

МНОГОФОТОННАЯ ИОНИЗАЦИЯ АТОМОВ КСЕНОНА И КРИПТОНА НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ $\lambda = 1,06 \text{ мк}$

Т.Б.Быстрова, Г.С. Воронов, Г.А. Делоне, Н.Б.Делоне

В настоящей работе приводятся первые результаты по многофотонной ионизации атомов ксенона ($I = 12,13 \text{ эв}$) и криптона ($I = 13,996 \text{ эв}$) излучением неодимового лазера ($\lambda = 1,06 \text{ мк}$, $\hbar\omega = 1,18 \text{ эв}$) при напряженности электрического поля световой волны $E \cong 4 \cdot 10^7 \text{ в/см}$. Постановка опыта была аналогична осуществленной нами ранее при исследовании многофотонной ионизации тех же атомов излучением рубинового лазера ($\lambda = 0,69 \text{ мк}$, $\hbar\omega = 1,78 \text{ эв}$), [1].

При интенсивности излучения $F = 10^{31,4 \pm 0,3} \text{ фотон/см}^2 \text{ сек}$ ($E \cong 4 \cdot 10^7 \text{ в/см}$) вероятность ионизации пропорциональна интенсивности излучения в степени $K = 8,8 \pm 0,2$ для ксенона и $K = 9,1 \pm 0,1$ для криптона.

Если воздействие поля излучения на состояния атомной системы не существенно, то показатель степени в зависимости вероятности ионизации от интенсивности излучения должен быть равен числу квантов поглощающихся при ионизации, которое в соответствии с законом сохранения энергии равно $K_0 = \langle I/\hbar\omega + 1 \rangle$, где символ $\langle x \rangle$ означает целую часть величины x . Экспериментальные значения K значительно меньше соответствующих величин K_0 , равных для ксенона 11, а для криптона 12. Величины K меньше K_0 мы получили ранее при той же напряженности электрического поля на длине волны $\lambda = 0,69 \text{ мк}$ излучения рубинового лазера [1]. С нашей точки зрения эти результаты свидетельствуют о существенном вкладе в вероятность ионизации переходов по связанным состояниям и значительном воздействии поля излучения на эти состояния [1].

Два эффекта, возникающие в сильном поле излучения, качественно позволяют объяснить наблюдение величины K , меньшей K_0 — понижение эффективного потенциала ионизации за счет перекрытия и слияния верхних уровней энергии в атоме [2] и изменение ширины и расстройки резонанса промежуточных квазирезонансных уровней [3]. Интересно отметить, что хотя энергия квантов в наших опытах существенно различается, величина $I - K\hbar\omega$ в пределах ошибок эксперимента не зависит от длины волны излучения и значительно больше для криптона чем для ксенона. В случае переходов по квазирезонансным уровням величина $I - K\hbar\omega$ зависит от взаимного расположения уровней энергии атома и

энергии целого числа квантов излучения, отсчитываемых от основного состояния, и должна поэтому для различных атомов и энергий квантов излучения иметь случайную величину. С этой точки зрения различные величины $I - K\hbar\omega$ для Хе и Кг выглядят естественным, а отсутствие зависимости от энергии кванта может быть обусловлено лишь случайностью. Величина понижения эффективного потенциала ионизации зависит от напряженности поля излучения и расстояния между уровнями энергии атома. Отсутствие зависимости величины $I - K\hbar\omega$ от энергии кванта при одинаковой напряженности поля излучения говорит в пользу этой гипотезы, однако ей противоречит различие величины $I - K\hbar\omega$ для Хе и Кг, расположение энергетических уровней которых подобно по отношению к границе непрерывного спектра. Для выяснения конкретного механизма многофотонной ионизации необходимы опыты с другими атомами и частотами излучения.

При интенсивности излучения $F = 10^{31,4 \pm 0,3}$ фотонов/см сек (напряженности поля $E \approx 4 \cdot 10^7$ в/см) абсолютная величина вероятности многофотонной ионизации ксенона $W = 10^{7,9 \pm 1,8}$ сек⁻¹, а криптона $W = 10^{7,5 \pm 1,8}$ сек⁻¹.

Сравнение значений вероятности ионизации, полученных на частотах излучения рубинового и неодимового лазеров для атомов Хе и Кг показывает, что в пределах ошибки эксперимента ($10^{\pm 3,8}$) абсолютные значения вероятности не зависят от длины волны излучения. Наблюдаемые на эксперименте вероятности на несколько порядков превышают значения, полученные по формуле Л.В.Келдыша [4], учитывающей только переходы по виртуальным состояниям непрерывного спектра. Это расхождение находится в качественном соответствии с нашим предположением о существенном вкладе переходов по связанным состояниям. Расчет вероятности многофотонной ионизации в результате переходов по связанным состояниям при наличии сильного поля излучения еще не проведен. Грубую оценку можно сделать, предполагая, что поглощение первых К-квантов происходит за счет переходов по виртуальным состояниям непрерывного спектра [4], а последних K_0 - К-квантов за счет переходов по связанным состояниям с вероятностью порядка 1. Такая оценка дает значения вероятностей, совпадающие в пределах ошибки эксперимента с наблюдаемыми на опыте.

Авторы благодарны Т.М.Бархударовой, В.Березкину, С.А.Объедкову и В.П.Соловьеву за помощь в выполнении эксперимента, а проф. Л.В.Келдышу и проф. М.С.Рабиновичу за обсуждения.

Физический институт им.П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
18 января 1967 г.

Литература

- [1] Г.С.Воронов, Н.Б.Делоне. ЖЭТФ, 50, 78, 1966; Г.С.Воронов, Г.А.Делоне, Н.Б.Делоне. ЖЭТФ, 51, 1860, 1966; Г.С.Воронов, Г.А.Делоне, Н.Б.Делоне. Письма ЖЭТФ, 3, 480, 1966.

- [2] Г.С.Воронов, М.М.Горбунков, Г.А.Делоне, Н.Б.Делоне, Л.В.Келдыш, М.С.Рабинович. Докл. на 7 конф. по ионизированным газам, Белград, 1965 г.
- [3] Г.С.Воронов. ЖЭТФ, 51, 5, 1966.
- [4] Л.В.Келдыш, ЖЭТФ, 47, 1945, 1964.