

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Никитиной Елизаветы Андреевны «Оптические свойства ридберговских ионов щелочноземельных элементов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика».

Диссертация Е. А. Никитиной посвящена теоретическому исследованию влияния теплового излучения на оптические характеристики щелочноземельных ионов. В работе получены новые качественные и количественные закономерности изменения основных оптических свойств высоковозбужденных уровней в поле теплового излучения. Исследована применимость полуэмпирических моделей атомных потенциалов в расчетах амплитуд радиационных переходов.

Актуальность исследования.

Возможность совершать манипуляции с одиночными квантовыми объектами, возникшая с развитием оптических и ионных ловушек, позволила на новом уровне исследовать внутриатомные процессы и межатомные взаимодействия. Появился ряд научных направлений (квантовое кодирование информации, прецизионные измерения частот переходов, создание мазеров в среде ридберговских атомов), для развития которых требуется информация об оптических характеристиках возбужденных уровней атомов ионов, над которыми производятся манипуляции. Прецизионные измерения в оптических ловушках требуют адекватного учета как спонтанных процессов, так и процессов, индуцированных внешними полями. Достаточно большое влияние на оптические характеристики возбужденных уровней оказывает тепловое излучение, описанию воздействия которого в диссертационной работе уделено основное внимание. Кроме того, информация о

термоиндуцированном энергетическом сдвиге и уширении может быть востребована при изучении астрофизической и лабораторной плазмы.

Критерий применимости моделей атомного потенциала к расчетам амплитуд радиационных переходов, выявленный в работе, полезен для дальнейшего развития моделей атомного потенциала и квантовомеханического описания воздействия чернотельного излучения на высоковозбужденные энергетические уровни. Простые аппроксимационные зависимости относительных скоростей переходов, а также полного времени жизни от главного квантового числа и температуры, описанные в диссертационной работе, могут быть востребованы при планировании прецизионных экспериментов с ридберговскими объектами.

Структура и объем диссертационной работы.

Диссертация изложена на 111 страницах, состоит из трех глав, введения, заключения и списка литературы из 96 наименований.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы научная новизна и практическая значимость исследования, обсуждаются личный вклад автора и степень достоверности полученных результатов, излагаются основные научные положения, выносимые на защиту, а также приводится информация об апробации диссертационной работы и публикациях по теме исследования.

В первой главе описаны индуцированные тепловым излучением внутриатомные процессы, приведены формулы для численных расчетов основных оптических характеристик ридберговских уровней (естественного и полного времен жизни, спонтанного и теплового уширений, термоиндуцированного энергетического сдвига).

Вторая глава посвящена описанию и сравнению двух полуэмпирических методов расчета амплитуд разрешенных радиационных переходов – метода квантового дефекта (МКД) и метода модельного потенциала Фьюса (МПФ). Исследованы особенности применения обоих методов в расчетах оптических характеристик уровней щелочноземельных

ионов, в том числе, высоковозбужденных. Выявлен критерий применимости волновых функций полуэмпирических потенциалов к расчетам тепловых уширений и сдвигов, продемонстрировано преимущество использования волновых функций МКД в расчетах скоростей термоиндуцированных переходов. Особое внимание уделено выполнению правила сумм сил осцилляторов и моментов сил осцилляторов.

В третьей главе приведены численные расчеты оптических характеристик ридберговских уровней, рассмотрены вклады термоиндуцированных скоростей переходов трех типов в полное время жизни и уширение уровня, построены асимптотические зависимости относительных скоростей распадов, возбуждений и ионизации от главного квантового числа энергетического уровня и температуры излучения черного тела.

В заключении сформулированы основные результаты проведенных исследований, обсуждается применение качественных и количественных закономерностей воздействия теплового излучения на энергетические уровни щелочноземельных ионов, полученных в работе, как для планирования высокоточных экспериментов с однократными ионами второй группы, так и для развития моделей внутриатомных и межатомных процессов.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Изложенные в диссертационной работе научные положения получены при использовании современных методов теоретической физики и представляются вполне обоснованными. Апробация диссертационной работы проводилась на международных научных конференциях, основные результаты диссертации достаточно полно изложены в 14 публикациях по теме исследования, 5 из которых включены в перечень, рекомендованный ВАК РФ. Достоверность полученных результатов подтверждается согласием с имеющимися в литературе теоретическими и экспериментальными данными.

Новизна научных положений и результатов.

К наиболее значимым новым результатам, представленным в диссертационной работе, можно отнести следующие: количественный критерий оценки применимости полуэмпирических моделей атомных потенциалов к расчетам амплитуд термоиндуцированных переходов, анализ и сравнение двух методов – МКД и МПФ, численные результаты расчетов оптических характеристик ридберговских уровней щелочноземельных элементов, аппроксимационные формулы для этих характеристик, покомпонентный анализ вкладов скоростей переходов разных типов в полное уширение уровня.

Замечания к диссертационной работе.

В работе рассчитаны параметры уширения спектральных линий под воздействием теплового излучения. В то же время в астрофизических условиях и ряде экспериментов в ловушках с магнитным удержанием определенный вклад в уширение линий вносят столкновения с электронами плазмы. Это относится, в частности, к рекомбинационным радиолиниям, наблюдаемым в разреженной межзвездной среде, где плотность электронов составляет величину порядка 10^4 см^{-3} , а значения наблюдаемых главных квантовых чисел достигает нескольких сотен. Желательно было бы провести сравнение эффектов уширения электронами и тепловым излучением: при какой плотности электронов и температурах черного излучения эти эффекты оказываются сопоставимыми.

Представленные выше замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей высокой оценки работы. Диссертация Никитиной Елизаветы Андреевны «Оптические свойства ридберговских ионов щелочноземельных исследований» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертационная работа полностью соответствует всем критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, а также паспорту специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика». Автореферат диссертации в полной мере отражает

