

## ЧАСТОТНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЦЕССА МНОГОФОТОННОЙ ИОНИЗАЦИИ МОЛЕКУЛЫ ВОДОРОДА

Н. К. Бережецкая, Н. Б. Делоне, Т. Т. Уразбаев

Резонансное воздействие лазерного излучения на молекулы представляет большой интерес, как новое физическое явление, имеющее большое значение для практики [1]. Эксперимент, проведенный нами, позволил наблюдать резонансный характер процесса многофотонной ионизации молекулы водорода.

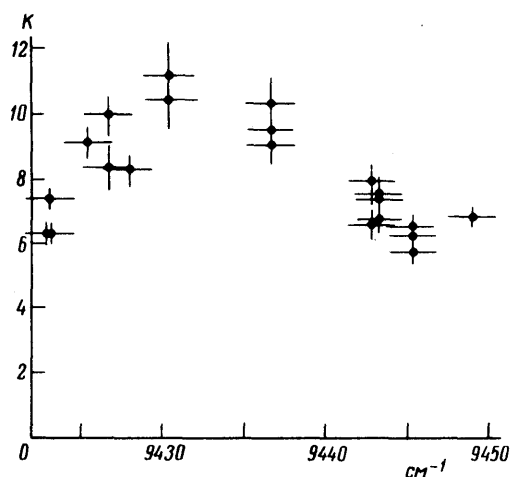
В эксперименте использовался неодимовый лазер с изменяемой частотой генерации, работающей в режиме гигантского импульса. Изменение частоты осуществлялось при помощи сложного резонатора, включающего в себя два интерферометра Фабри – Перо, работающих на пропускание. Полуширина линии генерации была в  $3 \text{ см}^{-1}$ . Частота генерации изменялась на  $25 \text{ см}^{-1}$  в пределах от  $9423$  до  $9449 \text{ см}^{-1}$ . Лазерное излучение фокусировалось внутри вакуумной камеры, наполняемой водородом до давления  $\sim 10^{-5} \text{ тор}$ . В таких условиях за время лазерного импульса ( $\tau \sim 10^{-8} \text{ сек}$ ) в области фокусировки лазерного излучения ( $d \sim 100 \text{ мк}$ ) не возникало соударений электронов с молекулами или молекул друг с другом. Ионы, образованные в области фокусировки излучения, ускорялись в слабом постоянном поле ( $\sim 100 \text{ в/см}$ ), делились по массам в пролетном промежутке и регистрировались электронным умножителем. Интенсивность излучения в области фокусировки определялась путем измерения энергии, прошедшей через область фокусировки в импульсе излучения лазера, пространственного распределения излучения в этой области и распределения излучения по длительности гигантского импульса. Изменение интенсивности излучения осуществлялось путем аттенюации излучения на входе в камеру фильтрами из цветного оптического стекла. Более подробно методика эксперимента описана в [2].

При различных частотах излучения измерялось число образованных ионов (в относительных единицах) в зависимости от интенсивности излучения  $F$ . Для сравнения результатов, полученных при различных частотах, зависимость  $N_i(F)$  аппроксимировалась степенным законом  $N_i \sim F^K$ .

При всех частотах излучения максимальная напряженность электрического поля лазерного излучения составляла  $E = (7 \pm 2) \cdot 10^7 \text{ в/см}$ . Измеренные показатели степенной зависимости  $K$ , как функция частоты излучения приведены на рисунке. При незначительном изменении частоты излучения (на доли %), наблюдается резкое изменение характера процесса многофотонной ионизации. Значение  $K$  изменяется в пределах от 6 до 11. Число квантов, поглощение которых необходимо для ионизации молекулы водорода,

$$K_0 = \langle l / \hbar \omega + 1 \rangle = 13.$$

Показатели степенной зависимости  $K < K_0$  наблюдались ранее и при исследовании процесса многофотонной ионизации атомов. Причина такого явления, обнаруженная к настоящему времени экспериментально, — возникновение резонанса между энергией нескольких квантов и энергией связанного состояния электрона в атоме [2]. В случае резонанса процесс ионизации происходит в два этапа; многофотонное резонансное возбуждение атома (молекулы) и последующая ионизация возбужденного атома (молекулы). Изменение показателя степенной зависимости является следствием штарковского сдвига резонансного уровня и насыщения второго этапа перехода, являющегося относительно малофотонным [3].



Естественно предположить, что и в случае многофотонной ионизации молекулы водорода отличие показателя степени  $K$  от числа поглощаемых квантов связано с резонансом или резонансами. Это предположение подтверждается сильной зависимостью  $K$  от частоты. Значительно труднее в данное время однозначно связать это явление с конкретным резонансным процессом. Анализ спектра молекулы водорода показывает, что не возникает резонанса с колебательными уровнями основного состояния. Разрешенные по четности резонансные электронные переходы могут происходить при поглощении 11 квантов ( $1^1\Sigma_g \rightarrow 2^1\Pi_u$ ) или 12 квантов ( $1^1\Sigma_g \rightarrow 3^1\Sigma_g$ ) излучения неодимового лазера. Наличие вращательных и колебательных степеней свободы возбужденных электронных состояний расширяет число возможных резонансных переходов, что также затрудняет интерпретацию экспериментальных данных, однако, не противоречит высказанной выше гипотезе. Для дальнейшего исследования данного эффекта необходимо увеличить интервал изменения частоты, уменьшить ширину линии излучения, а также провести измерения резонансной зависимости вероятности многофотонной ионизации от частоты.

Следует отметить, что резкая частотная зависимость характера процесса многофотонной ионизации указывает на трудность интерпретации экспериментальных данных, полученных ранее [4] при фикси-

рованной частоте излучения, а в случае неодимового лазера при широком ( $\geq 10 \text{ см}^{-1}$ ) спектре генерации.

Авторы благодарны Д.Т.Алимову за помощь при проведении эксперимента, а также Г.А.Делоне и М.С.Рабиновичу за полезные обсуждения.

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

Поступила в редакцию  
16 марта 1972 г.

### Литература

- [ 1 ] Н.В.Карлов, Ю.Н.Петров, А.М.Прохоров, О.М.Стельмах. Письма в ЖЭТФ, **11**, 220, 1970; Н.Д.Артамонова, В.Т.Платоненко, Р.В.Хохлов. ЖЭТФ, **58**, 2195, 1970; Н.В.Кархов, Ю.Б.Конев, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, **14**, 178, 1971; Ю.В.Афанасьев, В.М.Беленов, А.И.Маркин, И.А.Полуэктов. Письма в ЖЭТФ, **13**, 462, 1971.
- [ 2 ] Г.А.Делоне, Н.Б.Делоне. Письма в ЖЭТФ, **10**, 413, 1969; G. Vagvtan, R. Benattar, J. Bretagne, J. Godart, G. Sultan. Appl. Phys. Lett., **16**, 162, 1970; Д.Т.Алимов, Н.К.Бережецкая, Г.А.Делоне, Н.Б.Делоне. Кр. сообщения по физике (ФИАН), **11**, 21, 1971.
- [ 3 ] Г.А.Делоне, Н.Б.Делоне, Г.К.Пискова. ЖЭТФ, **62**, 1272, 1972; Proc. 10 Int. Conf. Phys. Ionis. Gases, Oxford, 1971, p. 39.
- [ 4 ] Н.К.Бережецкая, Г.С.Воронов, Г.А.Делоне, Н.Б.Делоне, Г.К.Пискова. ЖЭТФ, **58**, 753, 1970; Г.С.Воронов, Г.А.Делоне, Н.Б.Делоне, О.В.Кудреватова. Письма в ЖЭТФ, **2**, 377, 1965.