

ЭФФЕКТ ОСЦИЛЛЯЦИОННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ГАЗОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Л.Л.Горелик

Экспериментально обнаружены осцилляционные изменения теплопроводности некоторых молекулярных газов при изменении магнитного поля. Для H_2 и O_2 относительное осцилляционное изменение теплопроводности достигает $\sim 3 \cdot 10^{-7}$ и $2 \cdot 10^{-5}$, а период осцилляций составляет ~ 20 и 80 Э, соответственно.

Как известно, теплопроводность κ молекулярных газов монотонно изменяется при монотонном изменении магнитного поля H — эффект Зенф-тлебена — Бинакера (ЭЗБ) [1, 2]. При проведении подобных исследований с помощью чувствительной методики было обнаружено, что при изменении H κ претерпевает, кроме того, небольшие осцилляционные изменения $\Delta\kappa_{OS}$. Такой факт установлен в широком диапазоне полей и давле-

ний. Ниже приводятся некоторые результаты исследований этого, ранее непредсказанного "осцилляционного" эффекта (ОЭ) в H_2 и O_2 . Принципиальная схема установки изображена на рис.1. Величина $\Delta\kappa_{OS}$ определялась с помощью виброустойчивого в магнитном поле термомчувствительного датчика, принцип и конструкция которого описаны в [1, 2]. Он

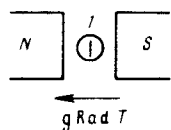


Рис.1.

представляет собой стеклянную камеру 1 диаметром 18 мм, вдоль оси которой расположено подогреваемое током до $100^\circ C$ термосопротивление. Последнее выполнено в виде двух золотых П-образных лент толщиной $\sim 0,1$ мкм, напыленных с разных сторон слюдяной пластинки толщиной ~ 5 мкм. Термосопротивление включено в мост Уитстона, в измерительную диагональ которого включен избирательный усилитель 2. Применялась модуляционная методика измерений, аналогичная описанной в [3, 4]: основное поле H_0 дополняется направленным параллельно ему сравнительно небольшим пульсирующим полем $H_{\text{п}}$ низкой частоты ($\sim 0,3$ Гц), на которую настроен усилитель. Выход детектора усилителя имеет постоянную времени ~ 5 минут. К усилителю подключен самописец. Осуществлена развертка по H путем плавного изменения амплитуды $H_{\text{п}}$. При токе через катушки электромагнита $I = 1$ А H с точностью лучше, чем 10%, равно 430 Э. Получаемые на самописце диаграммы отражают относительный ход разбаланса моста (U) в зависимости от I , причем $I = I_0 + I_{\text{п}}$, где I_0 — постоянный ток, а $I_{\text{п}}$ — амплитуда пульсирующего тока. Сигнал $U(I)$ представляет собой сумму монотонного сигнала, обусловленного фоном, и сигнала $u_{OS}(I)$, вызванного ОЭ. Фон обусловлен ЭЗБ и наводкой от поля $H_{\text{п}}$. Его удавалось в большой степени скомпенсировать с помощью небольшого контура, помещенного в магнитное поле. Экспериментальные оценки изменений

$\frac{\Delta\kappa_{OS, \max}}{\kappa} = \epsilon_{OS}$ производились по порядку величины путем их сравнения с ЭЗБ. Опыты проводились при комнатной температуре.

На рис.2, а — 2, в — в качестве примера представлены некоторые осцилляционные кривые $u_{OS}(I)$, полученные на H_2 при $p \sim 0,5$ Тор. Положения минимумов кривых зависят только от I , независимо от I_0 , $I_{\text{п}}$ и диапазонов развертки (см., например, кривые 2, б и 2, в). С точностью лучше 25% период осцилляций ΔH_{OS} равен 22 Э при значениях $I \sim 1,4 \div 4$ А. ϵ_{OS} оказалось $\sim 3 \cdot 10^{-7}$. На рис.2, д представлена для сравнения кривая $u_{OS}(I)$, полученная на O_2 при $p \sim 0,6$ Тор: в условиях, весьма близких к условиям получения кривой 2, а, ОЭ в O_2 не наблюдается.

На рис.3 представлены некоторые результаты наблюдения ОЭ в O_2 . В качестве примера на рис.3, а представлена кривая $u_{OS}(I)$, полученная при $p \sim 0,05$ Тор и значениях $I \sim 1,6 \div 2,2$ А. Оказалось, что в случае парамагнитного газа, каковым является кислород, в этих условиях наблюдается большой ОЭ: $\epsilon_{OS} \sim 2 \cdot 10^{-5}$; $\Delta H_{OS} = 70 \pm 10$ Э. В

других опытах, при $I \sim 2,1 \div 2,9 \text{ A}$ $\Delta H_{OS} = 90 \pm 10 \text{ Э}$. На рисунке 3, б изображена кривая, полученная на O_2 при $p \sim 1 \cdot 10^{-3} \text{ Тор}$. По сравнению с предыдущими опытами на O_2 ΔH_{OS} уменьшилось приблизительно в четыре раза. Это означает, что период резко уменьшается при переходе к кнудсеновскому режиму.

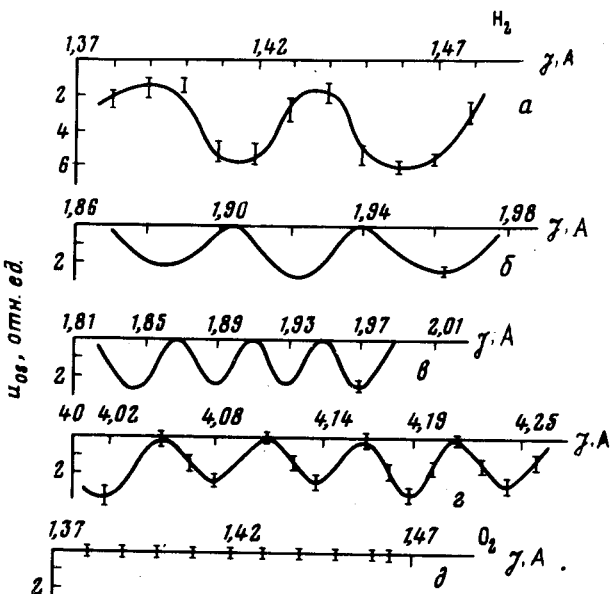


Рис.2. На а, д масштаб вдвое крупнее, чем на б, в, г

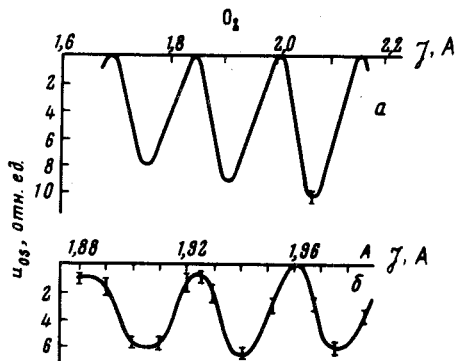


Рис.3. На а масштаб приблизительно в 100 раз меньше, чем на б

ОЗ можно, по-видимому, связать с изменением эффективного сечения столкновений ($\Delta\sigma$) несферических молекул вследствие прецессии их магнитных моментов, если учесть, что вращательные моменты (M_i) квантуются, а $\Delta\sigma$, вообще говоря, зависит от величин и проекций M_i на H . $\Delta\sigma(H)$ оказывается результатом суммирования ряда, хотя и монотонных, но дискретно сдвинутых по H , нелинейных кривых $\Delta\sigma_i(H)$, при

этом возможно возникновение небольшой осциллирующей составляющей в $\Delta\sigma(H)$. Представляется, что ОЭ сможет быть эффективно использован для изучения структуры молекулы и процессов взаимодействия молекул разреженного газа с твердой поверхностью. По предварительным данным ОЭ наблюдается также в других газах¹⁾.

Автор выражает благодарность И.К.Кикоину и С.С.Якимову за интерес к работе и полезное обсуждение результатов, Л.А.Максимову за полезное обсуждение результатов, В.С.Лазько за помощь в работе, Ю.Н.Лебедеву за помощь в наладке усилительной аппаратуры

Институт атомной энергии
им. И.В. Курчатова

Поступила в редакцию
19 февраля 1981 г.

Литература

- [1] Л.Л.Горелик, Ю.Н.Редкобородый, В.В.Синицын. ЖЭТФ, **48**, 761, 1965.
- [2] Ю.М.Каган, Л.А.Максимов. ЖЭТФ, **51**, 1893, 1966.
- [3] Л.Л.Горелик, В.В.Синицын. Авт. свид. №407219, Бюлл. изобрет. №46, 1973.
- [4] В.Д.Борман, Л.Л.Горелик, В.С.Лазько, Б.И.Николаев, В.В.Синицын. ПТЭ, №2, 232, 1975.
- [5] Л.Л.Горелик, ЖТФ, **23**, 1459, 1963; Авт. свид. №168050, Бюлл. изобрет. №3, 1965.
- [6] В.Д.Борман, Л.Л.Горелик, В.С.Лазько, Б.И.Николаев, А.В.Хмелёв, Препринт ИАЭ №2623, 1976, Москва.

¹⁾ Кроме того, был наблюден ОЭ резонансного характера (ОРЭ) в газах, помещенных в скрещенные постоянное и высокочастотное поля. В O_2 ОРЭ был наблюден при участии В.С.Лазько.