

- [3] И. Е. Болдескул, Ю. П. Егоров, Ю. П. Маковецкий, Е. В. Рыльцев, Н. Г. Фещенко. Ж. прикл. спектр., 18, 707, 1973.
 [4] Ю. П. Егоров, Е. В. Рыльцев, И. Ф. Цимбал. Опт. и спектр., 35, 283, 1973.
 [5] И. Е. Болдескул, Ю. П. Егоров, Ю. П. Маковецкий, Е. В. Рыльцев, Н. Г. Фещенко. Ж. прикл. спектр., 16, 859, 1972.
 [6] А. М. Розен. Радиохимия, 10, 273, 1968.

Поступило в Редакцию 13 декабря 1973 г.

УДК 539.18

КОЭФФИЦИЕНТ ДИФФУЗИИ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ АТОМОВ РТУТИ В АРГОНЕ

Н. П. Пенкин, Т. П. Редько и Н. А. Крюков

Для решения ряда прикладных задач физики и техники необходимы сведения о коэффициентах диффузии возбужденных атомов в собственном газе и примесях. В предлагаемой работе измерялись коэффициенты диффузии метастабильных атомов ртути ($6^3P_{0,2}$) в аргоне. Для этого методом поглощения изучался спад заселенности состояний $6^3P_{0,2}$ атома ртути в послесвечении положительного столба слаботокового разряда в смеси паров ртути с аргонem.

О применявшейся методике измерения поглощения на линиях видимого триплетта ртути 4047 и 5461 Å (переходы $7^3S_1-6^3P_{0,2}$) подробно рассказано в работе [1]. Там же описывается экспериментальная установка, с помощью которой производились измерения. Разряд зажигался в кварцевой трубке с накаливаемым титаловым катодом. Перегретая под откачкой ртуть помещалась в специальном отростке. Перед началом измерений разрядная трубка тщательно обезгаживалась длительной откачкой диффузионным насосом при прогреве стенок до 400° С. Давление остаточных газов в разрядной трубке не превышало 10^{-6} мм рт. ст. В работе использовался спектрально чистый аргон. Концентрация атомов ртути в нормальном состоянии находилась методом Крюков-Рожественского, для чего фотографировались кривки у интеркомбинационной линии ртути 2537 Å ($6^3P_1-6^1S_0$).

Известно, что в электрическом разряде в смеси двух элементов может происходить разделение элементов по объему разрядной трубки как продольное, так и поперечное (так называемый продольный и поперечный катафорез). Элемент с более низким потенциалом ионизации движется к катоду и стенкам разрядной трубки из-за существования в разряде продольного и поперечного градиентов электрических полей. Продольное разделение в разряде в смеси паров ртути с инертными газами изучалось во многих работах. Было замечено, что количество ртути, переносимой к катоду, линейно растет с ростом тока [2]. Подробно изучались условия, при которых начинает проявляться катафорез [3, 4]. Радиальный катафорез изучен гораздо хуже. В работе [5] экспериментально наблюдалась значительная концентрация метастабильных атомов ртути у стенок разрядной трубки в разряде в смеси паров ртути с аргонem при токах порядка 1 а и малых примесях ртути. С уменьшением тока эта концентрация понижалась. С учетом результатов перечисленных работ были выбраны такие условия эксперимента, когда продольного разделения смеси не наблюдалось, а поперечное разделение было минимальным.

Измерение распада заселенности метастабильных уровней ртути производилось при токах 2 и 5 ма и давлении аргона 0.15—1.0 мм рт. ст. Концентрация нормальных атомов ртути во время эксперимента оставалась постоянной и составляла величину $6.0 \cdot 10^{13}$ см⁻³. Температура атомов принималась равной температуре стенок разрядной трубки (25° С).

Скорость распада метастабильных атомов ртути в послесвечении измерялась в приосевых частях центрального участка положительного столба разряда. Измерения с коротким участком положительного столба (30 см) и с длинным (90 см) дали совпадающие между собой результаты, что свидетельствовало об отсутствии продольного катафореза.

В использованном в работе диапазоне давлений аргона и паров ртути возможны два механизма, ведущие к разрушению метастабильных атомов ртути: диффузия из стенок разрядной трубки и столкновения с электронами, переводящие атомы из метастабильных состояний в состояния 6^1S_0 и 6^3P_1 . При давлении аргона ≤ 0.4 мм рт. ст. второго процесса удалось практически избежать, так как наблюдения проводились при очень малых плотностях разрядного тока (концентрация электронов не превышала 10^{19} см⁻³ [6]). Об этом свидетельствовал чисто экспоненциальный распад заселенности метастабильных уровней в этих условиях (кривая 1 на рис. 1), причем характер распада обоих метастабильных уровней был одинаков. При давлении аргона > 0.4 мм рт. ст. в раннем послесвечении наблюдалась большая скорость распада возбужденных ато-

мов, чем в позднем послесвечении. Это могло быть обусловлено как разрушающими столкновениями с электронами, так и существованием высших диффузионных мод при наличии поперечного катафореза. Лишь по прошествии некоторого времени, когда указанные механизмы переставали играть роль, распад метастабильных атомов становился чисто экспоненциальным. Эффективное время жизни метастабильных атомов

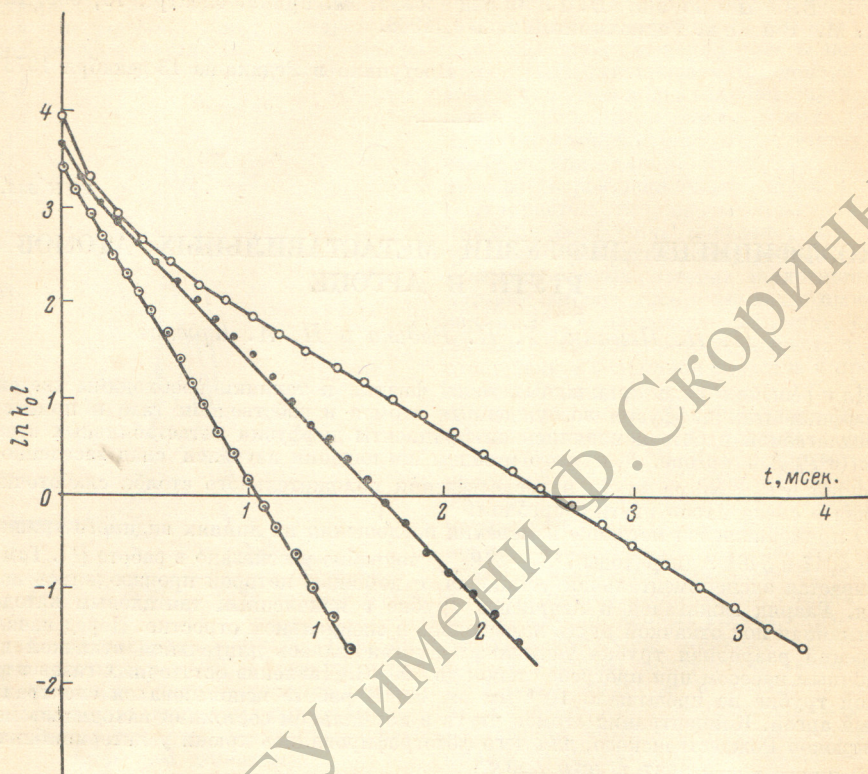


Рис. 1. Распад заселенности уровня 6^3P_2 ($\ln k_0 l \sim \ln N_{mf} l$).

1 — $p_{Ar} = 0.22$ мм рт. ст., $i = 2$ ма; 2 — $p_{Ar} = 0.42$ мм рт. ст., $i = 2$ ма; 3 — $p_{Ar} = 0.87$ мм рт. ст., $i = 2$ ма.

$\tau_{эфф.}$, определенное, как обычно, по углу наклона зависимости $\ln k_0 l$ от времени в позднем послесвечении, связано с коэффициентом диффузии соотношением

$$\tau_{эфф.} = (\mu^2 D_{Hg^* \rightarrow Hg+Ar})^{-1}, \quad (1)$$

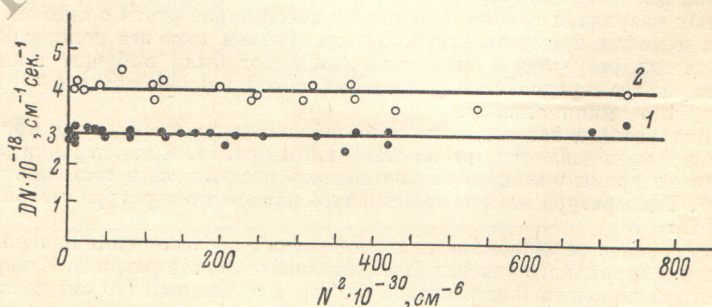


Рис. 2. Определение коэффициентов диффузии метастабильных атомов ртути в аргоне.

1 — уровень 6^3P_0 , 2 — уровень 6^3P_2 .

где $D_{Hg^* \rightarrow Hg+Ar}$ — коэффициент диффузии метастабильных атомов ртути в смеси паров ртути и аргона в $\text{см}^2 \cdot \text{сек}^{-1}$, μ — собственное значение диффузионной задачи. Предполагая, что в позднем послесвечении наблюдается распад метастабильных атомов, отвечающий фундаментальной моде диффузионной задачи, для μ^2 имеем значения 1.00 см^{-2} (длина исследуемого участка трубки 90 см, диаметр 4.8 см) и 1.01 см^{-2} (длина 30 см, диаметр 4.8 см).

Коэффициент диффузии в смеси i компонент для компоненты j , имеющей очень малую концентрацию, выражается через бинарные коэффициенты диффузии следующим образом [7]:

$$D_{j \text{ смеси}}^{-1} = \sum_i f_i D_{ij}^{-1}, \quad (2)$$

где f_i — доля частиц i сорта, D_{ij} — бинарный коэффициент диффузии для смеси $i-j$.

Так как концентрация метастабильных атомов ртути в условиях нашего эксперимента была много меньше концентрации нормальных атомов ртути и аргона, можно было вычислить коэффициент диффузии метастабильных атомов ртути в аргоне по формуле (2). При вычислениях мы использовали значения $D_{\text{Hg}^* \rightarrow \text{Hg} + \text{Ar}}$, полученные по формуле (1), и величины концентрации нормальных атомов ртути, измеренные методом крюков. Значения коэффициентов $D_{\text{Hg}^* \rightarrow \text{Hg}}$ брались из работы [1]. Результаты вычисления величин $D_{\text{Hg}^* - \text{Ar}} N_{\text{Ar}}$ приведены на рис. 2. Видно, что в широкой области изменения давления аргона значения $D_{\text{Hg}^* - \text{Ar}} N_{\text{Ar}}$ остаются постоянными, что оправдывает предположение об отсутствии тушащих столкновений в условиях нашего эксперимента. Точность определения величин DN составляет 10%.

Состояние атома ртути	$DN \cdot 10^{-18}, \text{ см}^{-1} \text{ сек.}^{-1}$		
	настоящая работа	[8]	[9]
6^3P_2	4.0	100	—
6^3P_0	2.8	30	—
6^1S_0	—	—	3.2

Усредненные значения коэффициентов диффузии представлены в таблице. Ранее эти величины измерялись в работе [8]. Значения, полученные там, также приведены в таблице. Большое расхождение с результатами настоящей работы, вероятно, объясняется недостаточной чистотой эксперимента в работе [8]. Известно, что молекулярные примеси интенсивно тушат метастабильные состояния ртути. Пренебрежение этим процессом приведет к завышению определяемых коэффициентов диффузии в том случае, когда в разрядной трубке остаются следы молекулярных газов.

В таблице приводится также значение коэффициента диффузии нормальных атомов ртути в аргоне [9]. Видно, что коэффициенты диффузии возбужденных и нормальных атомов в примесном газе имеют близкие значения. Аналогичное совпадение наблюдалось в аргон-неоновой и гелий-неоновой смесях [10].

Литература

- [1] Н. П. Пенкин, Т. П. Редько. *Опт. и спектр.*, 36, 446, 1974.
- [2] С. Кенту. *J. Appl. Phys.*, 38, 4517, 1967.
- [3] Е. И. Вавилин, С. Д. Вагнер, В. К. Ланенкина, С. С. Митрофанова. *ЖТФ*, 30, 1064, 1960.
- [4] Б. Касмалиев. Автореф. канд. дисс., ЛГУ, Л., 1967.
- [5] Ф. А. Уваров, В. А. Фабрикант. *Опт. и спектр.*, 18, 954, 1965.
- [6] Ю. М. Каган, Н. Б. Колоколов, Р. И. Лягущенко, В. М. Миленин, А. М. Мирзабеков. *ЖТФ*, 41, 714, 1971.
- [7] Атомные и молекулярные процессы, под ред. Бейтса, М., 1964.
- [8] М. Shoda, М. Yokoyama, Y. Kuroda. *Science reports*, № 7, 7, 1958.
- [9] Н. В. Spencer, J. M. Toguri, J. A. Kurtis. *Canad. J. Chem.*, 47, 2197, 1960.
- [10] А. Н. Futsch, F. A. Grant. *Phys. Rev.*, 104, 356, 1956; J. R. Dixon, F. A. Grant. *Phys. Rev.*, 107, 118, 1957; R. J. J. Van Heijningen, J. P. Harpe, J. J. M. Veenaeker. *Physica*, 38, 1, 1967.

Поступило в Редакцию 17 января 1974 г.

УДК 539.186

КИНЕТИКА ЗАСЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ГЕЛИЯ, ВОЗБУЖДАЕМОГО ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

И. П. Богданова, С. Э. Фриш и В. И. Яковлева

В работах [1, 2] было показано, что наблюдаемая зависимость эффективного сечения электронного возбуждения 3^3D и 4^3D уровней гелия от давления при возбуждении электронным пучком связана с наличием дополнительного процесса заселения этих уровней, имеющего большую длительность послесвечения. Этот дополнительный процесс заселения имеет иную зависимость от энергии электронов, чем для $1P$ -уровней гелия. Измерения были проведены при давлении гелия $2.4 \cdot 10^{-2}$ тор.