

## ОБНАРУЖЕНИЕ ОЖЕ-ПЕРЕХОДОВ В КВАЗИМОЛЕКУЛЕ

В.В.Афросимов, Ю.С.Гордеев, А.Н.Зиновьев,  
Д.Х.Расулов, А.П.Шергин

При атомных столкновениях обнаружены электроны, которые связаны с оже-переходами в квазимолекулярной системе из двух сталкивающихся атомов. Установлено, что время жизни вакансий в квазимолекуле сопоставимо с временами столкновений и составляет  $\sim 10^{-16}$  сек.

В последние годы интенсивно ведутся исследования рентгеновского излучения, возникающего при радиационных переходах в квазимолекулах [1]. В то же время известно, что времена жизни вакансий в не очень глубоких электронных оболочках полностью определяются временами оже-переходов. Радиационные времена, как правило, не могут быть использованы для определения времен жизни квазимолекулярных состояний из-за отсутствия данных о выходе флуоресценции таких сложных систем как квазимолекула.

В настоящей работе с помощью методики [2] изучались энергетические спектры электронов, образующихся при столкновениях  $K\gamma^+ - K\gamma$  и  $Ag^+ - K\gamma$ . На рис. 1 приведены спектры электронов для столкновений  $K\gamma^+ - K\gamma$  при начальных энергиях  $E_0$  от 5 до 50 кэВ. В интервале энергий электронов  $E_e$  от 20 до 80 эВ в спектрах наблюдается дискретная структура, а при энергиях свыше 100 эВ – широкая полоса.

Дискретные линии связаны с оже-переходами на 3d-вакансии в Kγ. Пики электронов с энергиями от 20 до 60 эВ отвечают переходам с участием 4s и 4p электронов. Энергии этих электронов согласуются с энергиями соответствующих переходов, рассчитанными Ларкинсом [3]. Из рис. 2 видно, что сечение образования рассматриваемых электронов  $\sigma_1$  согласуется по величине и зависимости от начальной энергии с сечением образования 3d-вакансий, определенным по нашим данным о неупругих потерях энергии [4].

Пики при энергиях от 60 до 80 эВ связаны, по-видимому, с переходами на 3d-вакансии из возбужденных состояний ионов Kγ. Из рис. 2 следует, что порог образования этих электронов (сечение  $\sigma_2$ ) согласуется с порогом образования 3d-вакансий.

Широкую полосу в спектрах электронов не удастся объяснить оже-переходами в ионах Kγ. Прежде всего, энергия электронов полосы значительно превышает энергию переходов на 3d-вакансии. Полоса не может быть связана и с образованием 3p-вакансий. Из рис. 2 видно, что порог возбуждения полосы (сечение  $\sigma_3$ ) значительно отличается от порога образования 3p-вакансий, определенного по данным Тавара и др. [5] о выходе рентгеновского излучения.

Электроны полосы могут быть объяснены оже-переходами в квазимолекуле. Сопоставление корреляционной диаграммы системы  $K\gamma^+ - K\gamma$  (рис.3) с энергиями электронов полосы показывает, что полоса может быть связана с переходами на 4dδ и 4pπ орбитали при малых межъядер-

ных расстояниях ( $R \lesssim 0,6 \text{ \AA}$ ). Орбиталь  $4d\delta$  формируется из свободных  $4d$ -уровней  $\text{Kг}$ , и на ней могут быть 4 вакансии. Орбиталь  $4p\pi$  формируется из  $4p$ -уровней  $\text{Kг}$ . В случае столкновения  $\text{Kг}^+ - \text{Kг}$  на этом уровне до сближения частиц имеется одна вакансия. Вероятность вакансии оказаться на  $4p\pi$  орбитали составляет от  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{2}{3}$  в зависимости от того, насколько сильно связаны в условиях столкновения  $4p$ -уровни иона и атома  $\text{Kг}$ .

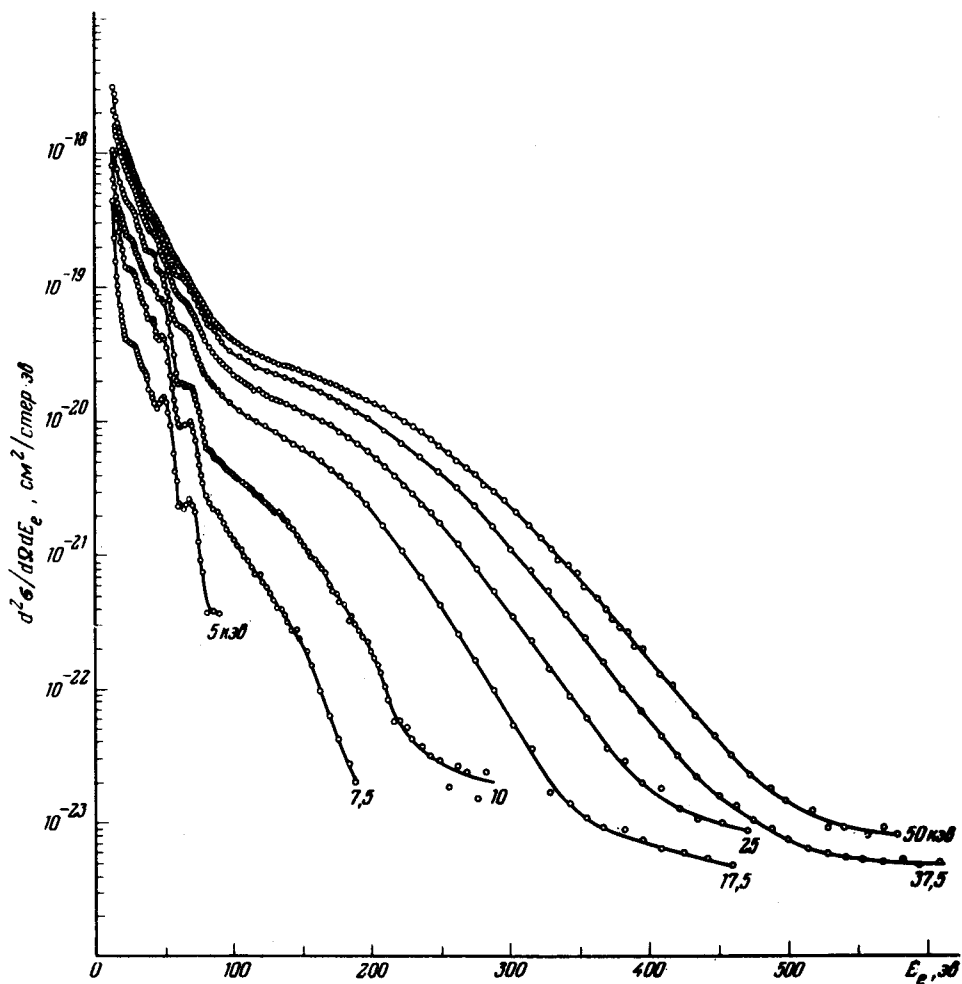


Рис. 1. Энергетические спектры электронов, образующихся в столкновениях  $\text{Kг}^+ - \text{Kг}$

Для проверки квазимолекулярного происхождения полосы были изучены спектры электронов при столкновениях  $\text{Ag}^+ - \text{Kг}$ . В этом случае энергии  $4d\delta$  и  $4p\pi$  орбиталей в пределе объединенного атома ( $R = 0$ ) равны соответственно  $\sim 60 \text{ эв}$  и  $\sim 140 \text{ эв}$ . Действительно, в столкновении  $\text{Ag}^+ - \text{Kг}$ ,  $E_0 = 25 \text{ кэв}$ , электроны, которые могут быть связаны с переходами в квазимолекуле, имеют энергии существенно меньшие энергий МО электронов в столкновениях  $\text{Kг}^+ - \text{Kг}$ .



Дифференциальное сечение образования МО электронов может быть записано в виде:

$$\frac{d\sigma}{dE_e} = fW(R) \frac{dR}{dE_e} \int_{p_0(R)}^{p_0^{(R)}} \frac{2\pi p dp}{v_R(p)} \exp\left(-\int_R^{R_x} \frac{W(R')dR'}{v_R'(p)}\right) \left[1 + \exp\left(-2 \int_{R_0}^R \frac{W(R')dR'}{v_R'(p)}\right)\right],$$

где  $f$  – начальное число вакансий на орбитали,  $W(R)$  – вероятность распада,  $R_x$  – наибольшее межъядерное расстояние, при котором возможен оже-переход,  $p$  – параметр удара,  $p_0(R)$  – параметр удара, при котором  $R$  – точка поворота,  $v_R$  – радиальная скорость. Считая  $W(R)$  постоянной в интервале  $0 \leq R \leq R_x$  и используя  $E(R)$  для экспериментальной МО, мы численно проинтегрировали  $d\sigma/dE_e$  и получили  $f = 0,4 \div 4$  и  $W = 0,5 \div 3 \cdot 10^{16}$  ссек $^{-1}$ . В исследованном нами интервале начальных энергий время жизни вакансий в квазимолекуле оказывается сравнимым с временем столкновения, и существенно ( $\sim$ на два порядка) меньшим времени жизни вакансий в изолированных атомах.

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

Поступила в редакцию  
25 мая 1976 г.

### Литература

- [1] F. W. Saris, F. J. de Heer. Proc. Fourth Int. Conf. Atomic Physics, Heidelberg, p. 287, 1974.
- [2] В.В.Афросимов, Ю.С.Гордеев, А.Н.Зиновьев, Д.Х.Расулов, А.П.Шергин. Письма в ЖЭТФ, 21, 26, 1975.
- [3] F. P. Larkins. J. Phys., B6, 2450, 1973.
- [4] В.В.Афросимов, Ю.С.Гордеев, А.М.Полянский, А.П.Шергин. ЖТФ, 41, 134, 1972.
- [5] H. Tawara, C. Foster, F. J. de Heer. Phys. Lett., 43A, 266, 1973.