

## ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ШТАРК-ЭФФЕКТА НА ПОГЛОЩЕНИЕ ПРОБНОГО ПОЛЯ

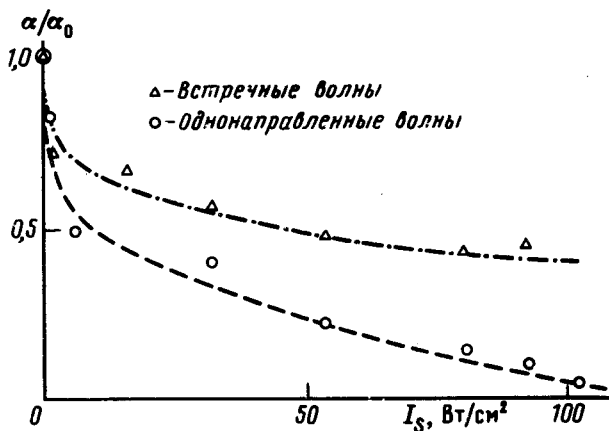
*Л.С.Василенко, Н.М.Дюба, Н.Н.Рубцова, В.П.Чеботаев*

Экспериментально показано, что поглощение пробного поля с ростом интенсивности сильной волны стремится к нулю для однонаправленных волн, но остается порядка ненасыщенного для встречных волн. Это объясняется проявлением динамического шарк-эффекта энергетических уровней.

Хорошо известно, что при увеличении интенсивности поля, резонансно взаимодействующего с частицами, имеет место выравнивание заселенности уровней, а поглощение поля стремится к нулю (эффекты насыщения). В газе из-за доплеровского эффекта разность заселенностей выравнивается лишь в окрестности скоростей тех частиц, которые резонансно взаимодействуют с полем. Естественно ожидать, что и поглощение слабой волны, взаимодействующей с теми же частицами, будет также стремиться к нулю при увеличении интенсивности насыщающего поля. В этой статье мы впервые сообщаем о необычном поведении слабой пробной встречной волны, поглощение которой с ростом насыщающего поля стремится к постоянному значению, по порядку величины равному ненасыщенному<sup>1, 2</sup>. Поглощение пробной волны того же направления, что и сильная, стремится к нулю. Такое поведение связывается с проявлением высокочастотного эффекта Штарка в неоднородноширенных системах, который качественно изменяет условия резонансного взаимодействия частиц с пробным полем. Обнаруженные качественные особенности открывают новые возможности для спектроскопических исследований конденсированных и газовых сред.

Эксперимент по регистрации резонансов насыщенного поглощения в условиях сильного насыщения проводился в газе  $^{15}\text{NH}_3$  (74% обогащение по изотопу  $^{15}\text{N}$ ) на колебательно-вращательном переходе  $asQ(5,4)$  моды  $\nu_2$ , резонансом линии  $^{13}\text{CO}_2$ -лазера  $R(18)_7$ . Излучение насыщающего  $^{13}\text{CO}_2$ -лазера стабилизировалось по частоте по резонансу насыщенного поглощения на переходе  $asQ(5,4)$   $^{15}\text{NH}_3$  с точностью  $\approx 100$  кГц. Пробное линейно по-

ляризованное излучение от непрерывного волноводного  $^{13}\text{CO}_2$ -лазера на той же линии  $R(18)_1$  с областью перестройки  $\pm 200$  МГц могло распространяться односторонне с насыщающим  $I_S$  или во встречном направлении под углом  $\theta \approx 4 \cdot 10^{-2}$  рад в рабочей ячейке длиной 4 см, диаметром 6 мм. Плотность мощности насыщающего излучения достигала  $100 \text{ Вт/см}^2$  и могла регулироваться с помощью системы поляризатор — анализатор.



Зависимость относительной величины коэффициента поглощения пробного поля  $\alpha/\alpha_0$  от интенсивности насыщающего излучения  $I_S$  для односторонних и встречных волн в газе  $^{15}\text{NH}_3$ .

Изменение коэффициента поглощения  $\alpha$  пробного поля в центре линии проводилось по записям резонансов насыщенного поглощения. Результаты измерений  $\alpha/\alpha_0$  в зависимости от интенсивности насыщающего излучения  $I_S$  в односторонних и встречных волнах приведены на рис. 1 для давления  $^{15}\text{NH}_3 \approx 10$  мторр. В случае односторонних волн для изученного диапазона давлений  $^{15}\text{NH}_3$  при максимальной плотности  $I_S$  наблюдалось полное просветление, величина  $\alpha/\alpha_0$  стремится к нулю с ростом  $I_S$ . Для встречных волн зависимость  $\alpha/\alpha_0$  от  $I_S$  выходит с ростом  $I_S$  на уровень, отличный от нуля. Такое поведение коэффициента поглощения пробного поля в односторонних и встречных волнах может быть объяснено в рамках модели динамического эффекта Штарка  $1-3$  в газе двухуровневых атомов с доплеровски уширенной линией поглощения. Действительно, воздействие сильного резонансного электромагнитного поля амплитуды  $E$  на газ двухуровневых атомов приводит к расщеплению каждого уровня на два подуровня. В результате в центре линии основной вклад в поглощение дают группы частиц, скорости которых  $(\bar{R}v)_{1,2} = \pm dE/\hbar\sqrt{3}^1$ , а коэффициент поглощения встречной волны стремится к величине

$$\alpha/\alpha_0 = \frac{2\gamma/\Gamma}{3 + \gamma/\Gamma}, \quad (1)$$

где  $2/\gamma = 1/\gamma_1 + 1/\gamma_2$ ,  $\Gamma$  — однородная ширина линии перехода. Таким образом, во встречных волнах с увеличением сильного поля растет как расщепление уровней  $dE/\hbar$ , так и ширина области резонансных скоростей атомов, т. е. ширина "дырки Беннета"  $\Gamma_B = \Gamma\sqrt{1+G}$ ,  $G \equiv (dE)^2/\hbar^2\gamma\Gamma$ , в результате поглощение встречной волны стремится к постоянной величине, зависящей от  $\gamma/\Gamma$ . Обращаясь к нашим экспериментальным результатам для встречных волн на рис. 1, имеем предельное значение для  $\alpha/\alpha_0 = 0,45$ . По формуле (1) оценим, исходя из предельного  $\alpha/\alpha_0$ , величину  $\gamma/\Gamma = 0,87$ . С другой стороны, известны  $^4$  скорости релаксации  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  колебательно-вращательных уровней  $^{15}\text{NH}_3$  с близкими к  $J = 5$ ,  $K = 4$  значениями квантовых чисел в основном и колебательно-возбужденных состояниях:

$\gamma_2 = 7,4$  МГц/торр,  $\gamma_1 = 34$  МГц/торр. Вычисляем  $\gamma \approx 12$  МГц/торр. Величина  $\Gamma$  измерена<sup>5</sup> для перехода  $^4R_-(0, 0)$  и составляет  $\Gamma \approx 13,3$  МГц/торр. Следовательно,  $\gamma/\Gamma = 0,92$ . Это значение разумно согласуется с величиной, полученной из экспериментальных данных.

Коэффициент поглощения пробной однонаправленной волны был рассчитан в<sup>3</sup> без ограничений по полю для газа двухуровневых атомов без учета вырождения уровней. В пределе сильного насыщения поглощение  $\alpha$  пробной однонаправленной волны в центре линии стремится к нулю как  $1/\sqrt{G}$ . В отличие от случая встречных волн, резонансное взаимодействие происходит на частоте сильного поля, поэтому в результате динамического эффекта Штарка при расстройках  $\Delta$  частот насыщающего и пробного полей  $\Delta < dE/\hbar$  резонансные атомы отсутствуют. При этом форма линии поглощения пробного поля приобретает вид прямоугольного провала с шириной  $2dE/\hbar$ , с точностью до  $1/\sqrt{G}$ . Обращение в нуль поглощения пробного поля в однонаправленных волнах в нашем эксперименте находится в качественном согласии с теоретическими представлениями<sup>1-3</sup>.

#### Литература

1. Бакланов Е.В., Чеботаев В.П. ЖЭТФ, 1971, 60, 551.
2. Haroche S., Hartmann F. Phys. Rev., 1972, 6A, 1280.
3. Бакланов Е.В., Чеботаев В.П. ЖЭТФ, 1971, 61, 922.
4. Shimizu T., Morita N., Kasuga T. et al. Appl. Phys., 1980, 21, 29.
5. Shimizu T., Shimizu F., Turner R., Oka T. J. Chem. Phys., 1971, 55, 2882.

Институт теплофизики  
Сибирское отделение Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
25 февраля 1988 г.