

# ЭФФЕКТИВНЫЕ СЕЧЕНИЯ И ФУНКЦИИ ВОЗБУЖДЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПОЛОС ИОНА $\text{CO}_2^+$ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ЭЛЕКТРОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ (0.4 ÷ 20) кэВ

А. Г. Коваль, В. Т. Коппе, Н. П. Данилевский и Л. И. Попова

В настоящей работе были измерены эффективные сечения возбуждения девяти полос системы Фокса, Даффендака, Баркера (ФДБ)  $\text{CO}_2^+$ , возникающие при переходах  $2\Pi_{1/2} - 2\Pi_{1/2}$  и  $2\Pi_{3/2} - 2\Pi_{3/2}$ .<sup>1</sup>

$\lambda, \text{Å}$	Переход ( $v', v''$ )	$\sigma, 10^{-19} \text{ см}^2$ , настоящая работа	$\sigma$ , относи- тельные единицы, настоящая работа	$\sigma$ , относи- тельные единицы, [ <sup>2</sup> ]	$\sigma$ , относи- тельные единицы, [ <sup>3</sup> ]
3870	$2\Pi_{1/2} - 2\Pi_{1/2}$ (1.3)	0.49	0.78	} 2	1.25
3874	$2\Pi_{3/2} - 2\Pi_{3/2}$ (2.4)	1.47	2.34		1.25
3962	$\epsilon$	0.55	0.87	1.33	
4047 {	$2\Pi_{1/2} - 2\Pi_{1/2}$ (0.3)	} 0.42	0.67	1	0.56
	$2\Pi_{3/2} - 2\Pi_{3/2}$ (1.4)				
4068	$2\Pi_{1/2} - 2\Pi_{1/2}$ (1.4)	0.56	0.89	1	0.62
4108 {	$2\Pi_{1/2} - 2\Pi_{1/2}$ (2.5)	} 0.63	1	1	1
	$2\Pi_{3/2} - 2\Pi_{3/2}$ (3.6)				
4122 {	$2\Pi_{1/2} - 2\Pi_{1/2}$ (3.6)	} 1.16	1.84	1.33	1.87
	$2\Pi_{3/2} - 2\Pi_{3/2}$ (4.7)				
4141	$2\Pi_{1/2} - 2\Pi_{1/2}$ (4.7)	0.92	1.47	1.33	1.25
4159	$2\Pi_{1/2} - 2\Pi_{1/2}$ (5.8)	0.63	1	0.67	0.62

В таблице приведены значения эффективных сечений возбуждения измеренных полос при энергии электронов  $E=4$  кэВ. Как видно из таблицы, значения измеренных эффективных сечений возбуждения невелики и находятся в пределах от  $0.4 \cdot 10^{-19}$  до  $1.26 \cdot 10^{-19} \text{ см}^2$ . В колонках 5 и 6 таблицы приведены результаты относительных измерений из работ [<sup>2</sup>, <sup>3</sup>], нормированные и связанные с нашими данными по полосе 4108 Å. В колонке 4 приведены относительные сечения сравниваемых полос, по данным настоящей работы. Каждая из полос 4047, 4108 и 4122 Å представляет собой наложение двух полос с разными переходами, которые в настоящей работе не разрешались. Поскольку в работе [<sup>3</sup>] приведены интенсивности разрешенных полос, для сопоставления с нашими данными в колонке 6 приведены их суммарные интенсивности. Учитывая большую ошибку измерения сечений возбуждения полос этой системы, наблюдаемое согласие результатов работ [<sup>2</sup>, <sup>3</sup>] с результатами наших измерений можно признать хорошим. Наибольшие различия между данными разных авторов не превышают 50%.

Для семи полос системы ФДБ  $\text{CO}_2^+$ , расположенных в видимой области спектра, измерены функции возбуждения в интервале энергии электронов (0.4 ÷ 20) кэВ. Функции возбуждения этих полос приведены на рисунке. Как видно, ход всех измеренных функций возбуждения в исследованном интервале энергий электронов одинаков в пределах ошибки измерений.

Расчет в первом борновском приближении энергетических зависимостей эффективных сечений возбуждений оптически разрешенных переходов приводит к формуле

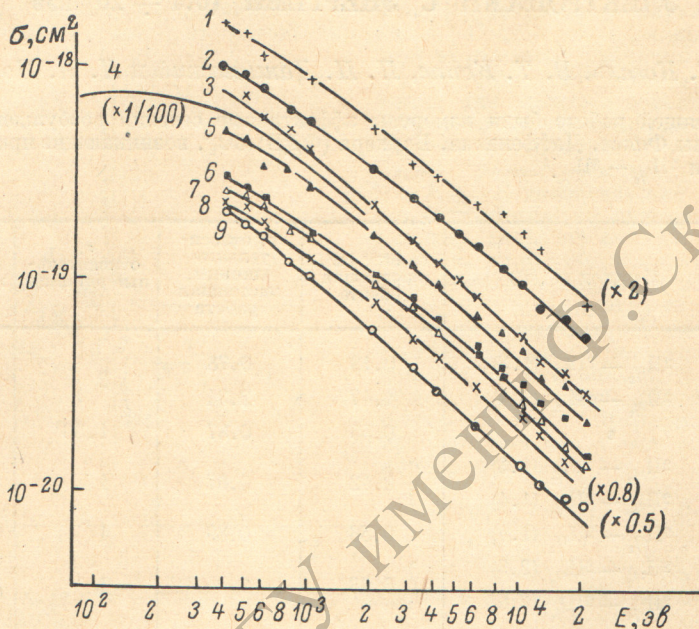
$$\sigma = \sigma_0 \frac{\ln cE}{E},$$

где  $\sigma_0 = \text{const}$ ,  $c = 4/(E_b - E_0)$ ,  $E_b$  — энергия верхнего возбужденного состояния,  $E_0$  — энергия основного состояния молекулы. Как видно из рисунка, измеренные функции возбуждения при  $E > 0.6$  кэВ хорошо согласуются с теоретическим расчетом, проведенным в первом борновском приближении.

<sup>1</sup> В работе используется расшифровка колебательных переходов, данная Морозовским [<sup>1</sup>]. Для полосы 3962 Å ( $\epsilon$ ) колебательный переход не известен.



Функции возбуждения полос, исследованных в настоящей работе, другими авторами не измерялись. Ввиду этого произвести сравнение наших результатов с результатами других авторов не представляется возможным. Однако можно произвести сопоставление измеренных нами функций возбуждения с функциями возбуждения других полос этой же системы, измеренными в работе [2] в ультрафиолетовой области спектра (см. рисунок, кривая 4). Как видно из рисунка, в области перекрывающихся энергий



Функция возбуждения полос ФБД иона  $\text{CO}_2^+$  и  $\text{CO}^+$ . 1 — пол. (2—3) хв. к.  $\text{CO}^+$ , 2 — 3874 Å, 3 — 4122 Å, 4 — функция возбуждения состояния  $^2\Pi$  и  $\text{CO}_2^+$ , 5 — 4141 Å, 6 — 4108 Å, 7 — 3962 Å, 8 — 4068 Å, 9 — 4159 Å. Коэффициенты у кривых 1, 4, 8 и 9 означают, что значения величин для этих кривых изменены от истинного значения на указанный коэффициент.

ход функций возбуждения настоящей работы и работы [2] аналогичен. Представляет некоторый интерес произвести сопоставление функций возбуждения полос  $\text{CO}_2^+$  и полос иона  $\text{CO}^+$ , поскольку потенциалы возбуждения системы полос ФБД  $\text{CO}_2^+$  близки к потенциалам возбуждения полос хвостов комет иона  $\text{CO}^+$ . Следовательно, ход функций возбуждения полос этих систем при энергиях, для которых справедливо борновское приближение, должен быть аналогичен. Действительно, как видно из рисунка, ход функций возбуждения полос систем хвостов комет  $\text{CO}^+$  почти такой же, как и полос систем ФБД  $\text{CO}_2^+$ .

Считаем своим приятным долгом выразить глубокую благодарность Я. М. Фогелю за постоянный интерес к настоящей работе и ценные советы при ее выполнении.

#### Литература

- [1] S. Mrozowski. Phys. Rev., 60, 730, 1941; 62, 270, 1942; 72, 682, 691, 1947.
- [2] J. W. McCoskey, D. J. Burns, J. M. Woolsey. Proc. Phys. Soc., B, 1, 71, 1968.
- [3] H. Nishimura. J. Phys. Soc. Japan, 24, 130, 1968.
- [4] В. Т. Коппе, А. Г. Коваль, Б. М. Физгеер, Я. М. Фогель, С. И. Иванов. ЖЭТФ, 59, 1878, 1970.

Поступило в Редакцию 1 июля 1971 г.