

АНОМАЛЬНЫЙ МАГНИТНЫЙ ЭФФЕКТ ЗЕНФТЛЕБЕНА 4

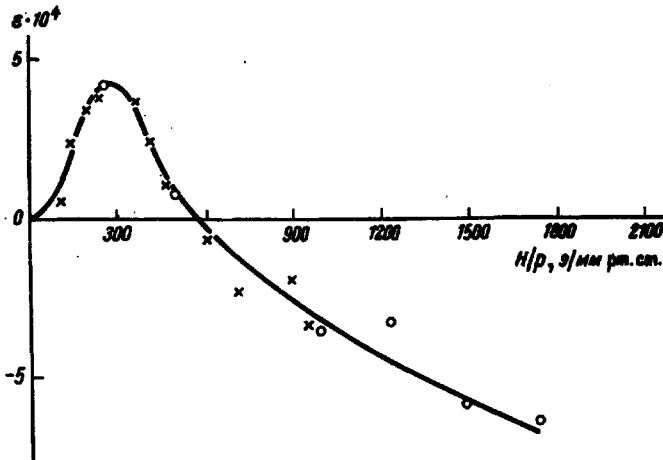
В.Д.Борман, Б.И.Николаев, В.И.Тролин

Недавно было обнаружено [1], что в отличие от наблюдаемого эффекта в полярных газах (электрический эффект Зенфтлебена) [2, 3] относительное изменение коэффициента теплопроводности ($\epsilon = \Delta\kappa/\kappa_0$) сильно полярного газа CH_3CN (дипольный момент $d = 3,96$ дебая) в электрическом поле носит резко выраженный немонотонный характер (аномальный электрический эффект Зенфтлебена): величина ϵ , зависящая от поля E и давления p через отношение E/p , имеет максимум ($\epsilon_{\text{max}} = 5 \cdot 10^{-4}$) при $E/p = 180$ в/см · мм рт.ст. и при $E/p = 350$ в/см · мм рт.ст. изменяет знак ($\epsilon = 0$). Согласно теории, приведенной в работах [4, 5], увеличение коэффициента теплопроводности прямо связано с существованием в газе столкновений, для которых не выполняется принцип детального баланса, и поэтому аномальный эффект представляет значительный интерес для дальнейших исследований. В результате прецессии несферичных молекул, вызванной взаимодействием дипольного момента с электрическим полем, сечение столкновений такого типа уменьшается, что приводит к увеличению коэффициента теплопроводности, в то время как сечение столкновений, для которых выполняется принцип детального баланса, увеличивается, вызывая уменьшение коэффициента теплопроводности. Наблюдаемое изменение коэффициента теплопроводности является суммой этих двух изменений.

Авторами работы [4] было предсказано возможное увеличение коэффициента теплопроводности подобных газов в магнитном поле. В настоящей работе описываются предварительные результаты экспериментов, в ходе которых был обнаружен аномальный магнитный эффект Зенфтлебена на примере теплопроводности газа CH_3CN .

Эксперименты проводились на установке, аналогичной использованной в работе [6], в области давлений $p = 0,03 \pm 1$ мм рт.ст. и при полях H до 300 э. Измеряемой величиной являлась ϵ_{\perp} — значение ϵ в условиях, когда поле перпендикулярно градиенту температуры. Величи-

ны абсолютных значений ϵ_{\perp} получены в результате калибровочных экспериментов по известному магнитному эффекту Зенфтлебена в азоте [6], с использованием методики, описанной в работе [1].



Экспериментальная зависимость $\epsilon = \phi(H/p)$ для CH_3CN x — $p = 0,14$ мм рт.ст.; o — $p = 0,29$ мм рт.ст.

На рисунке приведена экспериментальная зависимость $\epsilon_{\perp} = \phi(H/p)$, полученная в CH_3CN при двух давлениях $p = 0,14$ и $0,29$ мм рт.ст. Из рисунка видно, что в пределах ошибок измерений ($\Delta\epsilon/\epsilon \lesssim 30\%$) ϵ_{\perp} зависит от поля и давления через отношение H/p . При малых H/p величина ϵ_{\perp} положительна и при увеличении этого отношения проходит через максимум ($\epsilon_{\perp \max} = 4 \cdot 10^{-4}$) при $H/p = 270$ э/мм рт.ст. При $H/p = 560$ э/мм рт.ст. ϵ_{\perp} меняет знак. Таким образом наблюдаемая в газе CH_3CN зависимость $\epsilon_{\perp} = \phi(H/p)$ аналогична зависимости $\epsilon = 1/2(\epsilon_{\parallel} + \epsilon_{\perp}) = f(F/p)$, полученной ранее в работе [1] для этого газа в электрическом поле.

Согласно [4] изменение коэффициента теплопроводности описывается следующими выражениями:

$$\epsilon_{\perp} = \psi_{+} c_1 - \psi_{-} c_2,$$

$$c_1 = \frac{\xi'^2}{1 + \xi'^2}, \quad c_2 = \frac{\xi^2}{1 + \xi^2} + \frac{8\xi^2}{1 + 4\xi^2}, \quad \xi' = k' \frac{\gamma H}{p}, \quad \xi = k \frac{\gamma H}{p}, \quad (1)$$

где ψ_{+} и ψ_{-} (> 0) определяют соответственно предельные значения (при $\xi \rightarrow \infty$) положительного и отрицательного изменений коэффициента теплопроводности, $\gamma = g_{\text{вр}} \cdot \mu_{\text{я}}$, $g_{\text{вр}}$ — вращательный g -фактор, $\mu_{\text{я}}$ — ядерный магнетон. ξ и ξ' — безразмерные параметры, равные отноше-

ниям частоты прецессии молекул ($\Omega \sim \gamma H$) к частотам столкновений ($\omega, \omega' \sim \rho$), для которых выполняется (ω) и не выполняется (ω') принцип детального баланса.

В работе [1] для CH_3CN приводятся следующие значения этих параметров, входящих в формулы (1): $\psi_+ = 0,68 \cdot 10^{-3}$, $\psi_- = 2,3 \cdot 10^{-3}$, $\xi' = 20\xi$. Они были найдены путем сопоставления теоретической зависимости $\epsilon = 1/2(\epsilon_{\parallel} + \epsilon_{\perp}) = f(E/\rho)$, приведенной в работе [5], с экспериментальными данными по измерению ϵ в однородном электрическом поле [1]. Расчет показывает, что с учетом приведенных выше значений неизвестных параметров в формулах (1), кривая $\epsilon_{\perp} = \phi(H/\rho)$ должна достигать максимума ($\epsilon_{\perp \max} = 3,2 \cdot 10^{-4}$) при $\xi_{\max} = 0,09$ и менять знак ($\epsilon_{\perp} = 0$) при $\xi_0 = 0,2$. Отсюда $\xi_0/\xi_{\max} \approx 2,2$, найденные нами экспериментальные значения $\epsilon_{\perp \max} = 4 \cdot 10^{-4}$ и $\xi_0/\xi_{\max} = 2,1$ совпадают с расчетными в пределах ошибок измерений. Из этого следует, что наблюдаемый в CH_3CN аномальный магнитный эффект Зенфтлебена описывается теорией, учитывающей наличие в газе столкновений, для которых не выполняется принцип детального баланса.

В заключение авторы выражают благодарность Л.Л.Горелику и В.В.Синицыну за обсуждение и полезные советы.

Московский
инженерно-физический институт

Поступило в редакцию
23 декабря 1968 г.

Литература

- [1] В.Д.Борман, Л.Л.Горелик, Б.И.Николаев, В.В.Синицын, В.И.Троян. ЖЭТФ, 56, 1969 (в печати).
- [2] H. Senftleben. Ann. der Phys., 7, 273, 1965.
- [3] Л.Л.Горелик, В.В.Синицын. Письма в ЖЭТФ, 3, 145, 1966.
- [4] A. C. Levi, F. R. McCourt. Physica, 38, 415, 1968.
- [5] A. C. Levi, F. R. McCourt, A. Tip. Physica, 39, 165, 1968.
- [6] Л.Л.Горелик, Ю.Н.Редкобородый, В.В.Синицын. ЖЭТФ, 46, 761, 1965.