

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ АТОМНЫХ ПАРОВ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ ПО ДВУМ РЕЗОНАНСНЫМ ЛИНИЯМ ИССЛЕДУЕМОГО ЭЛЕМЕНТА

Е. Ю. Яблочков и В. Г. Мурадов

Описан вариант метода оптического поглощения, позволяющий определять давление атомного пара при отсутствии в литературе данных по уширяющим сечениям резонансных столкновений. Методика основана на измерениях, проводимых в одном и том же интервале температур методами линейчатого и полного поглощения по двум резонансным линиям исследуемого элемента, силы осцилляторов которых существенно различаются по величине.

В работах [1, 2] показано, что метод полного поглощения может использоваться для определения давления пара металлов, если известно значение сечения уширяющих резонансных столкновений σ . К сожалению, в литературе отсутствуют достаточно полные данные по величинам σ для многих элементов.

В данной работе показывается, что при наличии у элементов двух резонансных линий, силы осцилляторов f которых существенно различаются по величине, метод полного поглощения можно использовать для определения давления атомного пара при отсутствии данных по σ . Предлагаемая методика значительно проще, чем описанная в работе [3]. Она не требует применения постороннего газа, как это делается в работах [4, 5] при определении давления атомного пара и сечений уширяющих столкновений комбинированным методом линейчатого и полного поглощения.

Выделим область температур, в пределах которой можно провести измерения для определения коэффициента поглощения $(k_0)_1$ в центре доплеровской линии λ_1 методом линейчатого поглощения. При этом используется резонансная линия с малой величиной f_1 . Тогда для второй линии λ с большей силой осцилляторов f значения k_0 в той же области температур можно рассчитать по формуле

$$k_0 = (k_0)_1 \frac{f\lambda}{f_1\lambda_1}. \quad (1)$$

Далее, измерив для линии λ в выбранной области температур величины полного поглощения A_λ , можно определить по найденным k_0 неизвестное пока значение σ методом подбора, добившись совпадения рассчитанной по методике [1] величины A_λ с экспериментально найденным значением. Дальнейшая схема расчета давления пара подробно описана в работе [1].

Предлагаемый вариант метода оптического поглощения использован для определения давления атомного пара цинка и кадмия по линиям, для которых неизвестны значения σ . Измерения проводились в области поглощений, где основная роль принадлежит дисперсионным крыльям линий. Исследуемый образец помещался в откачанную до высокого вакуума кварцевую кювету. На экспериментальной установке, описанной в работе [1], измерены величины A_λ для ZnI 213.9 нм в области температур 337—480° С и для CdI 228.8 нм в интервале 170—350° С.

Таблица 1
К расчету сечения резонансных столкновений

λ , нм	A	B	T, К	$\lg \frac{A_y}{\Delta\nu_D}$	$k_0 l \cdot 10^{-4}$	l, см	$C_1 \cdot l \cdot 10^8$	C_2	$\sigma \cdot 10^{12}$, см ² , надежность 0.95
213.9	17.36	6140	693	2.153	17.36	10.05	4.422	0.6213	1.6 ± 0.5
			693	2.113	17.36		3.015		
			713	2.325	29.47		4.321		
			713	2.286	29.47		3.216		
228.8	18.52	5940	603	2.370	30.84	9.8	5.488	0.7616	3.2 ± 1.3
			603	2.341	30.84	9.8	3.920		
			603	2.002	5.822	1.85	5.550		
			603	2.061	5.822	1.85	7.400		

Измерения методом линейчатого поглощения по линиям ZnI 307.6 нм и CdI 326.1 нм выполнены авторами работ [6, 7], которые использовали высокочастотные спектральные шариковые лампы типа ВСБ-2 и при расчете величины $(k_0)_1$ учитывали сверхтонкую структуру линий. Так как измеренные величины оптической плотности пара не превышали единицы,

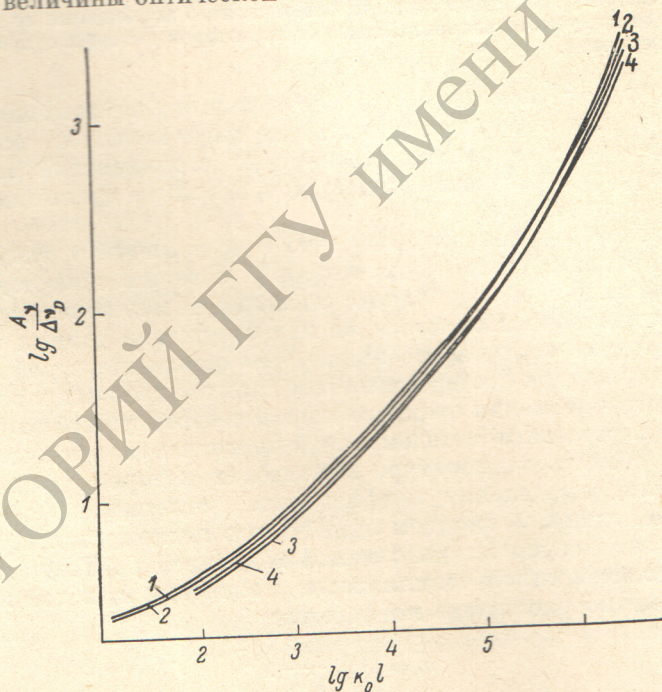


Рис. 1. Используемые кривые роста.

1, 2 — Cd I 228.8 нм для $l=9.8$ см, $T_1=650$ К, $T_2=450$ К соответственно; 3, 4 — Zn I 213.9 нм для $T_3=800$ К, $T_4=600$ К соответственно.

контур линий излучения и поглощения в работах [6, 7] принимался доплеровским.

Значения $(k_0)_1$ для линий ZnI 307.6 нм и CdI 326.1 нм, заимствованные из работ [6, 7], использовали для нахождения величин k_0 по формуле (1). Далее методом наименьших квадратов рассчитывали уравнение

$$\lg(k_0 T^{3/2}) = A - BT^{-1} \quad (2)$$

для ZnI 213.9 нм и CdI 228.8 нм в области температур 298—444 и 150—258° С соответственно.

Таблица 1

К расчету сечения резонансных столкновений

λ , нм	A	B	T, К	$\lg \frac{A\gamma}{\Delta\nu_D}$	$k_0 l \cdot 10^{-4}$	l, см	$C_1 \cdot l \cdot 10^8$	C_2	$\sigma \cdot 10^{12}$, см ² , надежность 0.95
213.9	17.36	6140	693	2.153	17.36	10.05	4.422	0.6213	1.6 ± 0.5
			693	2.113	17.36		3.015		
			713	2.325	29.47		4.321		
			713	2.286	29.47		3.216		
228.8	18.52	5940	603	2.370	30.84	9.8	5.488	0.7616	3.2 ± 1.3
			603	2.341	30.84		3.920		
			603	2.002	5.822	1.85	5.550		
			603	2.061	5.822		7.400		

Измерения методом линейчатого поглощения по линиям ZnI 307.6 нм и CdI 326.1 нм выполнены авторами работ [6, 7], которые использовали высокочастотные спектральные шариковые лампы типа ВСБ-2 и при расчете величины $(k_0)_1$ учитывали сверхтонкую структуру линий. Так как измеренные величины оптической плотности пара не превышали единицы,

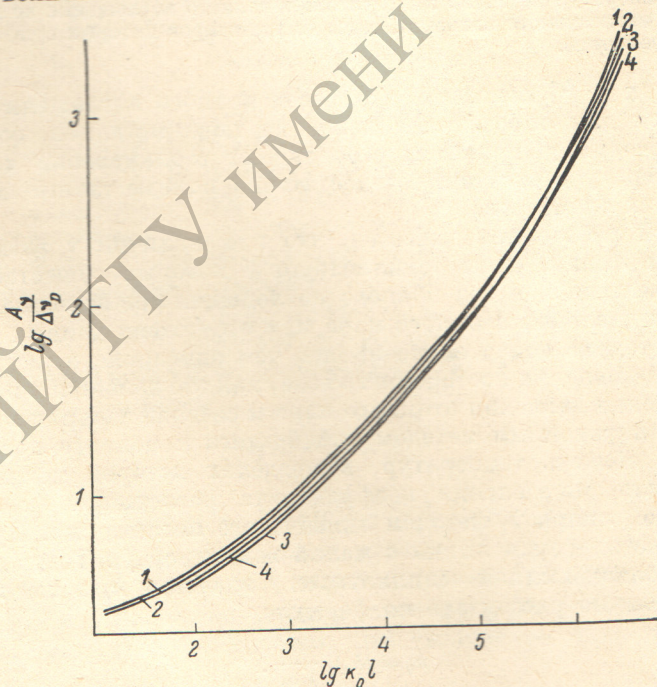


Рис. 1. Используемые кривые роста.

1, 2 — Cd I 228.8 нм для $l=9.8$ см, $T_1=650$ К, $T_2=450$ К соответственно; 3, 4 — Zn I 213.9 нм для $T_3=800$ К, $T_4=600$ К соответственно.

контур линий излучения и поглощения в работах [6, 7] принимался доплеровским.

Значения $(k_0)_1$ для линий ZnI 307.6 нм и CdI 326.1 нм, заимствованные из работ [6, 7], использовали для нахождения величин k_0 по формуле (1). Далее методом наименьших квадратов рассчитывали уравнение

$$\lg(k_0 T^{3/2}) = A - BT^{-1} \quad (2)$$

для ZnI 213.9 нм и CdI 228.8 нм в области температур 298—444 и 150—258° С соответственно.

Таблица 2

Величины естественной ($\Delta\nu_N$) и резонансной ($\Delta\nu_L$) ширины использованных линий Zn и Cd в исследованной области температур

λ , нм	$\Delta\nu_N \cdot 10^{-7}$, с ⁻¹	T , К	$\Delta\nu_L \cdot 10^{-7}$, с ⁻¹	$k_0 l \cdot 10^{-4}$
ZnI 213.9	9.27	610	1.29	0.955
		683	19.8	13.01
		753	124	74.13
CdI 228.8	8.10	443	0.00733	0.0277
		543	1.05	3.236
		623	19.6	52.48

Значения коэффициентов A и B приведены в табл. 1.

Здесь же представлены величины коэффициентов c_1 и c_2 , необходимые для расчета параметра Фойхта « a » [1], оптическая длина кювет l , измерен-

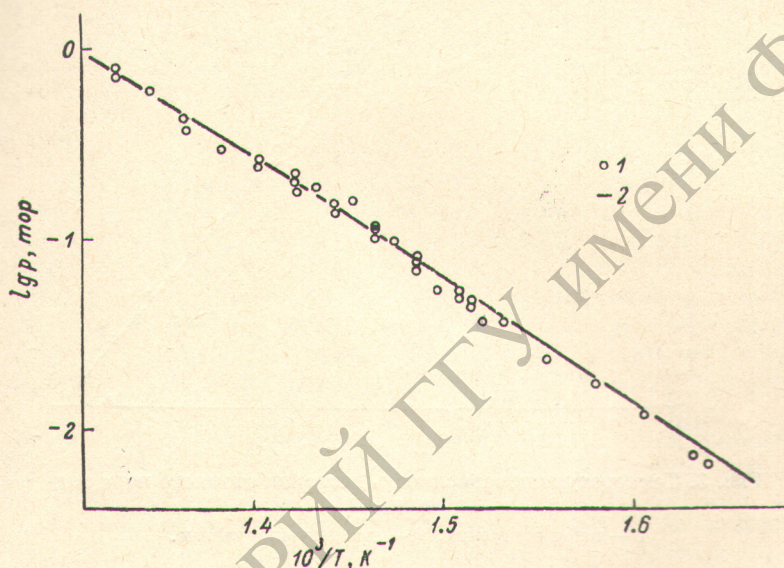


Рис. 2. Температурная зависимость давления атомного пара цинка.

1 — наши измерения, 2 — литературные данные.

ные значения A , в единицах доплеровской ширины линий $\Delta\nu_D$, величины $k_0 l$, определенные с помощью уравнения (2), и найденные из величин c_1 значения σ [1]. Для линии CdI 228.8 нм из-за слабого влияния резонансного уширения по сравнению с естественным при температурах меньше 600 К уравнение (2) экстраполировали в область более высоких температур. Необходимые при расчетах значения f брались из работы [8].

Кривые роста, рассчитанные на основе найденных значений σ с учетом сверхтонкой структуры линий ZnI 213.9 нм [9] и CdI 228.8 нм, показаны на рис. 1. С помощью кривых по измеренным значениям A и T определяли величины $k_0 l$, которые использовали для расчета давления атомного пара цинка p_{Zn} и кадмия p_{Cd} .

В табл. 2 приведены величины резонансного и естественного уширений ($\Delta\nu_L$ и $\Delta\nu_N$ соответственно) линий ZnI 213.9 нм и CdI 228.8 нм в изученной области температур. Из табл. 2 видно, что в условиях проведенного эксперимента естественное и резонансное уширения соизмеримы. Следовательно, в этих условиях не выполняются соотношения $A, \sim \sqrt{N}$ (справедливое при $a = \text{const}$) и $A \sim N$ (справедливое при $\Delta\nu_L \gg \Delta\nu_N$). Здесь N — концентрация невозбужденных атомов в паре.

Результаты определения давления атомных паров цинка и кадмия приведены на рис. 2 и 3 соответственно. Здесь же приведены литературные данные [10] для p_{Zn} и p_{Cd} , которые удовлетворительно согласуются с найденными значениями и тем самым подтверждают корректность предлагаемой методики определения эффективных сечений уширяющих резонансных столкновений и давления пара.

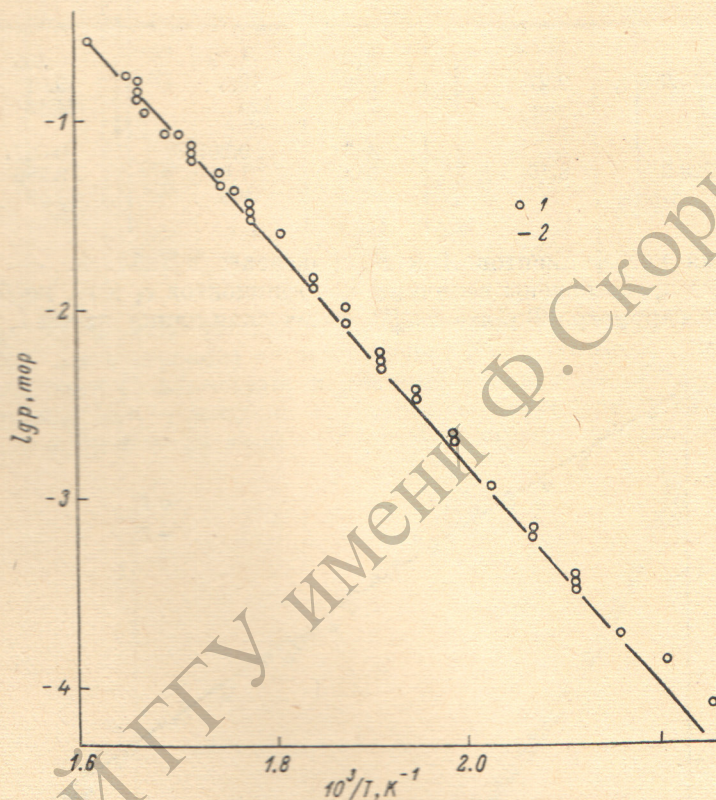


Рис. 3. Температурная зависимость давления атомного пара кадмия.

1 — наши измерения, 2 — литературные данные.

Литература

- [1] Е. Ю. Яблочков, В. Г. Мурадов. *Опт. и спектр.*, 41, 367, 1976.
- [2] Е. Ю. Яблочков, В. Г. Мурадов. В сб.: *Вопросы оптоэлектроники и спектроскопии*, вып. 3. Ульяновск, 1975.
- [3] P. A. Rice, D. V. Ragone. *J. Chem. Phys.*, 42, 701, 1965.
- [4] Б. В. Львов. *J. Q. S. R. T.*, 12, 651, 1972.
- [5] А. М. Немец, Г. И. Николаев. *Ж. прикл. спектр.*, 18, 571, 1973.
- [6] О. Н. Мурадова, В. Г. Мурадов. *Изв. вузов, физика*, № 12, 44, 1971.
- [7] О. Н. Мурадова, В. Г. Мурадов, И. С. Фишман. *Ж. прикл. спектр.*, 14, 364, 1971.
- [8] С. Э. Фриш. *Оптические спектры атомов*. ФМ, М.—Л., 1963.
- [9] О. Н. Мурадова. Автореф. канд. дисс., Ульяновск, 1970.
- [10] Ан. Н. Несмеянов. *Давление пара химических элементов*. Изд. АН СССР, М., 1961.

Поступило в Редакцию 11 ноября 1976 г.
В окончательной редакции 28 июля 1977 г.