

Опустошение циркулярных ридберговских состояний атомов атомами щелочноземельных элементов $\text{Ca}(4s^2)$ и $\text{Sr}(5s^2)$

Е.С. Мирончук¹, А.А. Нариц^{1,2}, В.С. Лебедев^{1,2}

¹ *Московский физико-технический институт (государственный университет)*

² *Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН*

Проведено исследование резонансного механизма взаимодействия щелочноземельных атомов с малой энергией сродства к электрону и ридберговских атомов в циркулярных и близких к ним состояниях. Циркулярными называются высоковозбуждённые состояния с квантовыми числами $l = |m| = n - 1$, пространственное распределение электронной плотности в которых наиболее близко к круговой боровской орбите. Для учёта специфики задачи, связанной со структурой волновой функции ридберговского электрона в состояниях с большими значениями орбитального момента $l \sim n - 1$, развит подход, основанный на интегрировании связанных уравнений для амплитуд вероятностей с учётом возможности распада аниона в кулоновском поле положительного ионного остова высоковозбуждённого атома. На его основе удастся существенно точнее, чем в рамках модифицированной квазиклассической модели Ландау – Зинера [1, 2], описать динамику неадиабатических электронных переходов между ионным и ридберговским ковалентным термами квазимолекулы, образующейся в ходе столкновения атомов, и эффективно учесть многоканальность задачи.

Рассчитаны сечения резонансного опустошения ридберговских состояний атома $\text{Li}(nlm)$ с заданными значениями главного n , орбитального $l = n - 1$ и магнитного m квантовых чисел при тепловых столкновениях с атомами $\text{Ca}(4s^2)$ и $\text{Sr}(5s^2)$ (энергия сродства к электрону составляет 20 мэВ и 52 мэВ, соответственно). Продемонстрирована повышенная устойчивость циркулярных состояний к резонансному тушению по сравнению с состояниями с малыми l : максимальные сечения достигаются при меньших главных квантовых числах $n = 6 - 7$, а их величины приблизительно в два раза ниже. Расчёты показали, что среди состояний с $l = n - 1$ и фиксированным значением m циркулярные состояния обладают наибольшими сечениями, хотя различие не столь велико (рис. 1). Исследована зависимость сечений резонансного тушения от угла столкновения α , т. е.

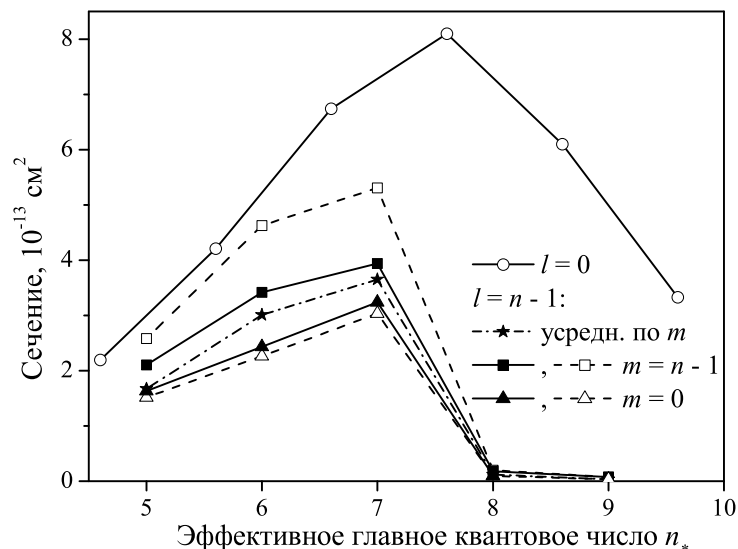


Рис. 1: Сравнение сечений резонансного тушения ридберговских состояний атомов $\text{Li}(nlm)$ атомами $\text{Ca}(4s^2)$ при $\alpha = 0$ (штриховые линии) и усреднённых по углу столкновения α (сплошные линии), а также сечений для состояний с $l = n - 1$, усреднённых по m , и ns -состояний. Относительная скорость атомов $v = 1.8 \times 10^{-3}$ ат. ед.

угла между вектором относительной скорости атомов и нормалью к плоскости орбиты ридберговского электрона. У циркулярных состояний эта зависимость оказывается наиболее ярко выраженной среди nlm -состояний с $l = n - 1$, причём сечения плавно спадают при изменении угла от $\alpha = 0^\circ$ до $\alpha = 90^\circ$ (рис. 2).

Изучение процессов резонансного тушения циркулярных состояний представляет фундаментальный интерес как альтернативный механизм по отношению к исследованным ранее процессам тушения, обусловленным рассеянием квазисвободного электрона на возмущающей нейтральной частице. Кроме того, такого рода исследования важны для приложений к задачам квантовой информатики, где существенна устойчивость селективно возбуждённых состояний по отношению к различным типам взаимодействия. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект №14-22-00273).

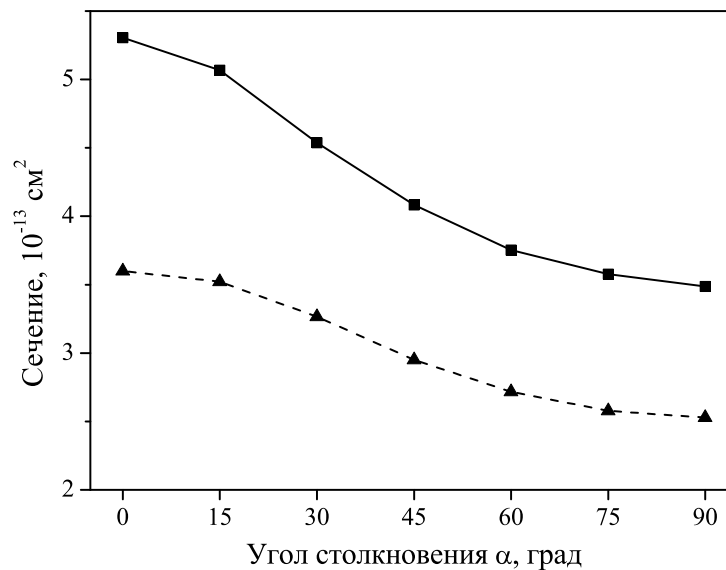


Рис. 2: Зависимости сечений резонансного тушения циркулярных состояний атомов $\text{Li}(n, l = |m| = n - 1)$ атомами $\text{Ca}(4s^2)$ (сплошная кривая, $n = 7$) и $\text{Sr}(5s^2)$ (штриховая кривая, $n = 6$) от угла α между осью квантования z и вектором \mathbf{v} относительной скорости сталкивающихся частиц. $v = 1.8 \times 10^{-3}$ ат. ед.

Литература

- [1] *Lebedev V. S., Narits A. A.*, Atomic Processes in Basic and Applied Physics, ed. Shevelko V. and Tawara H. – Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics. – Vol. 68. – Chap. 9. – Springer: Berlin-Heidelberg 2012. – pp. 211-245.
- [2] *Нариц А. А., Мирончук Е. С., Лебедев В. С.*, Перенос слабосвязанного электрона при столкновениях ридберговских атомов с нейтральными частицами. II. Образование ионной пары и резонансное тушение уровней $\text{Rb}(nl)$ и $\text{Ne}(nl)$ атомами Ca , Sr и Ba . – ЖЭТФ. – 2013. – Том 144. – № 4. – с. 699.