

# СЕРИАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В СПЕКТРАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ He, Ne И Ar ПРИ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИММЕТРИЧНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

Курсков С.Ю., Кашуба А.С.

*Петрозаводский государственный университет*

*Петрозаводск, Россия*

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования сечений возбуждения спектральных линий He I, Ne I и Ar I в зависимости от главного квантового числа при энергии соударения 450 эВ (с.ц.м.).

Измерения сечений возбуждения при взаимодействии пучка быстрых атомов с газовой мишенью выполнены методами оптической спектроскопии с помощью автоматизированного экспериментального комплекса на базе персонального компьютера и программно-управляемой системы КАМАК [1, 2]. Схема установки приведена на рис. 1.

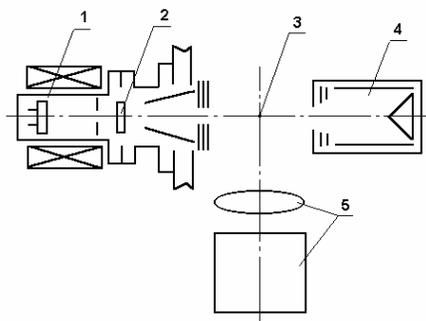
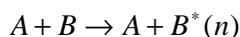


Рис. 1. Схема установки: 1 – газоразрядный ионный источник; 2 – многоканальная камера перезарядки; 3 – газовая мишень; 4 – детектор быстрых атомов; 5 – система регистрации оптического излучения

Нейтральные атомы гелия, неона и аргона получались путем симметричной резонансной перезарядки на собственном газе в каналах вытягивающего электрода газоразрядного источника ионов. Плотность потока быстрых частиц в камере столкновений достигала  $10^{16}$  част/( $m^2c$ ). Угловая расходимость пучка не превышала  $3 \cdot 10^{-4}$  ср. Интенсивность атомного пучка определялась по вторичной электронной эмиссии с поверхности конического электрода детектора быстрых частиц. Давление газа-мишени в камере столкновений контролировалось с помощью ионизационного манометрического преобразователя. Давление газовой мишени в камере столкновений было равно  $4.5 \cdot 10^{-1}$  Па, давление остаточного газа не превышало  $3 \cdot 10^{-4}$  Па. Рабочее давление газа в ионном источнике варьировалось в диапазоне от 10 до 20 Па. Излучение атомов регистрировалось монохроматором МДР-2 с ФЭУ-106 в режиме счета фотонов. Оптическая ось системы регистрации была перпендикулярна к атомному пучку, поэтому возбужденные частицы пучка и мишени не различались. Поляризация излучения не учитывалась. Измерение абсолютной чувствительности спектрометрической системы проводилось с помощью светоизмерительной лампы по стандартной методике.

Известно, (см., например, [3]) что при взаимодействии атомных частиц типа



и фиксированной энергии столкновения сечения одноэлектронного возбуждения атомной частицы для каждой серии

$$\sigma(n) \sim n^{-3}.$$

Однако, как показала обработка полученных данных методом наименьших квадратов, сечения возбуждения не описываются этой зависимостью. Оказалось, что при фиксированной энергии соударения сечения возбуждения линий в сериях инертных газов зависят от главного квантового числа следующим образом:

$$\sigma(n) \sim n^{-a},$$

где  $a$  характеризует сериальную зависимость и в зависимости от рода газа и значения  $n$  изменяется в интервале от 3 до 17.

В случае He I значение  $a$  (как параметра аппроксимирующих зависимость  $\ln S(n)$  прямых) для серий  $3^{1,3}P-n^{1,3}S$ ,  $3^{1,3}S-n^{1,3}P$  и  $3^{1,3}P-n^{1,3}D$  достигает 6 при  $n$  в интервале 3–6, а при больших  $n$  стремится к 3 [4].

Аналогичное поведение демонстрируют сечения возбуждения Ne и Ar, однако в этом случае параметр  $a$  при малых  $n$  значительно больше. В табл. 1 представлены значения  $a$  для серий Ne I в интервалах главных квантовых чисел 3–5 и 6–8. В табл. 2 приведены данные для Ar I (все значения  $a$  получены для интервала главных квантовых чисел 4–6). Очевидно, что при переходе от гелия к аргону значение  $a$  для нижних уровней увеличивается.

Таблица 1. Зависимость сечений возбуждения спектральных линий в сериях Ne I от главного квантового числа при энергии столкновения 450 эВ

Переходы	$a$	$n$	$a$	$n$
$3s[3/2]_2^0 - np[5/2]_3$	11.1±1.6	3–5	3.5	6,7
$3s[3/2]_1^0 - np[5/2]_2$	12.1±1.5	3–5	–	–
$3s[3/2]_1^0 - np[3/2]_1$	9.6±1.2	3–5	3.2±0.1	6–8
$3s[3/2]_2^0 - np[3/2]_2$	9.5±1.3	3–5	3.7	6,7
$3s[3/2]_1^0 - np'[3/2]_2$	7.8±1.2	3–5	–	–
$3s[3/2]_2^0 - np'[1/2]_1$	9.5±1.5	3–5	–	–
$3s'[1/2]_1^0 - np'[1/2]_0$	7.7±1.3	3–5	–	–

Таблица 2. Зависимость сечений возбуждения спектральных линий в сериях Ar I от главного квантового числа при энергии столкновения 450 эВ

Переходы	$a$
$4s'[1/2]_1^0 - np'[1/2]_0$	12±1
$4s[3/2]_1^0 - np[1/2]_0, 4s[3/2]_2^0 - np[5/2]_3$	17±3
$4s'[1/2]_0^0 - np'[3/2]_1, 4s[3/2]_2^0 - np[5/2]_2$	16±3
$4s'[1/2]_0^0 - np'[1/2]_1, 4s[3/2]_2^0 - np[3/2]_1, 4s[3/2]_2^0 - np[3/2]_2$	14±3

В заключение отметим, что при малых  $n$  полученные результаты противоречат известным теоретическим данным. Последнее указывает на необходимость развития теории взаимодействия многоэлектронных атомов, так как существующие представления не описывают наблюдаемых закономерностей. Можно также утверждать, что с увеличением атомной массы и числа электронов сталкивающихся атомов величина  $a$  для нижних уровней возрастает.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кашуба А.С., Курсков С.Ю., Хахаев А.Д. Экспериментальный комплекс для изучения процессов возбуждения при атом-атомных и ион-атомных столкновениях // *Фундаментальные исследования*. 2005. № 3. С. 29–30.
2. Кашуба А.С., Курсков С.Ю. Распределенная система управления физическим экспериментом // *Информационные технологии моделирования и управления*. 2006. № 9 (34). С. 1166–1171.
3. Бородин В.М. Связь между сечениями ионизации и возбуждения атомов при медленных столкновениях // *Вопросы теории атомных столкновений*. Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1986. С. 72–82.
4. Курсков С.Ю., Хахаев А.Д. Спектроскопическое исследование процессов возбуждения в пучке атомов гелия // *Известия АН СССР. Сер. физическая*. 1989. Т. 53. Вып. 9. С. 1689–1696.