

В. ЦВЕТКОВ и Х. КИБАРДИНА

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ДИНАМИЧЕСКОГО ДВОЙНОГО ЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЯ БЕНЗОЛА И ДРУГИХ ЖИДКОСТЕЙ

(Представлено академиком А. А. Лебедевым 9 VII 1948)

Согласно существующим теориям ⁽¹⁾, константа M , характеризующая динамическое двойное лучепреломление жидкостей (константа Максвелла), зависит от температуры T по уравнению:

$$M = \frac{\Delta n}{g\eta^2} = K \frac{1}{T}. \quad (1)$$

Здесь Δn — наблюдаемая в потоке разность показателей преломления, n — показатель преломления в отсутствие потока, g — градиент скорости, η — вязкость, K — постоянная, определяемая геометрической формой анизотропии молекул жидкости.

Температурная зависимость динамо-оптического эффекта низкомолекулярных жидкостей экспериментально изучалась Форлендером и сотр. ⁽²⁾, не получившими однозначных результатов (опыты производились в неламинарном потоке).

В. Цветков, А. Миндлина и Г. Макаров ⁽³⁾, исследуя растительные масла, нашли, что при значительном температурном уменьшении вязкости жидкости константа M уменьшается с ростом T быстрее, нежели по уравнению (1).

Первые (и единственные) надежные измерения динамического двойного лучепреломления бензола и его производных при температуре 16°С были выполнены Буххеймом и Штуартом ⁽⁴⁾, которые пользовались цилиндрическим аппаратом с внутренним ротором и зазором между цилиндрами 0,3 мм.

Трудности измерений в жидкостях с незначительной вязкостью обусловлены малостью наблюдаемого эффекта и невозможностью получения больших градиентов скорости, величина которых лимитируется наступлением турбулентности (особенно в приборах с широким зазором).

Как показал Тэйлор ⁽⁵⁾, в случае цилиндрического прибора с внутренним ротором радиуса R , имеющим зазор ΔR (причем $\Delta R \ll R$), наибольшая („критическая“) величина градиента скорости g_k , соответствующего ламинарному потоку, равна:

$$g_k = \frac{\pi^2}{\sqrt{0,057}} \frac{\eta}{\rho} \frac{\sqrt{R}}{(\Delta R)^{3/2}}, \quad (2)$$

где η — вязкость, ρ — плотность жидкости.

При тех же размерах прибора, в случае неподвижного внутреннего и вращающегося внешнего цилиндра, турбулентность наступает при

Динамо-оптические константы некоторых жидкостей при различных температурах

Таблица 1

	$t^{\circ}\text{C}$	η	$\frac{\Delta n}{g} \cdot 10^{12}$	$\frac{\Delta n}{g \cdot \eta} \cdot 10^{12}$	$\frac{\Delta n}{g \cdot \eta} \cdot 10^{12}$	$\frac{\Delta n}{g} \cdot 10^{12}$	$t^{\circ}\text{C}$	η	$\frac{\Delta n}{g} \cdot 10^{12}$	$\frac{\Delta n}{g \cdot \eta} \cdot 10^{12}$	$\frac{\Delta n}{g \cdot \eta} \cdot 10^{12}$
Бензол, т. пл. = 5,5°	5,8	0,00825	0,53±0,08	0,42±0,07	1,8±0,3	Дифениламин, т. пл. = 54°	0,0500	16,5	2,06	6,7	
	6,5	0,00812	0,53±0,06	0,43±0,05	1,8±0,2		0,0415	13,2	1,98	6,6	
	8,5	0,00776	0,52±0,08	0,44±0,07	1,9±0,3		0,0352	10,5	1,86	6,4	
	10,5	0,00755	0,49±0,09	0,43±0,07	1,8±0,3		0,0230	6,5	1,76	6,4	
	20,5	0,00663	0,40±0,07	0,40±0,07	1,8±0,3		0,01815 0,0130	5,0 3,5	1,72 1,68	6,4 6,6	
Ацетофенон, т. пл. = 19,7°	18	0,0200	4,09	1,33	3,9	Салол, т. пл. = 41,5°	0,0830	31,7	2,4	7,5	
	30	0,0155	2,90	1,22	3,7		0,0750	26,3	2,2	7,0	
	45	0,01255	2,03	1,09	3,5		0,0635	24,3	2,4	7,6	
	55	0,01090	1,76	1,01	3,5		0,0492	19,5	2,5	8,1	
	80	0,00936	2,88	1,93	6,8		0,0430	16,2	2,4	7,8	
Нафталин, т. пл. = 80°	90	0,00857	2,39	1,76	6,4		0,0326	12,7	2,4	8,4	
	100	0,00826	2,27	1,73	6,4		0,0258	9,3	2,2	7,9	
	71	0,0185	5,29	1,8	6,1		0,0340	0,478	0,100	0,29	
Дифенил, т. пл. = 70°	90	0,0127	3,62	1,8	6,5	Молочная кислота т. пл. = 18°	21	0,472	0,106	0,31	
	28	0,0307	6,17	1,25	3,7						
	45	0,0216	3,73	1,06	3,4						
Дифениловый эфир, т. пл. = 28°	70	0,0144	2,30	1,00	3,6						

значительно больших скоростях вращения. Этим обстоятельством воспользовалась Винклер (⁶), сконструировав прибор с внешним ротором и произведя измерения эффекта Максвелла в бензоле в области температур, смежной с температурой кристаллизации. При этом было обнаружено аномальное возрастание двойного лучепреломления при понижении температуры до точки кристаллизации вещества. Этот эффект был истолкован как „предпереходное“ явление, аналогичное эффектам, наблюдаемым в аморфной фазе веществ, способных к образованию жидких кристаллов (⁷).

Исследование эффекта Максвелла в приборах с внешним ротором, проводившееся в нашей лаборатории (М. Л. Сосинский), показало, что в приборах этого типа возможны большие ошибки, связанные с натяжениями во вращающихся стеклянных окошках.

Поэтому мы произвели изучение температурной зависимости эффекта Максвелла в бензоле и других жидкостях вблизи температуры кристаллизации, используя разработанный ранее тип прибора с внутренним ротором и узким зазором (⁸).

Высота ротора составляла 50 мм, радиус 20 мм, ширина зазора $\Delta R = 0,1$ мм. При этих условиях мы имели возможность в жидкостях с вязкостью порядка вязкости бензола получать ламинарный поток с градиентом до $50\,000 - 60\,000$ сек.⁻¹ (см. уравнение (2)). Прибор был изготовлен из латуни и имел внешнюю рубашку для проточной воды, поддерживавшей нужную температуру. Последняя измерялась небольшим термометром (термопарой), введенным в тело прибора.

Измерения сводились к снятию зависимости $\Delta n = f(g)$ при каждой температуре до возможно больших значений g (до $g = 100\,000$). Каждая точка получалась как среднее по крайней мере 10 измерений. $\Delta n/g$ вычислено как среднее из значений, полученных при различных g . Во всех случаях, в пределах погрешности, зависимость $\Delta n = f(g)$ оказалась прямолинейной.

Результаты измерений представлены в табл. 1. Для бензола (для которого относительная ошибка измерений больше, чем для других веществ) приведены средние погрешности измерений.

Как видно из полученных данных, в пределах погрешности для всех веществ в исследованном температурном интервале изменение константы Максвелла подчиняется уравнению (1), т. е. константа K сохраняет свое значение.

Возможно, что в действительности имеет место некоторое уменьшение K с температурой (так же как и для вязких масел), однако в столь узком интервале изменения вязкости это уменьшение остается незаметным.

Во всяком случае, не только в бензоле, но и в жидкостях со значительно более асимметричными молекулами (дифенил) „предпереходных“ явлений динамическое двойное лучепреломление не обнаруживает.

Физический институт
Ленинградского государственного
университета

Поступило
2 VII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. К. Raman and K. S. Krishnan, *Phil. Mag.*, **5**, 769 (1928); P. Boeder, *Z. f. Phys.*, **75**, 258 (1932); A. Peterlin u. H. Stuart, *ibid.*, **112**, 1 (1939).
² Vorländer u. Kirchner, *Z. phys. Chem. (A)*, **152**, 47 (1931). ³ В. Цветков, А. Миндлина и Г. Макаров, *ЖЭТФ*, **16**, 891 (1946). ⁴ Buchheim u. Stuart, *Z. f. Phys.*, **112**, 407 (1939). ⁵ Taylor, *Phil. Trans.*, **A**, **223**, 289 (1923). ⁶ Winkler, *Z. f. Phys.*, **118**, 232 (1941). ⁷ W. Zvetkov, *Acta Physicochim. URSS*, **19**, 86 (1944). ⁸ В. Цветков и Э. Фрисман, *ЖЭТФ*, **15**, 276 (1945).