

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА В ПОЛЯРНЫХ ГАЗАХ С НЕСФЕРИЧЕСКИМИ МОЛЕКУЛАМИ

Л.Л.Горелик, В.В.Синицын

Как известно, газы с несферическими молекулами изменяют свою вязкость и теплопроводность в магнитном поле [1-6]. Эффект объясняется тем, что в результате прецессии магнитных моментов этих молекул в магнитном поле увеличивается эффективное сечение их столкновений и, следовательно, уменьшаются коэффициенты переноса [7-9]. При постоянной температуре этот эффект является однозначной функцией отношения магнитного поля к давлению. Естественно было ожидать, что должно иметь место аналогичное влияние электрического поля на коэффициенты переноса полярных газов с несферическими молекулами. В связи с этим нами были предприняты исследования влияния электрического поля на теплопроводность такого типа газов. Представлялось, что эффект в электрическом поле должен иметь качественно такой же характер, что и в магнитном, при условии, если у молекул исследуемого газа, как и в случае магнитного поля, довольно вероятны такие вращательные движения, когда ось вращения не составляет прямого

угла с дипольным моментом. Ввиду этого особое внимание нами было удалено проведению исследований в трехфтористом азоте (NF_3): молекула этого газа представляет собой трехгранную пирамиду (угол $FNF \sim 102^\circ$, дипольный момент $d \sim 0,24 \text{Д}$). Кроме того, были проведены эксперименты с газами других типов: хлористым этилом (C_2H_5Cl), этиловым спиртом (C_2H_5OH), CO , NO_2 и SO_2 . Ниже приводятся предварительные результаты этих исследований.

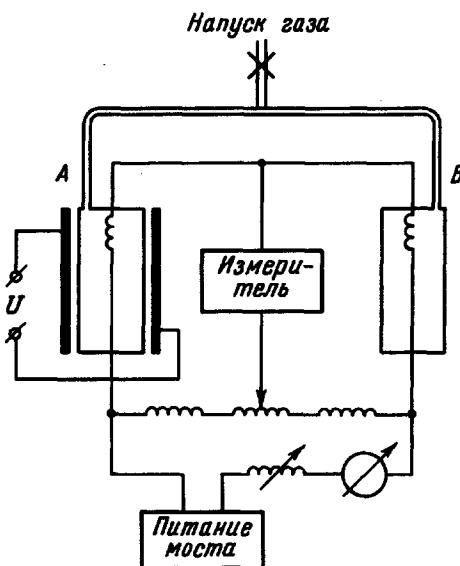


Рис. I

На рис. I изображена принципиальная схема установки. Датчик представляет собой две сообщающиеся между собой стеклянные камеры (внутренним диаметром 15 мм), в которых натянуты подогреваемые током платиновые нити $\varnothing 50 \text{ мк}$. Последние являются двумя плечами моста Уитстона. В диагональ моста включен микровольтметр чувствительностью $10^{-6} \text{ в на деление}$. Об эффекте относительного изменения теплопроводности ($\mathcal{E} = -\Delta \alpha / \alpha$) можно судить по разбалансу моста, возникающему при включении электрического поля в одной из камер. Измерения производились при давлениях $\sim 0,06 - 1 \text{ мм рт.ст.}$ и электрических полях (E) до $\sim 1 \text{ кВ/ см}$. На рис. I изображен вариант схемы, в котором одна из камер (A) помещена в однородное электрическое поле.

ческое поле. В некоторых случаях эффект оценивался путем создания неоднородного электрического поля в камере В. Для этого между надетым на эту камеру металлическим экраном (на рисунке не изображено) и ее нитью прикладывалось напряжение (U) до нескольких киловольт. При этом у нити камеры создавались поля до 50 кв/см. В экспериментах использовалось как постоянное, так и переменное поле частотой от 50 гц до 20 кгц. При всех вариантах измерений отсутствие побочных эффектов подтверждалось, в частности, тем, что в A_2 , воздухе и парах CCl_4 , эффект оказывался равным нулю. Одним из критериев правильности получаемых результатов являлась их независимость от знака и частоты поля.

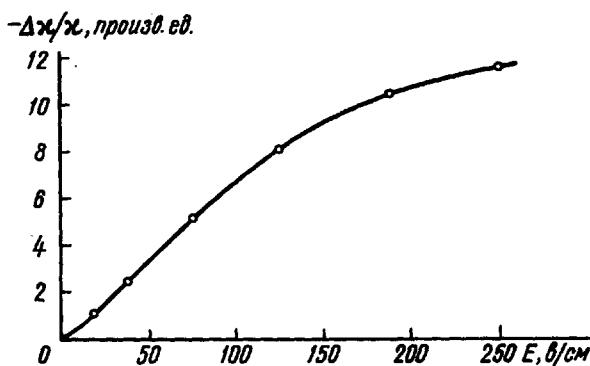


Рис. 2

На рис. 2 изображен ход кривой ϵ в зависимости от E , полученной на NF_3 при давлении $\sim 0,1$ мм рт.ст. путем использования однородного переменного поля. Как видно из рисунка, ϵ имеет тенденцию к насыщению. Ход кривой аналогичен ходу кривых, полученных при исследовании аналогичного эффекта в магнитном поле. При максимальном значении E ($\sim 0,3$ кв/см) ϵ оказалось порядка 0,5%, т.е. того же порядка величины, что и значение ϵ_{\max} для помещаемых в магнитное поле неполярных газов типа O_2 и N_2 (для них ϵ_{\max} равно приблизительно 1%). По предварительным данным ϵ является функцией отношения E/P .

Следует отметить, что ранее уже предпринимались попытки исследовать влияние электрического поля на вязкость некоторых полярных газов. Так, например, П.Чиаре [10] указывает, что для смеси паров C_2H_5OH ($d \sim 1,7\text{Д}$) и CH_4 ($d = 0$) при $E \sim 35$ кв/см имело место относительное изменение вязкости $\Delta\eta/\eta \approx 0,2\%$. Указывается также, что $\Delta\eta/\eta \sim E^2$. К сожалению, конкретных данных о давлении газовой смеси и концентрации паров C_2H_5OH в работе [10] не приводится, что не дает возможности сравнивать результаты проведенного эксперимента с другими результатами и получить представление о характере наблюденного эффекта. Другой автор, Р. Амме [11], создавая поле в датчике $\sim 12,5$ кв/см, получил для C_2H_5Cl при $E/\rho \sim 32$ кв/см.атм. $\frac{\Delta\eta}{\eta} = 0,47 \pm 0,16\%$, а для OCS ($d \sim 0,72$) при $\frac{E}{\rho} \sim 59$ кв/см.атм. $\frac{\Delta\eta}{\eta} = 0,46 \pm 0,16\%$. Проведенные нами экспериментальные оценки эффекта в C_2H_5Cl и C_2H_5OH при $\rho \sim 0,5$ мм рт.ст. и $E \sim 0,2$ кв/см (когда E/ρ было больше, чем в экспериментах Амме, примерно в 8 раз) показали, что при указанных условиях E для этих газов, по-видимому, не более $0,01\%$ и, во всяком случае, значительно меньше $0,1\%$. При давлении паров $C_2H_5Cl \sim 0,1$ мм рт.ст. и $E \sim 0,3$ кв/см (когда E/ρ было больше, чем в экспериментах Амме, примерно на два порядка) E оказалось меньше $0,1\%$ ($\sim 0,04\%$). Значительное несоответствие между полученными нами результатами и данными Амме вызвано, по-видимому, тем, что наблюдавшиеся в его опытах изменения вязкости не связаны с прецесссией молекул.

Исследования, проведенные нами на CO ($d \sim 0,12\text{Д}$), NO_2 ($d \sim 0,17\text{Д}$) и SO_2 ($d \sim 1,8\text{Д}$) показали, что для этих газов при $\rho \sim 0,5$ мм рт.ст. и $E \sim 0,2$ кв/см E с точностью до нескольких тысячных процента равно нулю.

При подготовке настоящей работы к печати нам стали известны результаты исследований влияния электрического поля на теплопроводность хлороформа ($CHCl_3$, тетраэдр, $d \sim 1\text{Д}$) и хлористого этила, выполненных в последнее время Зенфтлебеном [12] I). Эти эксперименты проводились путем использования существенно неоднородного поля, что, к сожалению, затрудняет сопоставление полученных в упомянутой

работе результатов с результатами других экспериментов и теоретическими представлениями.

В дальнейшем предполагается проведение более тщательных исследований эффекта в названных выше газах, а также проведение аналогичных экспериментов с другими газами.

Авторы выражают благодарность И.К.Киконину и В.Х.Волкову за интерес к работе, Ю.М.Кагану, Л.А.Максимову и Ю.В.Михайловой за полезное обсуждение, В.И.Николаеву за большую помощь в изготовлении приборов и проведении исследований, В.Н.Чередникову, Н.Н.Николаевой и В.П.Бочину за предоставление газов.

Поступило в редакцию

Литература

25 декабря 1965 г.

- [1] H.Senftleben, J.Pietzner. Ann. Physik., 16, 907, 1933; 27, 108, 117, 1936; 30, 541, 1937.
- [2] H.Senftleben, H.Gladisch. Ann. Physik, 30, 713, 1937; 33, 471, 1938.
- [3] J.J.Beenakker, G.Scoles, H.F.P.Knaap, R.M. Jonkman. Phys. Lett., 2, 5, 1962.
- [4] Л.Л.Горелик, В.В.Синицын. ЖЭТФ, 46, 401, 1964.
- [5] Л.Л.Горелик, Ю.Н.Редкобородый, В.В.Синицын. ЖЭТФ, 48, 761, 1965.
- [6] J.J.M.Beenakker, H.Hulsman, H.F.P. Knaap, J.Korving, G.Scoles. Advances in thermophysical properties at extreme temperatures and pressures, ASME, N.-Y., 1965, p. 216.
- [7] C.J.Gorter. Naturwissenschaften, 26, 140, 1938.
- [8] F.Zernike, Van Lier. Physica, 6, 961, 1939.
- [9] Ю.Каган, Л.Максимов. ЖЭТФ, 41, 842, 1961.
- [10] P.Cioară. Studia Universitatis Babes-Bolyai, Ser. I, fasc. I, 291, 1961.
- [11] R.Amme. Phys.of Fluids, 7, 1387, 1964.
- [12] H.Senftleben. Ann. Physik, 7, 273, 1965.

1) Авторы весьма признательны А.А.Сазыкину, обратившему их внимание на эту работу.