

## ОТЗЫВ

Члена диссертационного совета Петрова Александра Николаевича 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.

Актуальность работы связана с прорывными достижениями последних лет в области атомно-молекулярной спектроскопии. Так, к настоящему времени в атомных часах достигнута относительная точность порядка  $10^{-17}$ . Подготовка и корректная интерпретация таких экспериментов нуждается в теоретической поддержке. Выбранные для исследования простые объекты - атом водорода, мюонный водород, атом гелия, многозарядные ионы, с учетом требуемой точности расчета, являются, в действительности, весьма сложными объектами для теоретического исследования из-за необходимости учета искажения контура Лоренца и квантово-электродинамических эффектов. В этой связи выбор для исследования метода контура линии, который ранее зарекомендовал себя как высокоточный инструмент для расчета энергий, процессов рассеяния электронов, представляется обоснованным. Нерезонансное расширение метода контура Лоренца для расчета процессов рассеяния фотона является одним из важнейших достижений диссертации, определяющих ее актуальность и практическую ценность. Ряд полученных поправок находятся на уровне погрешностей современных экспериментов и будут важны для следующего поколения соответствующих экспериментов.

Другим важным приложением развиваемого в диссертации метода являются расчеты необходимые для описания космического микроволнового излучения, анизотропии реликтового излучения, расчеты переноса излучения в межзвездной и межгалактической средах, проверке СРТ теоремы при сравнении спектров атомов водорода и анти-водорода.

Достоверность и научная значимость полученных в диссертации результатов обосновывается применением строгой КЭД теории. Как правило даются подробные выводы формул. Также достоверность подтверждается достижением хорошего согласия с расчетами других авторов, между рассчитанным и экспериментальными данными (когда сравнение возможно), публикациями в высокорейтинговых российских и международных изданиях, в том числе Physical Review Letters и Physics Reports, докладах на тематических конференциях.

Развитые в диссертации методы могут быть применены в дальнейшем и ко многим другим задачам, требующим корректного учета квантово-электродинамических эффектов таким как проверка Стандартной модели физики элементарных частиц, определение точных значений и вариаций фундаментальных физических постоянных.

По диссертационной работе Соловьева Дмитрия Анатольевича можно сделать следующие замечания.

- 1) Во введении автор пишет, что важным является и то, что существует влияние метода регистрации на измеряемое значение частоты. Это важное замечание, но в дальнейшем, в диссертации оно явно не обсуждается. Видимо имеется в виду зависимость контура линии от направления вылета фотона.
- 2) Для вывода контура спектральной линии автор рассматривает диаграммы на рис. 2.1. Между тем, строгий подход в КЭД предполагает рассмотрение диаграмм, где начальное и конечное состояния являются основными. Это обстоятельство видимо приближенно учитывается введением ширины для начального и (или) конечного электронных состояний. Вопрос в том, не приведет ли более строгое рассмотрение к дополнительным (кроме рассмотренных в диссертации) поправкам к контуру спектральной линии.
- 3) Также рис. 2.1 подразумевает приближение бесконечно тяжелого ядра. Интересно мнение автора диссертации на возможные эффекты, связанные с выходом за рамки данного приближения.
- 4) В диссертации утверждается, что выражение (2.40) представляет собой строгий КЭД-результат, хотя при его выводе интервал интегрирования в ур. (2.41) ограничивается из “физических соображений”.
- 5) В главе 7 анализируется спектроскопия атома водорода и анти-водорода. Вводится параметр  $\zeta_s$  – определяющий смешивания  $2s$  и  $2p$  состояний. Для больших полей принимается значение  $\zeta_s = 1$ , что, согласно формулам (7.2), нарушает условие нормировки. В этом случае также следует учитывать уменьшение веса исходного состояния.

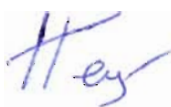
б) В этой же главе делается вывод, что линейные по полю эффекты асимметрии спектральной линии приводят к противоположным искажениям профиля. На мой взгляд следовало подчеркнуть, что данное утверждение относится к определенной линейной поляризации излученного фотона и эффект пропадает после интегрирования по направлению вектора распространения фотона.

Приведенные замечания носят дискуссионный и рекомендательный характер и, безусловно, не снижают положительного впечатления о диссертационной работе.

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», соискатель Соловьев Дмитрий Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

Доктор физ.-мат. наук, доцент, профессор  
кафедры квантовой механики СПбГУ,  
в.н.с НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ



Петров А.Н.

26.09.2024

