим, что сведения об апробации диссертации опущены. Но, в свете нынешней озабоченности наукометрическими показателями, и о научной новизне, и значимости научных результатов автора красноречиво говорит то, что все составившие диссертацию работы были опубликованы в международных журналах 1-го квартиля.

Этот отзыв начинался со слов о торжестве Стандартной Модели, но, по трезвому размышлению, уместно и андерсеновское «король-то гол». На первый взгляд, в B -распадах на редкость успешна параметризация CP -нарушения в Стандартной Модели фазой Кобаяши-Маскавы. Но, наряду с этим, Стандартная Модель предсказывает барионную асимметрию Вселенной на девять порядков меньше наблюдаемой на опыте. В Стандартной Модели нет естественного объяснения темной материи. Нерешенной загадкой остается иерархия масс кварков. Поэтому поиск новой физики вне Стандартной Модели, особенно новых CP - и T -нечетных эффектов привлекает столь большое внимание.

Диссертационная работа А.С. Руденко начинается с обсуждения в 1-й главе T -нечетной (и одновременно CP -нарушающей) трехимпульсной корреляции в радиационном полулептонном распаде нейтральных K -мезонов как возможного сигнала CP -нарушения вне Стандартной Модели. Указан способ выделения вклада T -нарушающего взаимодействия на фоне взаимодействия в конечном состоянии. Очень интересно утверждение о доминантности электромагнитного вклада во взаимодействие в конечном состоянии. А.С. Руденко проведен полный расчет неэрмитовых электромагнитных вкладов в амплитуду распада. Показано, что в распадах с мюоном в конечном состоянии асимметрия втрое меньше, чем в распаде с электроном. Распад с электроном выгоден и относительной малостью вклада структурного излучения. Это важно при постановке экспериментов.

Центральное место в диссертации занимают вторая, третья и четвертая главы, в которых дано детальное обсуждение разных аспектов прямого формирования $f_1(1285)$ мезона в e^+e^- столкновениях. Базисный механизм – это двухфотонная аннигиляция, но уникальность задачи в том, что по теореме Ландау-Янга абсорбционная часть амплитуды за счет собственно двухфотонного промежуточного состояния равна нулю. Задача сводится к анализу аналитической структуры вершины перехода $f_1(1285)$ в два виртуальных фотона. Естественно привлечь векторную доминантность, но и сверх этого в амплитуде $f_1(1285) \rightarrow \rho \gamma$ неизбежна дополнительная комплексность. Из анализа данных по спиновой матрице плотности ρ -мезона найдены два решения для этой фазы, но на уровне этих данных она остается пока свободным параметром, Кроме этого канала, на опыте изучен также канал распада на четыре заряженных пиона, который можно связать с вершиной перехода $f_1(1285) \rightarrow \rho \rho$. Найденные по совокупности имеющихся экспериментальных данных по этим каналам вершинные функции использованы для предсказания ширины распада $f_1(1285) \rightarrow e^+e^-$ и сечения его рождения в e^+e^- столкновениях в полном согласии с полученными в ИЯФ им. Будкера экспериментальными результатами.

Естественным продолжением главы II диссертации является глава IV. Разумеется, доминантность ρ -полюса не может распространяться на область больших виртуальностей фотонов. В частности, такой вывод был сделан коллаборацией L3 из детального анализа их данных по рождению $f_1(1285)$ в фотон-фотонных столкновениях. Диссертантом предложено изящное минималистическое обобщение ρ -доминантности, воспроизводящее экспериментальные данные, полученные коллаборацией L3. Из сравнения полученных в ИЯФ им. Будкера экспериментальных данных с пересчетом ширины распада $f_1(1285) \rightarrow e^+e^-$ с новой вершинной функцией сделан вывод о предпочтительности фазы $\delta \sim \pi$.

Глава III диссертации посвящена анализу C-нечетной асимметрии в канале $f_1(1285) \rightarrow \eta \pi^+ \pi^-$. Это же конечное состояние в e^+e^- аннигиляции возможно и за счет формирования $\rho(1450)$ в канале однофотонной аннигиляции. В диссертации А.С. Руденко указано, как C-нечетная асимметрия в угловом распределении за счет интерференции C-четной и C-нечетной амплитуд может быть использована для повышения чувствительности к амплитуде формирования $f_1(1285)$. Предсказываемая асимметрия велика и может достигать 10%. Метод ждет своей реализации на эксперименте.

Прецизионные проверки Стандартной Модели, такие как измерение угла Вайнберга на e^+e^- тау-чарм фабриках следующего поколения, требуют прецизионной поляриметрии электронного пучка. В проектах таких фабрик предполагается использовать продольно-поляризованные электроны. В главе V диссертации разобрана возможность поляриметрии электронов по угловым распределениям протонов в рождении пары Λ и анти- Λ на пике J/Ψ мезона. Было бы крайне интересно понять, какова предельная точность этого метода, но детальное моделирование выходит, конечно, далеко за рамки обсуждаемой диссертации.

Есть несколько замечаний. Введение, хотя и достаточно обстоятельное, написано все же на уровне узких специалистов. Один параграф о свойствах $f_1(1285)$ был бы более чем уместен для лучшего понимания темы менее подготовленными читателями. Диссертация выиграла бы от обсуждения, какой свет будущие более точные экспериментальные данные по обсужденным процессам могли бы пролить на понимание структуры $f_1(1285)$ -мезона. На странице 66 и далее нет должных пояснений о роли несохранения четности в нелептонном распаде Λ -гиперона в разрабатываемом автором методе измерения поляризации электронов.

Эти замечания ни в коей мере не умаляют высокую научную значимость результатов Александра Сергеевича Руденко. Их актуальность и практическая востребованность уже были подчеркнуты выше. Достоверность сделанных диссертантом выводов не вызывает никаких сомнений. О соответствии мировому уровню говорит, как уже было отмечено выше, факт публикации всех четырех составивших диссертацию статей в международных журналах 1-го квартиля. Результаты этих публикаций достаточно полно отражены как в самой диссертации, так и в автореферате диссертации, адекватно отражающем содержание самой диссертации. Полученные результаты используются, и будут востребованы в будущем как в интерпретации результатов с тау-чарм фабрик и Большого Адронного Коллайдера, так и в работах других теоретических групп, работающих в области спектроскопии адронов.

Перейдем к заключению. Диссертационная работа Александра Сергеевича Руденко «Формфакторы $f_1(1285)$ мезона и асимметрия в e^+e^- аннигиляции и распадах частиц», представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, которая полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата

физико-математических наук по специальности 01.04.02 – “теоретическая физика”.

Отзыв был заслушан и утвержден на заседании Ученого совета Федерального Государственного Бюджетного Учреждения Науки Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН 4 сентября 2020 г., протокол № 23.

Отзыв составил Главный научный сотрудник ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, доктор физ.-мат. наук, зав. сектором физики высоких энергий



Н. Н. Николаев

E-mail: nikolaev@itp.ac.ru

Тел.: +7-495-7029317

Подпись Н.Н. Николаева удостоверяю.

Ученый секретарь
ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН,
кандидат хим. наук



С.А. Крашаков