

“Утверждаю”

и.о. директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института ядерных исследований Российской академии наук



Л.В. Кравчук

“27” августа 2014 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Трунина Антона Маратовича  
“Релятивистские эффекты в процессах парного рождения тяжёлых адронов при  
высоких энергиях”, представленную на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика

Многолетняя результативная работа В-фабрик (BaBar, Belle) на базе электрон-позитронных коллайдеров, а также успешный запуск эксперимента LHCb на Большом адронном коллайдере дал огромный объём новой информации о деталях образования тяжёлых адронов — мезонов и барионов с тяжёлыми кварками в составе. В перспективе, анализ этой информации позволит продвинуться в понимании устройства сильных взаимодействий в области средних и малых переданных импульсов, где становятся существенными непертурбативные эффекты квантовой хромодинамики. Отметим, что уже первые данные показали различие с имевшимися теоретическими предсказаниями, что подстегнуло развитие аналитических и численных методов оценки сечений рождения тяжёлых адронов.

В данной диссертации представлены результаты исследования роли релятивистских эффектов в процессах рождения тяжёлых адронов в электрон-позитронной аннигиляции и протон-протонных столкновениях. Во многих случаях эффекты существенно (в разы и даже на порядок величины) изменяют предсказания, полученные в лидирующем порядке теории возмущений. Некоторые результаты уже показали неплохое согласие с имеющимися экспериментальными данными. Остальные ждут проверки с набором новой статистики экспериментами LHCb и BelleII. Это иллюстрирует актуальность диссертации и её практическую ценность.

В первой главе рассматривается сечение парного рождения тяжёлых адронов в аннигиляции электрона и позитрона. Полученные результаты для парного рождения чармониев сравниваются с другими теоретическими расчётами и экспериментальными данными с В-фабрик. Анализируются вероятные источники отличий, проводятся

оценки имеющихся неопределённостей в полученных теоретических предсказаниях. Развитые методы применяются для описания парного рождения дважды тяжёлых барионов в электрон-позитронной аннигиляции, обсуждаются перспективы экспериментальной проверки этого процесса на строящихся установках.

Вторая глава посвящена исследованию парного рождения чармония в столкновениях протонов, актуального для экспериментов на Большом адронном коллайдере. Полученные результаты сравниваются с данными эксперимента LHCb, проводится подробный анализ возможных источников обнаруженного несоответствия. Делаются предсказания для следующей стадии работы коллайдера с удвоенной энергией столкновения протонов.

В завершающей третьей главе рассчитывается сечение парного рождения дважды тяжёлых дикварков в столкновениях протонов. Полученный результат позволяет дать оценку сверху на сечение рождения соответствующих дважды тяжёлых барионов на Большом адронном коллайдере. Проводится анализ различных источников неопределённостей представленных теоретических оценок.

Работа в целом выполнена на высоком уровне и содержит новые важные результаты. В их достоверности больше убеждает подробный авторский анализ путей появления различных корректирующих факторов (собранные вместе они изменяют ответ для сечения в несколько раз), чем согласие некоторых их представленных предсказаний с существующими экспериментальными данными. Видно, что имеющиеся пока теоретические неопределённости в вычислении рассматриваемых в диссертации сечений рождения весьма значительны, и вообще говоря не позволяют делать уверенные предсказания *a-priori*, то есть до проведения эксперимента. Представление оценок неопределённостей очень наивно (если параметр разложения равен 0.3 это совсем не означает ошибку в 30%), и это не позволяет понять ни потенциала самого подхода, ни перспектив его применения к конкретным процессам (сколько поправок требуется вычислить для получения ответа с заданной точностью). Согласие спектроскопии с предсказаниями модели необходимый, но не достаточный атрибут хорошей эффективной теории — ведь в ней довольно много феноменологических параметров. Полученные оценки сечений даже для электрон-позитронной аннигиляции согласуются с измерениями лишь для одного канала, для другого можно говорить о согласии с учётом большой величины неопределённостей, а в третьем канале явное противоречие (которое можно снять, если считать ошибки недооценёнными). Для протон-протонного рассеяния ситуация ещё печальнее, но здесь пока не так много экспериментальных данных, чтобы было с чем сравнивать. Слабая обоснованность оценок теоретических ошибок является основным недостатком данной работы.

Сделанные замечания не снижают ценности диссертации. Все основные положе-

ния, выводы и заключения четко сформулированы и обоснованы. Текст диссертации написан ясным языком, опечатки если и есть, то не заметны. Основные результаты диссертации докладывались на научных семинарах и международных конференциях и школах, проходивших на территории Российской Федерации. Основные результаты, вынесенные на защиту, представлены в 7 работах, 5 из которых опубликованы в ведущих международных реферируемых научных журналах из списка Высшей аттестационной комиссии.

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы в исследованиях по физике элементарных частиц и теории поля, ведущихся в ИФВЭ, ПИЯФ, ИТЭФ, ИЯФ, НИИЯФ МГУ, ИЯИ РАН, ОИЯИ и других научных центрах.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Автор диссертации, А.М. Трунин, несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Отзыв составил:

старший научный сотрудник Отдела теоретической физики  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт ядерных исследований Российской академии наук  
117312, г. Москва, пр-т 60-летия октября, д. 7а  
тел.: +7(499)783-92-91  
e-mail: gorbby@ms2.inr.ac.ru  
доктор физико-математических наук

Горбунов Дмитрий Сергеевич

Данный отзыв одобрен Ученым Советом Отдела Теоретической физики ИЯИ РАН  
20 августа 2014 г.

Учёный секретарь Совета,  
кандидат физ.- мат. наук

С.В. Демидов