

Письма в ЖЭТФ, том 11, стр. 562 – 565

5 июля 1970 г.

**АНОМАЛЬНОЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ ИОНА CO^+ ,
ОБРАЗОВАННОГО ПРИ СТОЛКНОВЕНИЯХ ИОНОВ
БЛАГОРОДНЫХ ГАЗОВ С МОЛЕКУЛАМИ CO**

*Г.Н.Полякова, В.Ф.Ермо, А.В.Зац, Я.М.Фогель,
Г.Д.Толстоуцкая*

В последние годы были опубликованы работы [1–3], в которых наблюдалось отклонение от принципа Франка – Кондона при заселении колебательных уровней возбужденных электронных состояний двухатомных молекулярных ионов, обра-

зованных при медленных столкновениях ионов с молекулами в основном электронном состоянии. В работах [1, 2] наблюдалось увеличение заселенностей колебательных уровней с колебательным квантовым числом $\nu' = 1, 2, 3$ состояния $B^2\Sigma_u^+$ молекулярного иона N_2^+ возбужденного при столкновениях различных ионов со скоростью $v < 1 \cdot 10^8$ см/сек с молекулами N_2 .

В работе [3] наблюдалось отклонение от принципа Франка — Кондона при заселении колебательных уровней $\nu' = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ возбужденного электронного состояния $A^2\Pi$ иона CO^+ , образованного при столкновениях ионов Ar^+ с энергией 1 кэв с молекулами CO .

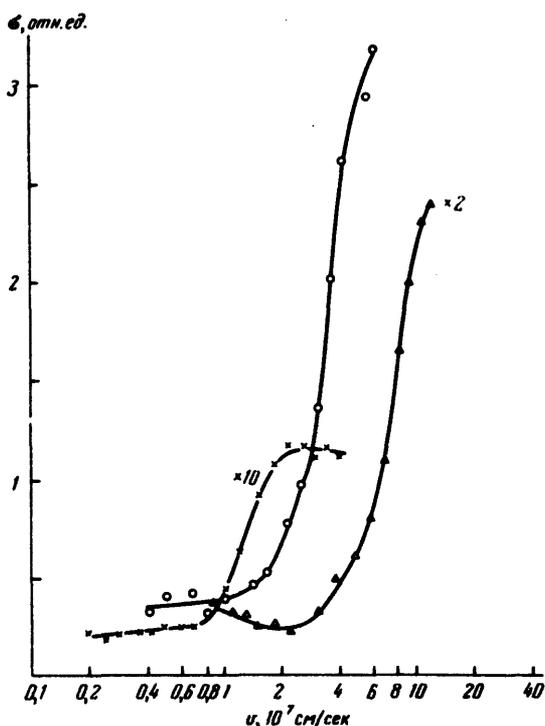


Рис. 1. Функция возбуждения полосы (2,0) ионов CO^+ ($A^2\Pi - X^2\Sigma$): Δ — He^+ , \circ — Ne^+ , \times — Ar^+

Представляло интерес изучить эффект аномального заселения колебательных уровней состояния $A^2\Pi$ иона CO^+ , образованного при столкновениях с молекулой CO различных ионов со скоростями $v < 1 \cdot 10^8$ см/сек. В настоящей работе молекулярный ион CO^+ в состоянии $A^2\Pi$ возникал при столкновениях ионов He^+ , Ne^+ и Ar^+ с энергией 0,16 — 30 кэв с молекулами CO . Экспериментальная установка, на которой производились измерения, описана в работе [1]. Эффективные сечения σ образования ионов $CO^+(A^2\Pi)$ в различных колебательных состояниях определялись в относительных единицах путем измерения интенсивностей полос системы хвостов комет, испускаемых при переходах $A^2\Pi - X^2\Sigma$ ($X^2\Sigma$ — основное состояние иона CO^+). Функции $\sigma(v)$ были определены для полос системы хвостов комет с колебательными переходами (0,1), (1,0), (2,0), (2,1), (1,1), (3,0), и (4,2). На рис. 1 приведены функции $\sigma(v)$ для полосы (2,0), возбужденной ударом ионов He^+ , Ne^+ и Ar^+ . Такой же вид имели функции для других полос системы $A^2\Pi - X^2\Sigma$. С помощью измеренных эффективных сечений возбуждения системы $A^2\Pi - X^2\Sigma$ и вероятностей перехода между состояниями $A^2\Pi$ и $X^2\Sigma$ иона CO^+ , взятых из работы [4], были вычислены относительные заселенности колебательных уровней $\nu' = 0, 1, 2, 3, 4$ состояния $A^2\Pi$ иона CO^+ .

Зависимости заселенностей этих колебательных уровней от скорости ионов He^+ , Ne^+ и Ar^+ приведены на рис. 2. На рис. 2 пунктирные прямые параллельные оси абсцисс проведены на высоте, соответствующей заселенности данного колебательного уровня иона $\text{CO}^+(\text{A}^2\Pi)$ по принципу Франка - Кондона. Эти заселенности были нами определены экспериментально по измеренным относительным интенсивностям полос системы $\text{A}^2\Pi - \text{X}^2\Sigma$, возбужденных электронами с энергией 600 эв. Экспериментальные и рассчитанные [5] значения этих заселенностей оказались близкими друг к другу.

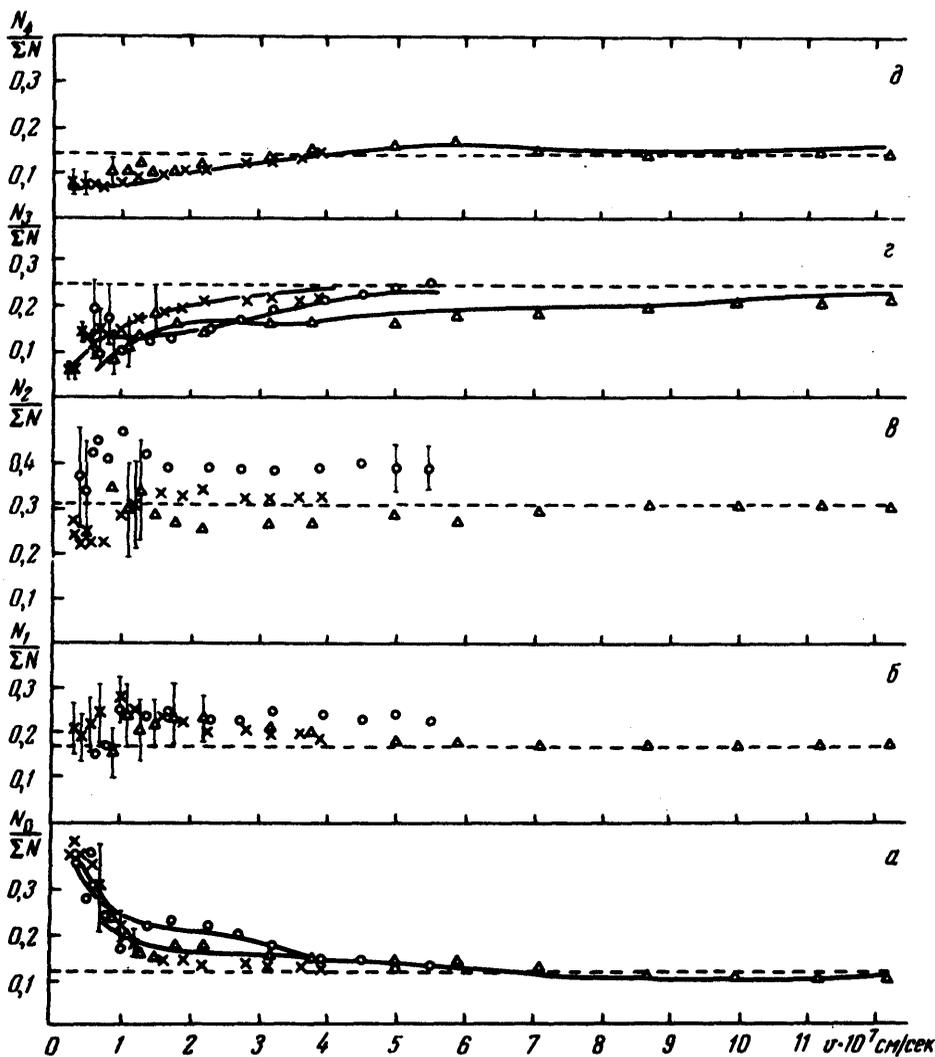


Рис. 2. Зависимости относительной заселенности колебательных уровней состояния $\text{A}^2\Pi$ иона CO^+ от скорости налетающих частиц: Δ - He^+ , \circ - Ne^+ , \times - Ar^+

Обратившись к рис. 1 можно констатировать, что быстрое уменьшение величины σ с уменьшением скорости налетающих частиц начиная со скоростей $1 + 4 \cdot 10^7$ см/сек прекращается и с дальнейшим уменьшением скорости эффективное сечение процесса уменьшается очень медленно, а в случае ионов He^+ даже наблюдается тенденция к росту величины σ .

Область скоростей, в которой наблюдается медленное изменение величины σ со скоростью является адиабатической. Это заключение основано на том, что эта область значительно сдвинута в сторону уменьшающихся скоростей по отношению к максимуму кривой $\sigma(v)$ ¹⁾.

Таким образом, можно утверждать, что в области скоростей $v < 1 + 4 \cdot 10^7$ см/сек наблюдается ход кривой $\sigma(v)$, отклоняющейся от того, что можно было ожидать на основании адиабатической гипотезы Мессе.

Рассмотрение рис. 2 показывает, что точки зависимости относительной заселенности колебательных уровней иона $CO^+(A^2\Pi)$ от скорости налетающих частиц при скоростях $v > 2 + 4 \cdot 10^7$ см/сек ложатся на пунктирную прямую. Это означает, что заселение колебательных уровней состояния $A^2\Pi$ иона CO^+ при его образовании в процессе столкновения налетающей частицы с молекулой CO происходит в соответствии с принципом Франка — Кондона. Однако при скоростях $v < 2 + 4 \cdot 10^7$ см/сек заселенности колебательных уровней иона $CO^+(A^2\Pi)$ отклоняются от значений, соответствующих принципу Франка — Кондона. Для уровня $v' = 0$ заселенность увеличивается, а для уровней $v' = 3$ и 4 уменьшается по сравнению с заселенностями по принципу Франка — Кондона. Величина отклонения растет с уменьшением скорости налетающей частицы. В случае уровней $v' = 1, 2$ величина отклонения не превосходит ошибку измерений.

Сопоставление кривых, приведенных на рис. 1 и 2, позволяет сделать вывод о том, что области скоростей, в которых наблюдается аномальный ход кривых $\sigma(v)$ и имеет место отклонение от принципа Франка — Кондона при заселении колебательных уровней иона CO^+ , примерно совпадают. Это позволяет сделать предположение о том, что оба указанных эффекта обусловлены одной и той же причиной. В настоящее время аномальный ход кривых $\sigma(v)$ в адиабатической области скоростей объясняется на основе предположения о сближении или пересечении поверхностей потенциальной энергии начального и конечного состояний системы сталкивающихся частиц. Это же обстоятельство может быть одной из причин, вызывающей аномальное по сравнению с принципом Франка — Кондона заселение колебательных уровней иона $CO^+(A^2\Pi)$, который возникает при распаде образующейся в процессе столкновения налетающего иона с молекулой CO квазимолекулы.

Физико-технический институт
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
4 мая 1970г

Литература

- [1] Г.И.Полякова, Я.М.Фогель, В.Ф.Ерко, А.В.Зац, А.Г.Толстолуцкий. АЭТФ, 54, 374, 1968.
- [2] J.H.Moore, Jr., P.Daering. Phys. Rev., 177, 218, 1969.
- [3] M.Lipeles. J.Chem. Phys., 51, 1252, 1969.
- [4] R.W.Nichols. Can. J. Phys., 40, 1772, 1962.
- [5] M.E.Wacks. J.Chem. Phys., 41, 930, 1964.

¹⁾ Величины v_{max} (v_{max} — скорость налетающей частицы, при которой имеет место максимум эффективного сечения процесса), рассчитанные на основании известного критерия Мессе — Хастеда, оказались равными $1,3 \cdot 10^8$ см/сек, $7,8 \cdot 10^7$ см/сек и $2,1 \cdot 10^7$ см/сек соответственно для ионов He^+ , Ne^+ и Ar^+ .