

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 539.184.22 : 546.667

НЕУШИРЯЕМАЯ СТОЛКНОВЕНИЯМИ ЛИНИЯ ТУЛИЯ 1.14 мкм

Е. Б. Александров, В. Н. Котылев, К. П. Василевский
и В. Н. Кулясов

Как известно, атомные, ионные и молекулярные спектральные линии уширяются и смещаются при межчастичных столкновениях. Для видимого диапазона линейная по давлению составляющая уширения изменяется в пределах одного порядка величин для различных линий и взаимодействующих партнеров с типичным значением 10^{10} Гц на 1 атм постороннего уширяющего газа. Аномально малым уширением обладают квадрупольные колебательно-вращательные линии молекул H_2 . Например, $S_0(3)$ линия 9.67 мкм, имеет уширение порядка 10^8 Гц на 1 атм благородных газов [1]. Для атомарных переходов такие аномалии до сих пор были неизвестны.

В этом письме мы сообщаем о попытке измерить уширение инертными газами запрещенной линии тулия 1.14 мкм (переход $^2F_{5/2} - ^2F_{7/2}$ в тонкой структуре основного состояния). Линия 1.14 мкм соответствует магнитному дипольному переходу в пределах внутренней достраиваемой оболочки $4f$. Как известно, такие переходы для ионов редких земель в стеклообразных и кристаллических матрицах ответственны за узкие атомоподобные линии в их спектрах. Малое возмущение этих линий полями лигандов обычно объясняют экранирующим действием внешних заполненных оболочек $5s$ и $5p$, прикрывающих компактную оболочку $4f$. Имея это в виду, было естественно ожидать, что для свободных атомов редких земель, обладающих дополнительно внешней оболочкой $6s^2$, переходы в $4f$ оболочке будут мало чувствительны к межатомным столкновениям. Эксперимент подтвердил это предположение.

Пары тулия создавались в молибденовой трубе 30×250 мм, нагреваемой током в обмотке с кварцевой изоляцией. Труба помещалась в охлаждаемую стальную камеру с кварцевыми окнами. Камера наполнялась инертным газом. Температура в печи измерялась пирометром и была в пределах $1100-1200^\circ C$ (около 1 Тора тулия). Спектр поглощения записывался в окрестности 1.14 мкм на приборе СИСАМ. Линия 1.14 мкм имеет сверхтонкую структуру (СТС) [2, 3] из 3 компонент (относительные интенсивности 1 : 20 : 27) с расстоянием между сильными составляющими 618 МГц. При доплеровской ширине 560 МГц и аппаратной ширине 1200 МГц СТС линии полностью смазана.

Было получено несколько десятков записей линии с отношением сигнала к шуму 10 : 50. Записи не обнаружили достоверного различия ширины линии при изменении давления от 10 Тор до 6 атм Хе и от 1 до 50 атм Не. (При более высоком давлении Хе в кювете устанавливался турбулентный конвективный режим с сильным рассеянием света на газовых свихлях).

Полученный результат уместно сопоставить с данными по уширению аналогичной линии таллия 1.28 мкм [4], соответствующей магнитодипольному переходу во внешней p -оболочке ($6^2P_{1/2} - 6^2P_{3/2}$). Эта линия обнаружила уширение, характерное для обычных разрешенных линий, а именно $1.1 \cdot 10^{10}$ Гц на 1 нормальную атмосферу гелия. Для тулия уширение по крайней мере в 500 раз меньше.

В заключение заметим, что при отсутствии ударного уширения с ростом давления должно возникать сужение доплеровского контура по механизму Дике. Такое сужение в оптическом диапазоне наблюдалось только для квадрупольных

линий H_2 [1]. В нашем случае этот эффект, по-видимому, маскируется большой аппаратной шириной прибора и наличием неразрешенной СТС.

Литература

- [1] J. Reid, A. R. W. McKellar. Phys. Rev. A, 18, 244, 1978.
- [2] Д. Л. Калинин, К. М. Новак, Н. И. Алексеев, Л. С. Варшавович. Опт. и спектр., 15, 441, 1963.
- [3] K. E. N. Van Leenwen, E. R. Eliel, W. Hogervorst. Phys. Lett. A, 78, 54, 1980.
- [4] К. П. Василевский, В. Н. Котылев, В. Н. Кулясов. Опт. и спектр., 52, 161, 1982.

Поступило в Редакцию 17 сентября 1982 г.

УДК 539.196.01

ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННО-КОЛЕБАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНЫХ РАДИАЦИОННЫХ ПЕРЕХОДОВ ДВУХАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ

Б. П. Лавров, М. В. Тютчев и В. И. Устинов

В последнее время в ряде областей лазерной физики и спектроскопии неравновесной молекулярной плазмы возросла потребность в знании вероятностей электронно-колебательно-вращательных радиационных переходов (ЭКВ, РП), которые необходимы как для определения распределений заселенности по вращательным уровням возбужденных электронных состояний молекул, так и для учета радиационных процессов в кинетических моделях плазмы. Известно, что вероятности электрических дипольных переходов представляются в виде квадрата модуля матричного элемента оператора дипольного момента, вычисленного на молекулярных волновых функциях. В случае, если: 1) комбинирующие состояния являются адиабатическими, невзаимодействующими с другими состояниями молекулы и принадлежащими «чистым» типам связи угловых моментов по Гунду (a, β, c); 2) колебательно-вращательным взаимодействием в смысле зависимости колебательных волновых функций от вращательных квантовых чисел можно пренебречь, — то зависимость вероятностей переходов от вращения молекулы факторизуется и описывается известными формулами Хенля—Лондона. Хотя область применимости такого представления весьма ограничена, оно традиционно используется в молекулярной спектроскопии и ее приложениях.

Строгий квантовомеханический расчет и корректное чисто экспериментальное определение вероятностей ЭКВ РП чрезвычайно трудны. Поэтому в настоящей работе предлагается новый, полуэмпирический подход к проблеме. Он состоит в том, что на основе более или менее общего теоретического анализа вся совокупность рассматриваемых вероятностей выражается через конечное (обычно небольшое) число параметров, описывающих возмущение комбинирующих состояний и колебательно-вращательное взаимодействие. Параметры, входящие в теоретические формулы, определяются с помощью ограниченного объема экспериментальных данных об относительных вероятностях переходов и радиационных временах жизни уровней.

Теоретический анализ посвящен рассмотрению наиболее часто встречающегося на практике (а потому и наиболее важного для приложений) случая регулярных возмущений в ротационной структуре молекулярных полос. Это соответствует взаимодействию комбинирующих состояний с большим (строго говоря, бесконечным) числом относительно далеко лежащих адиабатических электронно-колебательных состояний молекулы. Поэтому неадиабатические волновые функции молекулы находились в первом порядке теории возмущений