

ОТЗЫВ

официального оппонента Лохтина Игоря Петровича на диссертационную работу Криворученко Михаила Ивановича «Модификация свойств адронов в ядерной материи», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 (теоретическая физика)

Целью настоящей диссертационной работы является изучение модификации свойств адронов в ядерной материи и получение новой информации о свойствах ядерной материи при плотности порядка или выше нормальной плотности атомных ядер. Изучение коллективных эффектов в сильных взаимодействиях, возникающих в соударениях адронов и ядер при промежуточных и высоких энергиях, является одной из важнейших задач современной ядерной физики. В частности, вопросы, связанные с физикой тяжелых ионов, остаются сложными для исследования, поскольку в системах с сильным взаимодействием точные решения теоретико-полевых уравнений, как правило, получить не удастся, в силу чего приходится использовать феноменологические подходы. Динамическое моделирование таких процессов требует значительных вычислительных мощностей и использования широкого спектра теоретических схем, описывающих разнообразные стороны сложных процессов столкновения ядер. Тема диссертации также частично пересекается с физикой компактных астрофизических объектов в силу того обстоятельства, что строение нейтронных звезд определяется уравнением состояния ядерной материи при плотности выше плотности насыщения. Поскольку в настоящее время наметилось определенное расхождение между представлениями о свойствах ядерной материи при высокой плотности и астрофизическими данными о максимальной массе нейтронных звезд, изучение свойств адронов в ядерной материи, уравнения состояния ядерной материи и возможных фазовых переходов является весьма важной проблемой. Таким образом, актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнений. Результаты работы важны для понимания физики сильных взаимодействий, свойств ядерной материи и строения компактных астрофизических объектов.

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения и двух приложений. Список литературы содержит 383 наименования.

Во введении к диссертации обсуждается цель диссертационной работы и обосновывается ее актуальность.

В первой главе рассматривается цветовая сверхпроводимость для цветовой группы $SU(2)$ и проводится описание спаривания нуклонов в ядрах в изовекторном канале в рамках проекционной теории БКШ. Важно отметить, что обобщение используемой автором схемы на неабелевы группы симметрии могло бы стать существенным шагом в развитии теории цветовой сверхпроводимости.

Вторая глава посвящена детальному теоретическому анализу бозе-конденсации дибарионов в ядерной материи. Автором предложено обобщение модели Валечки (модели «среднего поля»), включающее рождение дибарионов. В результате проведенного исследования получены ограничения на параметры дибарионов из существования массивных нейтронных звезд и исследована устойчивость смешанной фазы нуклонов и дибарионов, в том числе вне рамок среднего поля. Таким образом, впервые установлена связь между результатами модельных расчетов характеристик дибарионных резонансов и астрофизическими данными.

В третьей главе проведено исследование подавления нуклонных резонансов в реакциях фотопоглощения на ядрах, в результате которого выявлена важная роль уширения резонансов вследствие их взаимодействия с ядерной средой.

В четвертой главе проводится модельный анализ доступных экспериментальных данных по рождению дилептонов в соударениях тяжелых ионов. Развита в работе модель обобщенной векторной доминантности была применена для определения сдвига массы и уширения векторных мезонов в ядерной среде.

В пятой главе представлен метод квантового транспорта, позволяющий свести задачу эволюции квантовых систем к решению конечной системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Развита схема открывает принципиальную возможность для использования современных быстродействующих компьютеров и хорошо разработанных численных схем решения систем ОДУ для решения задач квантового транспорта с учетом квантовой интерференции и нелокальности.

Шестая глава посвящена изучению модификации дилептонной ширины ϕ -мезона в ультррелятивистских соударениях тяжелых ионов. Данный эффект, наблюдаемый в экспериментах на ускорителях SPS и RHIC, интерпретируется автором как результат перераспределения вторичных каонов в плотной пионной материи, что согласуется с проведенными в диссертационной работе вычислениями.

В седьмой главе показано, что гипотетическое скалярное взаимодействие может генерировать в ядерной среде майорановскую массу нейтрино на масштабах, представляющих интерес для современных экспериментов по поиску безнейтринного

двойного бета-распада. В случае, если дальнейшее повышение чувствительности экспериментов к массе нейтрино в космологии и по одиночному бета-распаду приведет к противоречию с экспериментами по безнейтринному двойному бета-распаду, представленная модель может быть использована для обоснования гипотезы существования скалярного взаимодействия за рамками Стандартной модели.

В приложении 1 приведено сравнение предсказаний различных моделей для парциальных ширин распада нуклонных резонансов. В приложении 2 обсуждаются параметры ϵ VMD модели для резонанса $N(1532)$ в режиме сильной и слабой связи.

В заключении диссертации сформулированы основные полученные результаты.

Обоснованность и достоверность полученных результатов основывается на технически корректном применении математических методов и квантово-полевых и феноменологических теоретических схем для описания физических эффектов, а также на согласованности выводов с экспериментальными данными. Полученные результаты являются новыми научными знаниями на стыке нескольких областей физики - квантовой теории поля, физики элементарных частиц, ядерной физики и астрофизики.

Впечатляет объем представленного исследования и детальность проведенных расчетов, аккуратность и тщательность изложения. По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы. Результаты диссертационной работы опубликованы в 22 статьях в ведущих международных физических журналах и неоднократно обсуждались на научных конференциях, симпозиумах и семинарах.

В качестве замечаний к диссертации можно отметить следующее.

1. При исследовании цветовой сверхпроводимости не рассматривается случай с числом кварковых ароматов $N_f > 1$. Данный случай представляет повышенный интерес, так как моделирование на решетках ограничено системами с четными N_f , для которых кварковый детерминант цветовой группы $SU(2)$ положителен.
2. В таблице 5 для парциальных ширин распада мезонов на пары лептонов обращает на себя внимание значительное (в 3.6 раза и за пределами погрешностей измерений) расхождение между экспериментальным значением ширины распада $\eta \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ и его теоретическим предсказанием. При этом в тексте не комментируется причина данного расхождения и его возможное влияние на результаты последующих вычислений.
3. В разделе 4.6 рассмотрены различные сценарии модификации свойств векторных мезонов в ядерной материи и показано, что ни один из них не описывает данные эксперимента NADES по спектрам электрон-позитронных пар во всем диапазоне инвариантных масс. При этом в тексте отмечено, что «для объяснения выхода

дилептонов в области малых масс необходимо учитывать дополнительные эффекты и/или источники дилептонов». Естественный вопрос, который в этом случае возникает – какие именно это могут быть дополнительные эффекты или источники и возможно ли их учесть в текущих модельных расчетах?

4. Не очень понятно, почему в списке литературы для значительного количества статей в российских журналах приведены не оригинальные (русскоязычные) выходные данные, а переводные (англоязычные) ([33], [35], [38], [88-90], [126], [129], [140], [150], [157], [199], [220], [232], [264], [265], [338], [339]).

Однако вышеуказанные замечания не влияют на главные результаты работы и не снижают общей высокой оценки диссертации. Диссертационная работа является законченным исследованием, которое выполнено на самом высоком научном уровне и содержит значительное количество новых и актуальных результатов. Полученные результаты достоверны, сформулированные научные положения и выводы хорошо обоснованы. Автореферат адекватно отражает основное содержание диссертации.

Считаю, что данная диссертационная работа отвечает критериям, установленным Положением ВАК о присуждении ученых степеней, а ее автор Криворученко Михаил Иванович заслуживает присвоения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 (теоретическая физика).

9 ноября 2015 года

Доктор физико-математических наук,
в.н.с. Отдела экспериментальной физики высоких энергий НИИЯФ МГУ,
адрес: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2, НИИЯФ МГУ
тел.: +7-495-939-12-57 (раб.), +7-916-190-80-32 (моб.)
адрес электронной почты: igor@lav01.sinp.msu.ru

И.П. Лохтин

Подпись И.П. Лохтина заверяю

Директор НИИЯФ МГУ

профессор, доктор физико-

М.И. Панасюк