

результатирующее поле определенной частоты. Лазер с внутренними зеркалами в поперечном магнитном поле дает возможность наблюдать биения между σ - и π -поляризациями. Однако и в этом случае низкочастотные колебания отсутствовали. Вообще говоря, теория предсказывает, что если σ^+ - и σ^- -колебания комбинируют, то в одномодовом лазере при центральной настройке, т. е. при настройке на центральную частоту π -контура усиления, частотное расщепление должно отсутствовать при любых магнитных полях. Поскольку одномодовый режим в нашем эксперименте соответствовал всегда центральной настройке, то нет ничего удивительного в том, что сигнал низкочастотных биений между π - и σ -компонентами отсутствовал.

Таким образом, в настоящей работе впервые были изучены зависимости частоты низкочастотных биений в Ar^+ лазере от напряженности продольного магнитного поля. Установлено, что в случае продольного магнитного поля частота биений растет пропорционально полю. В припороговом режиме зависимость частоты биений от поля согласуется с теоретической, полученной для случая атомарного лазера. Экспериментально подтверждено предположение о том, что в одномодовом режиме при центральной настройке в поперечном поле низкочастотные биения отсутствуют.

Литература

- [1] С. А. Фридрихов, М. И. Дьяконов. Усп. физ. наук, 90, 565, 1966.
 [2] W. Culshaw, J. Kannelaud. Phys. Rev., 158, 308, 1967.
 [3] Т. М. Лапшин, Э. Т. Пестов, Д. К. Терехин, С. А. Фридрихов. Ж. прикл. спектр., 10, 456, 1959.

Поступило в Редакцию 14 сентября 1972 г.

УДК 539.196.3

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ РЕЛАКСАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В СМЕСЯХ С He, Ar И Xe МЕТОДОМ СПЕКТРОФОНА

Е. Н. Ритынь

Теоретическое рассмотрение, предложенное в работах [2, 3], позволяет интерпретировать связь сдвига фазы, измеренного с помощью спектрофона, с временами колебательно-колебательной ($\nu-\nu$) и колебательно-поступательной ($\nu-T$) релаксации углекислого газа в смесях его с благородными газами. Ниже приводятся результаты исследования колебательной релаксации углекислого газа в смесях с He, Ar и Xe и их анализ на основе этой теории.

Исследование колебательной релаксации проводилось путем измерения фаз сигналов спектрофона, соответствующих полосам поглощения с $\lambda=4.3$ мкм (уровень 00^0_1) и $\lambda=14.8$ мкм (уровень 01^1_0). Измерения велись при комнатной температуре; частота модуляции составляла 726 гц ($\omega=4560$ сек. $^{-1}$). Возбуждение уровней производилось радиацией, излучаемой штифтом Нернста, а участки спектра, соответствующие полосам поглощения, выделялись интерференционными фильтрами. Концентрация исследуемых смесей менялась путем добавления возрастающих количеств благородного газа к постоянному количеству CO_2 .

Формулы, приведенные в работах [2, 3], позволяют составить выражения, связывающие сдвиг фазы спектрофона с парциальным давлением благородного газа как для случая возбуждения уровня 00^0_1 (фаза ψ_1), так и для случая возбуждения уровня 01^1_0 (фаза ψ_2). Измеряемая разность фаз выражается тогда следующим образом:

$$\psi_1 - \psi_2 = \text{arc tg} \frac{[\sigma_I^3 - (1-G)\sigma_I^2\sigma_{III}] \omega + \left(\frac{C_{tr}}{C_{tot}}\right)^2 [\sigma_I - (1-G)\sigma_{III}] \omega^3}{\sigma_I^3\sigma_{III} + \left[(1-G)\sigma_I^2 + \sigma_I\sigma_{III}\left(\frac{C_{t2}}{C_{tot}}\right)^2\right] \omega^2 + (1-G)\left(\frac{C_{t2}}{C_{tot}}\right)^2 \omega^4}, \quad (1)$$

где

$$\sigma_I = \frac{1}{\tau_{\nu T} \text{CO}_2} P_{\text{CO}_2} + \frac{1}{\tau_{\nu T}} p_y, \quad \sigma_{III} = \frac{1}{\tau_{\nu\nu} \text{CO}_2} P_{\text{CO}_2} + \frac{1}{\tau_{\nu\nu}} p_y,$$

P_{CO_2} — давление углекислого газа, p_y — давление благородного газа (индекс «y» заменяется при рассмотрении соответствующих случаев обозначениями He, Ar, Xe);

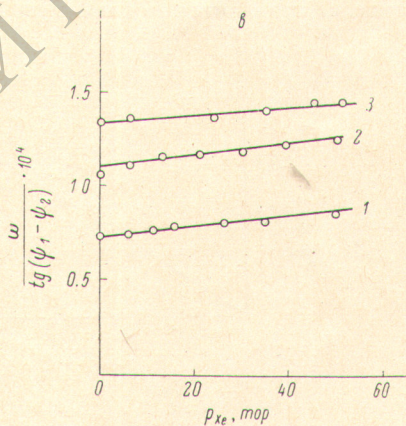
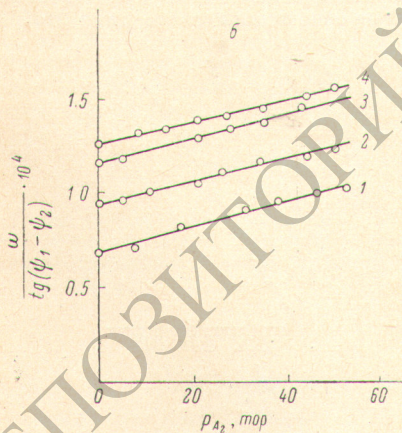
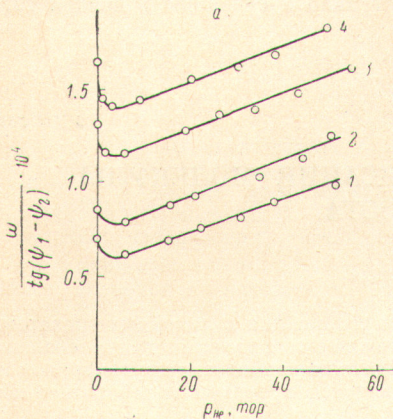
$\tau_{vv}^{CO_2}$ и τ_{vv}^y — времена колебательно-колебательной релаксации CO_2 при столкновениях молекул углекислого газа между собой и при их столкновениях с атомами благородного газа соответственно, рассчитанные на единицу давления; $\tau_{vT}^{CO_2}$ и τ_{vT}^y — времена колебательно-поступательной релаксации, обозначенные аналогично; C_{12} — теплоемкость поступательных и вращательных степеней свободы обеих компонент смеси; C_{tot} — суммарная теплоемкость всех степеней свободы обеих компонент смеси при постоянном объеме; G — параметр, характеризующий долю энергии, которая передается поступательными степенями свободы при колебательно-колебательном переходе. В данном случае предполагается, что этот параметр одинаков как для релаксации при столкновениях молекул CO_2 между собой, так и для релаксации при столкновениях молекул CO_2 с атомами благородного газа и равен 0.9 [1].

Проанализируем формулу (1) для случая смеси CO_2 с He. Из результатов работ, сделанных другими методами [4-8], следует, что величина τ_{vT}^{He} на два порядка меньше, чем τ_{vv}^{He} . Учитывая это при оценке соотношения между σ_I и σ_{III} , можно для давлений гелия, больших 30 тор, упростить формулу (1) и получить выражение

$$\frac{\omega}{\text{tg}(\psi_1 - \psi_2)} = \sigma_{III} = \frac{1}{\tau_{vv}^{CO_2}} p_{CO_2} + \frac{1}{\tau_{vv}^y} p_y \quad (2)$$

Сопоставление экспериментальных точек (см. рисунок а) для этой области давления гелия с теоретическими прямыми, выражающимися формулой (2), позволяло определить τ_{vv}^{He} (см. таблицу). Для давлений гелия, меньших 30 тор, был сделан расчет по формуле (1), который дал возможность определить τ_{vT}^{He} . Найденное значение приведено в таблице.

Для случаев смеси CO_2 с Ar и CO_2 с Xe можно упростить формулу (1) для всего



Зависимость функции $\omega/\text{tg}(\psi_1 - \psi_2)$ от p_y .

а — смесь CO_2 —He. Парциальное давление CO_2 в торах для кривых: 1 — 15, 2 — 19, 3 — 30, 4 — 37, б — смесь CO_2 — Ar. Парциальное давление CO_2 в торах: 1 — 14, 2 — 21, 3 — 26.5, 4 — 29.5, в — смесь CO_2 —Xe. Парциальное давление CO_2 в торах: 1 — 15, 2 — 24, 3 — 31. Ординаты — в сек⁻¹.

диапазона давлений p_y . Действительно, на основании имеющихся в литературе [1, 5, 7, 8] данных σ_I и σ_{III} для указанных случаев являются величинами одного порядка. Тогда, учитывая соотношение между коэффициентами при σ_I и σ_{III} в формуле (1), можно с точностью до 12% преобразовать ее к виду (2). На рисунках, б и в экспериментальные результаты сопоставлены с теоретическими прямыми, выражающимися соотношением (2). На основании этого сопоставления определены величины τ_{vv}^{Ar} и τ_{vv}^{Xe} ; полученные значения приведены в таблице.

Измеренные времена $\tau_{\nu\nu}^{\text{He}}$, $\tau_{\nu\nu}^{\text{Ar}}$ и $\tau_{\nu\nu}^{\text{Xe}}$ имеют значения, весьма близкие к полученным методом флуоресценции в работах [4, 5], а также находятся в согласии со значениями, приведенными в работе [8]. Время $\tau_{\nu T}^{\text{He}}$ совпадает в пределах ошибки измерений с величинами, найденными в работах [6-7].

В заключение приношу искреннюю благодарность П. В. Слободской за руководство и большое внимание к работе.

Литература

- [1] П. В. Слободская. Опт. и спектр., 34, 678, 1973.
- [2] R. Tripodi, W. G. Vincenti. J. Chem. Phys., 55, 2207, 1971.
- [3] M. Huetz-Aubert, R. Tripodi. J. Chem. Phys., 55, 5724, 1971.
- [4] J. T. Jardley, C. B. Moore. J. Chem. Phys., 46, 4491, 1967.
- [5] J. C. Stephenson, R. E. Woode, C. B. Moore. J. Chem. Phys., 54, 3097, 1971.
- [6] T. L. Cottrell, M. A. Day. Molecular Relaxation Processes. Academic, London, 1966.
- [7] M. Huetz, P. Chevalier. Adv. Mol. Rel. Processes, 2, 101, 1970.
- [8] F. Cannemeijer, M. H. De Vascancelos, A. E. De Vries. Physica, 53, 77, 1971.

Поступило в Редакцию 8 января 1973 г.

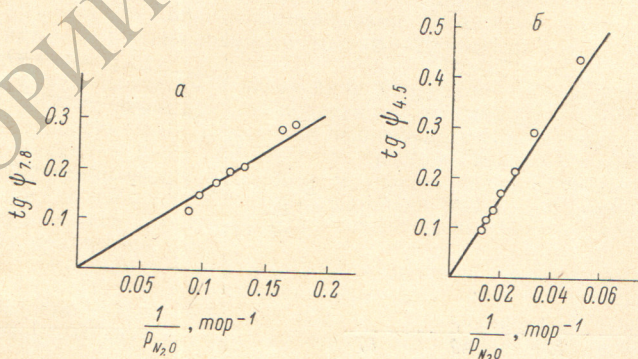
УДК 539.194

О КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ РЕЛАКСАЦИИ МОЛЕКУЛЫ ЗАКИСИ АЗОТА

П. В. Слободская

В основу описания процесса колебательной релаксации в линейных трехатомных молекулах типа CO_2 кладется обычно предположение о том, что симметричное валентное и деформационное колебания этих молекул находятся в равновесии друг с другом и релаксируют с одинаковой скоростью, определяющейся временем колебательно-поступательной релаксации $\rho\tau_{\nu T}$ [1, 2].

В настоящей заметке приводятся данные, подтверждающие справедливость этого предположения применительно к молекуле N_2O на основании исследования этой молекулы с помощью спектрофона.



Зависимость тангенса сдвига фазы сигнала спектрофона от обратного давления.

а — возбуждается колебание ν_1 ($\omega=5180$ сек. $^{-1}$), б — возбуждается колебание ν_3 ($\omega=4830$ сек. $^{-1}$).

кулы с помощью спектрофона. Кроме того, заново интерпретируются результаты прежних исследований колебательной релаксации асимметричного колебания этой молекулы, которые рассматривались ранее в предположении о возможности одноступенчатого процесса релаксации уровня 00^21 [3, 4].

В отличие от CO_2 в молекуле N_2O симметричное валентное колебание является оптически активным, так что все основные колебания этой молекулы могут быть возбуждены независимо друг от друга радиацией, излучаемой тепловым источником в областях спектра 4,5, 7,8 и 17 мкм.