

РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ПРИ ЗАХВАТЕ ЭЛЕКТРОНОВ ЯДРАМИ КИСЛОРОДА И УГЛЕРОДА В МОЛЕКУЛЯРНОМ ВОДОРОДЕ

*В.В.Афросимов, А.А.Басалаев, Ю.С.Гордеев,
Е.Д.Донец, А.Н.Зиновьев, С.Ю.Овчинников, М.Н.Панов*

Измерены сечения эмиссии характеристического рентгеновского излучения при захвате электрона ядрами C^{6+} и O^{8+} в молекулярном водороде при энергии соударений $E_0 = 0,6 - 8$ кэВ/ат · ед · массы. Показано что захват электрона происходит в состояния ионов C^{5+} и O^{7+} с большими главными квантовыми числами при приблизительно равномерном заселении состояний с различными орбитальными моментами.

При столкновении ядер с молекулами водорода происходит эффективный захват электрона в возбужденные состояния многозарядного иона. Последующий распад таких состояний приводит к эмиссии характеристического рентгеновского излучения. Подобные процессы при скоростях соударения $V = 3 - 12 \cdot 10^7$ см/сек представляют значительный интерес для физики горячей плазмы, однако до настоящего времени не изучались, что связано как с трудностями получения пучков ядер с низкими кинетическими энергиями, так и с трудностями создания достаточно чувствительной аппаратуры для анализа и регистрации мягкого рентгеновского излучения.

В настоящей работе впервые измерены энергетические зависимости сечений эмиссии рентгеновского излучения при энергиях соударения $E_0 = 0,6 - 8$ кэВ/ат.ед.массы для случаев C^{6+} , $O^{8+} - H_2$. Пучок ядер создавался с помощью источника КРИОН-2, разработанного в ОИЯИ [1], ускорялся до требуемой энергии и, после разделения по зарядностям в магнитном массмонокроматоре, проходил через камеру столкновений, наполненную разреженным газом-мишенью с плотностью $\sim 6 \cdot 10^{11}$ см $^{-3}$. Излучение, возникающее при столкновениях, выделялось с помощью поглощающих фильтров и детектировалось вторично-эмиссионным детектором с фотокатодом из CsI.

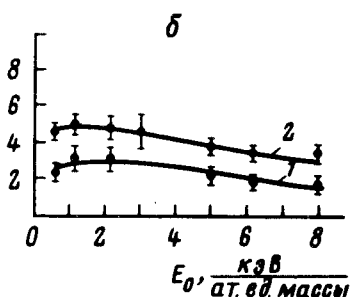
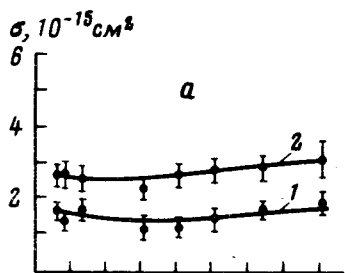


Рис. 1. Зависимости сечения возбуждения переходов $2p - 1s$ (кривая 1) и $nl - 1s$ ($nl \neq 2s$) (кривая 2) при захвате электрона в водороде ядрами C^{6+} (рис. 1, а) и O^{8+} (рис. 1, б) от энергии соударения

Рентгеновское излучение с $\lambda < 35 \text{ \AA}$ выделялось фильтром из алюминия толщиной 0,6 мкм, что дает суммарное сечение рентгеновского излучения $\sigma(nl - 1s)$ для переходов $nl - 1s$ ($nl \neq 2s$). Состояние $2s$ является долгоживущим и его распад, в основном, происходил уже после того, как возбужденные ионы покидали область видимости детектора. Линии L_α ионов O^{7+} и C^{5+} выделялись соответственно с помощью фильтров из фторопласта и скандия, что дает сечение $\sigma(2p - 1s)$. Абсолютная калибровка аппаратуры была проведена путем измерения извест-

ных сечений возбуждения характеристического K -излучения азота $\lambda = 31,6 \text{ \AA}$ и неона $\lambda = 14,6 \text{ \AA}$ при электронном ударе [2]. Ошибки калибровки составляют 40%.

Результаты представлены на рис. 1. Как видно из рисунка сечения эмиссии рентгеновского излучения, то есть захвата электрона в возбужденные состояния, оказываются весьма большими и слабо зависят от энергии соударения.

На рис. 2 приведены зависимости относительной доли $2p - 1s$ переходов $\xi = \frac{\sigma(2p - 1s)}{\sigma(nl - 1s)}$ от энергии соударения для изучаемых случаев.

На основе данных можно сделать выводы о заселении состояний с различными орбитальными моментами. В настоящее время в теории существует два подхода к определению заселенностей уровней с различными орбитальными моментами. Согласно модели Салопа и Олсона [3] захват электрона происходит в результате электронного перехода в квазимолекуле без изменения проекции момента на межъядерную ось. При этом в случае иона C^{+6} переходы осуществляются в состояния $3d\sigma$ и $4f\sigma$, а в случае O^{+8} — в состояния $5g\sigma$ и $6h\sigma$. После разлета частиц максимально заселяются P -состояния ионов C^{+5} и O^{+7} . При этом $\xi = 0,4 - 0,5$ для всех указанных случаев. В моделях [4], учитывающих перераспределение заселенностей по l вследствие вращения оси квазимолекулы, максимум приходится на состояния с большим l . В этом случае ξ возрастает до $0,7 - 0,9$. Как видно из рис. 2 экспериментальные данные соответствуют промежуточному случаю заселения по l .

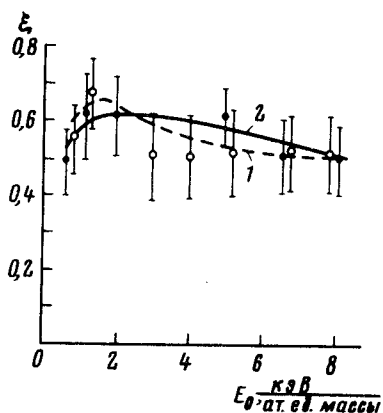


Рис. 2. Относительная доля $2p - 1s$ переходов $\xi = \frac{\sigma(2p - 1s)}{\sigma(nl - 1s)}$ в зависимости от энергии соударения для случаев $\text{C}^{6+} - \text{H}_2$ (кривая 1) и $\text{O}^{8+} - \text{H}_2$ (кривая 2)

При столкновениях $\text{C}^{6+} - \text{H}_2$ с помощью поглощающих фильтров разных толщин, была проведена оценка отношения интенсивностей линий, отвечающих переходам $4p - 1s$, $3p - 1s$, $2p - 1s$, $3l - 2l'$. Эти данные с учетом вероятности различных переходов в каскаде распада состояний с $n = 3$ и 4 [5], позволяют сделать вывод о том, что отношение заселенностей уровней с $n = 3$ и $n = 4$, образующихся при захвате, составляет $0,3 \pm 0,2$ при практически равномерном заселении состояний с различными орбитальными моментами.

В заключение авторы выражают благодарность члену-корреспонденту АН СССР А.М.Балдину за поддержку настоящих исследований, К.О.Ложкину, А.А.Короткову, С.А.Федорову, А.И.Пикину и В.В.Сальникову за помощь в проведении экспериментов.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
2 июля 1981 г.

Литература

- [1] *Донец Е.Д., Овсянников В.П.* Препринт ОИЯИ Р7-10780, 1977.
 - [2] *Абрамов В.А., Барышников Ф.Ф., Лисица В.С.* Письма в ЖЭТФ, 1977, 27, 494.
 - [3] *Salop A., Olson R.E.* Phys. Rev., 1976, A13, 1312.
 - [4] *Tawara H., Harrison K.J., De Heer F.J.* Physika, 1973, 63, 351.
 - [5] *Собельман И.И.* Введение в теорию атомных спектров, М: Наука, 1977, 295.
-