

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ДВУХФОТОННОЙ ИОНИЗАЦИИ АТОМА КАЛИЯ
И ТРЕХФОТОННОЙ ИОНИЗАЦИИ АТОМА НАТРИЯ

Г. А. Делоне, Н. Б. Делоне, В. К. Золотарев,
Г. К. Пискова, М. А. Турсунов

В поле излучения второй гармоники неодимового лазера ($h\nu = 2,36$ эв) ионизация атома калия происходит в результате поглощения двух фотонов ($k = \langle I/h\nu + 1 \rangle = 2$), а атома натрия - в результате поглощения трех фотонов ($k = 3$).

Анализ спектров этих атомов и оценки возмущенной уровней электрона в атоме показали, что расстройки между энергией $h\nu$ и энергией возмущенных связанных состояний велики, так что резонансов не возникает. В таких условиях процесс ионизации носит прямой характер, и вероятность W такого процесса определяется соотношением

$$W = \alpha_k I^k, \quad (I)$$

где I - интенсивность излучения, α_k - сечение многофотонного процесса.

Эксперимент заключался в наблюдении ионов, образованных в области пересечения лазерного излучения и атомарного пучка исследуемых атомов. Использовалось плоскополяризованное излучение многомодового неодимового лазера ($\lambda = 9440 \text{ см}^{-1}$, $\Delta\lambda = 10 \text{ см}^{-1}$) и удвоитель частоты в виде кристалла КДР.

В первом эксперименте проверялось выполнение закона (I). Для этого исследовалась зависимость числа образованных ионов N_1 (в относительных единицах) от энергии Q , прошедшей через экспериментальную установку в импульсе излучения лазера. Одновременно контролировалось постоянно пространственно-временное распределение излучения в области образования ионов. Для напряжен-

ности электрического поля в диапазоне $\Delta E = 10^6 + 3 \cdot 10^6$ в/см экспериментальные данные хорошо описываются степенным законом $N_1 \sim Q^n$ с показателем степени $n = k$, что соответствует числу фотонов, поглощающихся при ионизации. При неизменном пространственно-временном распределении излучения зависимость $N_1 = f(Q)$ аналогична зависимости вероятности ионизации W от интенсивности излучения F . Таким образом, как ожидалось, экспериментально наблюдался закон $W = \alpha_k F^k$.

Во втором эксперименте измерялось сечение многофотонной ионизации α_k . Многофотонное сечение α_k связано с экспериментально наблюдаемыми величинами соотношением

$$\alpha_k = \frac{N_1}{n} \frac{8\pi^2 k^2}{k^2 \tau_k} \left(\frac{h\nu}{Q} \right)^k.$$

Число ионов N_1 измерялось пьезоцидром Фарадея. Плотность нейтральных атомов в пучке n измерялась пьезодатчиком. Энергия в импульсе излучения Q измерялась калориметром. Площадь круга фокусировки S , длительность импульса τ , объем взаимодействия $V_k = \int \varphi(x, y, z) dv$ и время взаимодействия $\tau_k = \int \psi(t) dt$, эффективные для процесса, связанного с поглощением k квантов, определялись из данных о пространственном $\varphi(x, y, z)$ и временном $\psi(t)$ распределении излучения в области образования ионов /1/. Величина k была измерена экспериментально. Для атома калия получена величина сечения прямого двухфотонного процесса ионизации $\alpha_2 = 10^{-48,8 \pm 0,8} \text{ см}^4 \text{ сек}^{-1}$. Для атома натрия $\alpha_3 = 10^{-79,6 \pm 1,0} \text{ см}^6 \text{ сек}^{-2}$.

Величина α_2 , измеренная также в работе /2/, согласуется с нашими данными в пределах ошибки измерения. Расчеты сечений α_2 и α_3 , проведенные методом теории возмущений при использовании различных приближений для вычисления составного матричного элемента порядка k , удовлетворительно согласуются друг с другом и хорошо описывают результаты наших опытов.

Для того, чтобы сделать общие заключения о прямом процессе многофотонной ионизации, необходимо провести анализ этих данных совместно с данными для трех-, четырех- и пятифотонных процессов, полученных в других работах /2-5/.

Поступила в редакцию
22 января 1973 г.

Л и т е р а т у р а

1. Г. С. Воронов, Н. Б. Делоне. ЖЭТФ, 50, 78 (1966); Т. М. Барударова. Физика и химия обработки материалов, № 4, 10 (1969).
2. В. Held, G. Mainfré, I. Morellec. Phys. Rev. Letts., 39A, 57 (1972).
3. R. Fox, R. Kogan, E. Robinson. Phys. Rev. Letts., 26, 23 (1971).
4. E. Evans, P. Thoenemann. Phys. Letts., 39A, 133 (1972).
5. Г. А. Делоне, Н. Б. Делоне, В. К. Золотарев, Н. Л. Мананов, Г. К. Пискова, М. А. Турсунов. ЖЭТФ, в печати.