

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гармаша Алексея Юрьевича «ИЗУЧЕНИЕ БОТТОМОНИЕПОДОБНЫХ СОСТОЯНИЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ BELLE», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – Физика атомного ядра и элементарных частиц в диссертационный совет Д 003.016.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук

Если бы тяжелых кварков не существовало, то их следовало бы выдумать. В 1973 г., еще до асимптотической свободы и открытия J/ψ , автор этого отзыва высказал крамольную тогда идею, что полуплептонные распады тяжелых кварков будут подобны распадам лептонов с той же массой. Обобщить это на нелептонные распады не хватило смелости, но «Письма в ЖЭТФ» это робкое замечание все же опубликовали. Частицы с открытым чармом стали прологом подлинной революции в спектроскопии частиц, и М.В. Волошиным и Л.Б. Окунем были заложены в 1976 г. основы теории частиц с двумя тяжелыми и двумя легкими кварками. Классические дискретные состояния чармония и боттомония в значительной степени тривиальны, поскольку могут быть описаны в рамках пертурбативной КХД как квантовомеханические связанные состояния тяжелого кварка и антикварка. Настоящим вызовом для теоретиков стали адроны из тяжелых и легких кварков. Совокупность экспериментальных данных по таким адронам в разы перекрывает информацию о частицах из легких кварков. Они не вписываются в традиционную кварковую модель, которая описывает адроны либо как кварк-антикварковые, либо как трехкварковые системы (мезоны и барионы соответственно), и понимание их свойств требует тонкой комбинации как пертурбативной, так и непертурбативной КХД. Например, важную роль может играть непертурбативное смешивание чисто кварковых и молекулярных состояний. Следует признать, что сегодня все ещё не существует законченной теории таких экзотических частиц. В конце концов, изучение таких адронов может и должно сыграть важную роль и для чисто непертурбативной физики адронов из легких кварков. И на этом пути важен каждый новый класс адронов с тяжелыми кварками.

Сказанное выше определяет крайнюю **актуальность** диссертационной работы Гармаша Алексея Юрьевича по обнаружению и изучению свойств боттомониеподобных состояний, рождающихся в электрон-позитронной аннигиляции в эксперименте Belle. Говоря об экспериментах на В-фабриках, нельзя не упомянуть первое в мире наблюдение синглетного уровня чармония и не менее важное открытие состояния $X(3872)$ именно на В-фабриках.

Для получения представленных в диссертации результатов использовались данные эксперимента Belle, проводившемся с участием диссертанта на асимметричном электрон-позитронном коллайдере КЕКВ. Главная **новизна** составивших диссертационную работу А.Ю. Гармаша результатов это **первое в мире наблюдение** экзотических заряженных резонансов $Z_b(10610)^{+-}$ и $Z_b(10650)^{+-}$, а также нейтрального изотопического партнера $Z_b(10610)$ и определение их квантовых чисел. Оба заряженных резонанса надежно идентифицированы в пяти конечных каналах реакции аннигиляции и в совокупности установлено существование двух изотриплетов. Заключение об этих новых адронах основано на уникальных экспериментальных данных, полученных в области энергии в системе центра масс от 9,46 до 11,02 ГэВ, что и обуславливает **новизну** описанных в диссертации исследований. Эти новые адроны в центре современной физики экзотических состояний, все результаты диссертации опубликованы в ведущих научных журналах и привлекли огромное внимание теоретиков – достаточно упомянуть, что полное число цитирований только пионерской публикации ([93] по списку литературы в диссертации) превысило 600. Показательно то, что диссертант и сам внес существенный вклад в теоретическую интерпретацию полученных им экспериментальных данных. В частности, им проведен изошренный амплитудный анализ процесса $e^+e^- \rightarrow Y(nS) \pi^+ \pi^-$, $n = 1,2,3$ с последовательным учетом взаимодействия пионов в конечном состоянии, позволивший определить квантовые числа обнаруженных новых адронов. **Высокая научная значимость и достоверность** включенных в диссертацию результатов А.Ю. Гармаша несомненны.

Подробный пересказ содержания диссертационной работы, которое далеко не исчерпывается особо отмеченными выше ключевыми результатами, и её автореферата в этом отзыве был бы излишним. Отмечу только, что как сама диссертация, так и её автореферат во всей полноте излагают содержание составивших диссертационную работу публикаций диссертанта. При общей ясности изложения, диссертанту не удалось обойтись без жаргонных

выражений типа «сигнальных событий» на стр. 2 автореферата. В разделах 5 и 6 диссертации была бы уместна ссылка на недавний обзор Жуковой В.И. и др. УФН **191** (2021) 492 с обсуждением теоретической интерпретации Zb-состояний. Оба замечания малосущественны и не влияют на главный вывод этого отзыва: диссертационная работа Гармаша А.Ю. «Изучение боттомониеподобных состояний в эксперименте Belle» полностью соответствует всем требованиям положения о присуждении ученых степеней ВАК, а её автору несомненно следует присудить ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – Физика атомного ядра и элементарных частиц.

Николаев Николай Николаевич,

доктор физико-математических наук

специальность: 01.04.02 – Теоретическая физика,

главный научный сотрудник,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук,

адрес организации: 142432, Россия, Московская область, Ногинский район,

г. Черноголовка, проспект академика Семенова, д. 1-А,

тел: +7 (495) 702-93-17, e-mail: nikolaev@itp.ac.ru



Н.Н. Николаев

11.04.2022

Подпись Н.Н. Николаева заверяю

Ученый секретарь ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН



С.А. Крашаков

11.04.2022

