

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Головнева Алексея Валерьевича
на диссертацию Соловьева Дмитрия Анатольевича
на тему «Теоретические аспекты процессов фотонного рассеяния
в приложениях к прецизионным спектроскопическим экспериментам и астрофизике»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика.

Работа посвящена подробному изучению спектроскопии, в основном водорода и отчасти гелия, с точки зрения последовательного квантово-электродинамического описания. Это очень важный и, можно сказать, уникальный случай, когда применение квантовой теории поля позволяет уверенно получать ответы с такой потрясающей точностью и сравнивать их с экспериментами, точность которых тоже поражает. Автором диссертации внесён очень весомый вклад в формирование современного теоретического понимания этих процессов, сравнение с имеющимися экспериментальными результатами, а также в прогнозирование возможностей экспериментов обозримого будущего.

Эти работы, безусловно, имеют очень важное значение и для современной эпохи прецизионной космологии, поскольку основная информация приходит к нам через реликтовый фон, оставшийся после первичной рекомбинации в ранней Вселенной. Помимо того, что обсуждается в разделе 2.4 диссертации, можно задаться вопросом и о том, сколь большое влияние на коротковолновые искажения спектра реликтового фона могут иметь многофотонные переходы за пределами наиболее важного ($2s$ в $1s$ и два фотона) процесса. Конечно, спектральные искажения пока не являются частью имеющихся наблюдательных данных, но они вполне могут оказаться актуальными в не столь отдалённом будущем.

Замечу также, что и линия 21 см стремительно набирает значимость для современной космологии, в том числе как инструмент изучения «тёмных эпох», то есть от рекомбинации до первых звёзд. Это особенно важно сейчас, когда эти эпохи становятся всё более загадочными в свете результатов космического телескопа «Джеймс Уэбб», который обнаруживает много очень массивных галактик на таких красных смещениях, что совершенно неясно, как они могли уже успеть образоваться. Любые новые данные о начале процессов реионизации могли бы дать ценные сведения.

Подытоживая сказанное выше, следует отметить, что хотя астрофизическим и космологическим приложениям уделено не очень много внимания в диссертации, представленная работа, несомненно, очень важна и для этих бурно развивающихся областей

33-06-857 от 02.10.2024

физической науки. При этом не надо забывать и о значимости данной работы соискателя для проверки квантовой электродинамики самой по себе, что делает исследование чрезвычайно актуальным.

Изложение материала очень аккуратное и подробное, хотя для краткости автор и опускает многие выкладки. При этом дано введение во все основы метода, включая описание вывода лоренцевского профиля спектральной линии. Возможно, при такой то точности вычислений и экспериментов, следовало бы упомянуть хоть в нескольких словах, почему можно пренебречь петлевыми поправками от всех остальных частей стандартной модели физики элементарных частиц. Кроме того, в плане изучения атомов гелия, было бы хорошо осветить сложности работы с многоэлектронными системами. Но это уже мои личные пожелания.

В целом, работа написана очень хорошо. Однако, хочется заметить, что автор часто был излишне скромен в формулировках, и поэтому порой требовалось смотреть в список литературы, чтобы по достоинству оценить его весьма существенный вклад в излагаемые знания. Разумеется, вклад соавторов всегда явно отмечен при суммировании результатов того или иного раздела. Однако, при ссылках на свои статьи, пожалуй, было бы хорошо почаще употреблять обороты «в моей работе» или «в нашей работе».

Замечу также, что очень интересная глава 5, связанная с явлениями квантовой интерференции, начинается, так сказать, без лишних слов, сразу с формулы для амплитуды рассеяния. Это особенно странно, поскольку тема очень интересна с точки зрения физики, включая проверку справедливости квантовой физики в целом. Иными словами, местами изложение следовало бы сделать чуть более живым.

Кроме того, стоит отметить орфографические и пунктуационные погрешности, а также неудачность части формулировок. При том, что часть запятых была потеряна, уже в самом начале Введения оборот «так называемого» зачем-то выделен запятыми. На следующей же странице фразы «уточнить массу электрона в 13 раз» и «для проверки фундаментальных взаимодействий» вызывают недоумённую улыбку. Как минимум, следовало бы уточнять значение массы и проверять *теории* фундаментальных взаимодействий.

Сделаю ещё несколько стилистических замечаний. Раздел 3.1 начинается с задания набора квантовых чисел атомного состояния в предположении, описанном фразой «если пренебречь сверхтонкой структурой». Почему не упомянуть магнитный дипольный момент ядра явным образом?

В начале раздела 9.3 автор вдруг отмечает, что разница в спектрах водорода и антиводорода во внешнем поле «исчезает после интегрирования по направлениям излучения фотонов». С моей точки зрения, этот очевидный факт стоило бы чётко и явно отметить сразу в главе 7, чтобы избежать возможного глубокого удивления читателя.

Подводя итоги, представленная диссертация представляется очень значимой для современной теоретической физики. Не имея математически строгой формулировки реалистичной квантовой теории поля вообще, очень важно видеть, как методы квантовой электродинамики позволяют описывать процессы фотонного рассеяния с такой точностью и во всех деталях, и при этом получая столь потрясающее согласие с экспериментальными данными. Работы соискателя во многом формируют понимание этой области знаний в наши дни.

Конечно же, процессы излучения фотонов атомами водорода и гелия очень важны для многих практических вопросов, включая приложения к астрофизике и космологии. В этом отношении предстоит ещё очень много работы, ибо данные аспекты не являлись центральной темой данной диссертации. Тем не менее, её значение для космологии также не вызывает никаких сомнений.

Все мои негативные замечания выше носят преимущественно стилистический характер и ни в коей мере не умаляют высокого качества представленной диссертации.

Диссертация Соловьева Дмитрия Анатольевича на тему: «Теоретические аспекты процессов фотонного рассеяния в приложениях к прецизионным спектроскопическим экспериментам и астрофизике» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Соловьев Дмитрий Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3. Теоретическая физика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета,
профессор-исследователь (research professor)
Британского Университета в Египте,
доктор физико-математических наук



Головнев Алексей Валерьевич

19.08.2024