

ИЗМЕРЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГИИ ПЕРЕХОДА 6S-6F
В АТОМЕ Св В ПОЛЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ

В. А. Гринчук, К. Б. Петросян

УДК 539.184

Измерено изменение энергии перехода 6S-6F в атоме цезия методом многофотонной ионизации в поле $\sim 10^6$ в/см. Оценена динамическая поляризуемость этого перехода.

Изучение проблемы взаимодействия лазерного излучения с веществом стимулировало исследование спектральных характеристик атома в сильном поле.

Экспериментальное измерение одной из основных характеристик — динамической поляризуемости атома в электромагнитном поле оптической частоты практически только начато /1-5/.

В данной работе продолжено это направление. Наблюдалось изменение энергии основного 6S и возбужденного 6F уровней атома Св в поле излучения одночастотного неодимового лазера ($\omega \sim 9440$ см⁻¹). Применялся метод резонансной многофотонной ионизации атома. Исследовалась частотная зависимость выхода четырехфотонной ионизации атома Св из основного состояния 6S, при этом сканированием частоты излучения осуществлялся промежуточный трехфотонный резонанс с уровнем 6F. Вероятность такого процесса может быть описана /6,7/ выражением:

$$W = \alpha \frac{F^4}{(E_{6S} - E_{6F} - 3\hbar\omega - \Delta E_{6S-6F})^2 + \gamma^2}, \quad (I)$$

где ω — частота излучения, F — интенсивность излучения, E_{6S} и E_{6F} — энергия уровней 6S и 6F, соответственно, ΔE и γ — суммарный сдвиг и суммарная ширина уровней 6S и 6F, α — константа, определяемая характеристиками атома Св.

В эксперименте непосредственно измерялся интегральный выход ионов, образованных в области взаимодействия излучения с мишенью,

определяемый для произвольного вида распределения интенсивности $F(x, y, z, t)$ в пространстве и во времени следующим выражением:

$$N_1 = \int \alpha \frac{F^4(x, y, z, t) dx dy dz dt}{(E_{6S} - E_{6F} - 3\hbar\omega - \Delta E(F))^2 + \gamma^2(F)}. \quad (2)$$

Представим $F(x, y, z, t)$ как $F(x, y, z, t) = F_0 f(x, y, z, t)$, где F_0 - максимальное значение интенсивности, $f(x, y, z, t)$ - относительная функция пространственно-временного распределения, нормированная на 1 в точке с интенсивностью F_0 . Тогда, в случае однородного пространственно-временного распределения излучения $f(x, y, z, t) = 1$, и максимум зависимости $N_1(\omega)$ приходится на частоту динамического резонанса, определяемую из условия $E_{6S} - E_{6F} - 3\hbar\omega = \Delta E(F_0)$. В случае неоднородного распределения максимум выхода ионов будет соответствовать условию $E_{6S} - E_{6F} - 3\hbar\omega = \Delta E(F_x)$, где $F_x < F_0$, и определяется как конкретным видом пространственно-временного распределения, так и степенью нелинейности процесса ионизации.

Эксперимент проводился методом пересечения пучка атомов Cs и сфокусированного излучения неодимового лазера. Пучок атомов Cs создавался с помощью многоканального источника. Ионы, образованные в области фокусировки, детектировались электронным умножителем. Модуляция добротности лазера осуществлялась пассивным затвором; ширина линии излучения $\Delta\omega \leq 0,01 \text{ см}^{-1}$. Частота генерации изменялась с помощью интерферометров Фабри-Перо, помещенных в резонатор лазера и работающих на "прохождение". Точность измерения частоты генерации составляла $0,1 \text{ см}^{-1}$. Максимальная напряженность поля составляла $(1,5 \pm 0,25) \cdot 10^6 \text{ в/см}$.

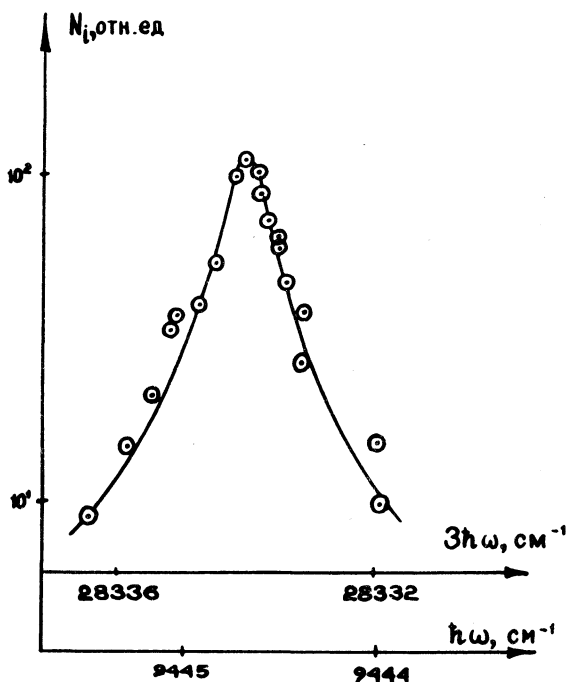
Измеренная в эксперименте частотная зависимость числа ионизованных атомов проведена на рис. 1. Максимум выхода ионов приходится на частоту, равную $9444,7 \text{ см}^{-7}$ ($3\hbar\omega = 28334,1 \text{ см}^{-1}$).

Энергия перехода $6S-6F$, таким образом, увеличилась на $4,4 \text{ см}^{-1}$ по отношению к энергии того же перехода в атоме в отсутствии поля ($28329,7 \text{ см}^{-1}$).

Оценка величины F_x , при которой наблюдался максимум выхода ионов, на основе экспериментальных данных о пространственно-временном распределении излучения, дала величину $0,7 F_0$.

Если предположить квадратичную зависимость сдвига от напряженности поля излучения $\Delta E = \beta F$, то поляризуемость β перехода

6S-6F в Ca, определенная из экспериментальных данных равна $(1 \pm 0,33) \cdot 10 \text{ см}^3$ ($5,65 \pm 2,2$) $\cdot 10^2$ а.е.), что удовлетворительно согласуется с теоретическими расчетами работы /8/. Основанием к пред-



Р и с. 1. Экспериментально измеренная зависимость выхода ионов цезия от частоты излучения неодимового лазера при фиксированной интенсивности излучения. Приведена также энергетическая шкала на утроенной частоте излучения. Отмечено положение 6F в отсутствии поля

положению о квадратичной зависимости является, с одной стороны, нерезонансный характер эффекта, так как уровни 6S и 6F не резонируют на частоте поля ни с одним из связанных состояний электрона в атоме Ca. С другой стороны, как показал теоретический расчет /9/, учет взаимодействия подуровней дуплета 6F (структура 6F - дуплетная, с расстоянием в $0,1 \text{ см}^{-1}$ между компонентами) в поле $\sim 10^6$ в/см еще не приводит к существенному изменению энергии

перехода $6S-6F$. Вообще говоря, на основании расчета /9/, дуплетная структура должна проявляться в частотной зависимости $N_1(\omega)$. В эксперименте этот эффект сглаживается, по-видимому, из-за неоднородной структуры пространственно-временного распределения излучения.

Измерения энергии перехода $6S-6F$ в атоме C_6 проведены также в работе /4/. Эксперимент проводился в полях $\sim 3 \cdot 10^5$ в/см. Было обнаружено, что энергия перехода в пределах точности эксперимента ($\sim 0,4$ см $^{-1}$) не отличалась от энергии перехода в отсутствии поля. Этот результат согласуется с результатом нашего эксперимента.

Мы благодарны Г. А. Делоне за помощь и систематические обсуждения в ходе эксперимента, Н. Б. Делоне, Б. А. Зону за полезные дискуссии, М. С. Рабиновичу за постоянное внимание к работе.

Поступила в редакцию
27 ноября 1974 года.

Л и т е р а т у р а

1. А. М. Бонч-Бруевич, Н. Н. Костин, В. А. Ходовой, В. В. Хромов. ЖЭТФ, 56, 144 (1969).
2. P. Platz. Appl. Phys. Lett., 16, 70 (1970); 17, 537 (1971).
3. И. Бакош, А. Киш, Л. Сабо, М. Тендлер. Письма ЖЭТФ, 18, 403 (1973).
4. B. Held, G. Mainfray, C. Manus, J. Morellec, F. Sanches. Phys. Rev. Lett., 30, 423 (1973).
5. J. Bakos, A. Kiss, L. Szabo, M. Tandler. Phys. Lett., 39A, 317 (1972); 41A, 163 (1972).
6. Л. В. Келдыш. ЖЭТФ, 47, 1945 (1964).
7. А. П. Котова, Н. В. Терентьев. ЖЭТФ, 52, 732 (1967).
8. В. А. Давыдкин, Б. А. Зон, Н. Л. Манаков, Л. П. Рапопорт. ЖЭТФ, 60, 124 (1971).
9. Б. А. Зон, В. Г. Капнельсон. ЖЭТФ, 65, 947 (1973).