

## ОТЗЫВ

### официального оппонента на диссертацию

Руденко Александра Сергеевича  
на тему «Формфакторы  $f_1(1285)$  мезона и асимметрии  
в  $e^+e^-$ -аннигиляции и распадах частиц»  
по специальности 01.04.02 - теоретическая физика  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

### Актуальность темы

Диссертация посвящена теоретическому изучению процессов рождения и распада  $f_1(1285)$  мезона, предсказанию ожидаемой в стандартной модели Т-нечетной асимметрии в распадах нейтральных каонов и расчету угловых распределений в реакции  $e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow \Lambda\text{-анти-}\Lambda$  для случая поляризованного электронного пучка. Феноменологическое изучение  $f_1(1285)$  важно для понимания структуры этого мезона. Оценка ожидаемой Т-нечетной асимметрии требуется для экспериментального поиска новой физики в рассмотренных распадах. Наконец, расчет угловых распределений необходим для точного измерения одного из параметров Стандартной модели – угла Вайнберга. Актуальность этих тем не вызывает сомнений.

### Обоснованность научных выводов, достоверность результатов

В работе используются современные методы теоретического расчета. Везде, где возможно, выполнено сравнение с предыдущими результатами. Автор подробно обсуждает неопределенности в предсказаниях. Все это позволяет сделать заключение об обоснованности научных выводов и достоверности представленных в работе результатов.

### Новизна полученных результатов

В работе впервые получены следующие результаты:

1. Вычислена Т-нечетная асимметрия в распадах нейтральных каонов.
2. Предложен вид формфакторов  $f_1(1285)$  мезона, позволяющий описать все имеющиеся экспериментальные данные.
3. Предсказана электронная ширина  $f_1(1285)$ .
4. Вычислена зарядовая асимметрия для реакции  $e^+e^- \rightarrow \eta \pi^+\pi^-$ , возникающая из-за интерференции амплитуд рождения промежуточных  $\rho$  и  $f_1(1285)$  мезонов.
5. Вычислены угловые распределения в реакции  $e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow \Lambda\text{-анти-}\Lambda$  для случая поляризованного пучка.

Новизна результатов не вызывает сомнений.

### Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Теоретические исследования свойств  $f_1(1285)$  мезона важны для экспериментов по поиску этой частицы в  $e^+e^-$ -аннигиляции, которые проводятся в настоящее время на ускорительном комплексе ВЭПП-2000 в Институте ядерной

физики СО РАН. В работе найдено, что ожидаемая в Стандартной модели Т-нечетная асимметрия в распадах  $K_L \rightarrow \pi \mu \nu_\mu \gamma$  и  $K_L \rightarrow \pi e \nu_e \gamma$  мала, поэтому эти распады можно использовать для поиска новой физики. Наконец, предсказание угловых распределений в реакции  $e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow \Lambda\text{-анти-}\Lambda$  является необходимой составляющей нового метода точного измерения угла Вайнберга, предложенного для будущего эксперимента на Супер с- $\tau$  фабрике. Таким образом, представленные результаты имеют высокую теоретическую и практическую значимость.

### **Оценка содержания диссертации, её завершенность**

Достигнутая теоретическая точность достаточна для сравнения с экспериментальными измерениями. Предложенная параметризация формфактора  $f_1(1285)$  мезона дает хорошее описание всех имеющихся экспериментальных результатов. Работа выглядит завершенной.

### **Достоинство и недостатки в содержании и оформлении диссертации**

Диссертация содержит большой объем теоретических исследований. Ее текст выглядит продуманным, с хорошо выстроенной логикой. Работа отличается полнотой, все вопросы достаточно подробно разобраны. При этом диссертация написана довольно лаконично, ее легко и интересно читать. Работа имеет удобную структуру, каждая глава начинается с краткого введения, что облегчает восприятие. В диссертации практически нет опечаток. Очень хорошее впечатление производит подробное обсуждение погрешностей в теоретических предсказаниях. Подчеркнем востребованность полученных результатов.

Выскажем несколько замечаний и пожеланий.

На странице 17 в таблице 1.2 сравнивается теоретическое предсказание и экспериментальные измерения для вероятности распада  $K_L \rightarrow \pi \mu \nu_\mu \gamma$ , при этом в теоретическом расчете наложено требование на угол между фотоном и лептоном, а в экспериментальном измерении такого требования нет. Интересно было бы обсудить эффект от этого различия.

При расчете электронной ширины  $f_1(1285)$  мезона, представленном в Главе 2, используется вероятность распада  $f_1(1285) \rightarrow \rho^0 \gamma$ , взятая из таблиц PDG 2016 года. Впоследствии появилось измерение эксперимента CLASS, более чем в два раза отличающееся от предыдущего мирового среднего. Было бы интересно привести численные значения предсказаний, основанные на новом измерении CLASS.

В 4-й главе предложен улучшенный вид формфактора  $f_1(1285)$  мезона. Было бы интересно сравнить графически старый и новый формфакторы.

Отмеченные недостатки не снижают высокий уровень исследований, представленных в диссертации.

### **Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Автореферат полностью соответствует основному содержанию диссертации.

## Заключение

Диссертация Руденко Александра Сергеевича на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение ряда важных теоретических задач, направленных на проверку предсказаний Стандартной модели и поиска новой физики, а также феноменологического изучения  $f_1(1285)$  мезона, что вносит значимый вклад в развитие современной физики элементарных частиц и соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 - теоретическая физика.

Официальный оппонент,  
Мизюк Роман Владимирович,  
доктор физико-математических наук,  
специальность 01.04.23 - физика высоких энергий,  
член-корреспондент Российской академии наук,  
почтовый адрес: г. Москва, Плавский проезд, 1/292,  
телефон: +7 (903) 775-29-46,  
адрес электронной почты: mizuk@lebedev.ru  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Физический институт имени П. Н. Лебедева  
Российской академии наук, г. Москва,  
главный научный сотрудник  
лаборатории тяжелых кварков и лептонов

27.08.2020



Р. В. Мизюк

**ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ**  
Ученый секретарь **Колобов А.В.**  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

