

## ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ СЖАТИИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ. АНОМАЛЬНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТОГО УГЛЕРОДА

*К.Б. Юшко, Г.В. Кришкевич, С.Б. Корнер*

1. Зависимость показателя преломления от плотности для жидкостей определялась в экспериментах по дифракции света на ультразвуке [1], а также при адиабатическом [2] и изотермическом [3-5] сжатии до давлений в несколько килобар. Все результаты получены при относительно небольшом изменении плотности и не выявляют хода зависимости  $n(\rho)$  для плотностей заметно выше нормальных, а дают лишь наклон

$$\frac{dn}{d\sigma} = \rho_0 \frac{dn}{d\rho}.$$

Результаты этих экспериментов указывают на применимость к их описанию формулы Глэдстона-Дэйла

$$n - 1 = (n_0 - 1)(\sigma - 1) \quad (1)$$

и на заметное отличие от теоретических зависимостей Лоренц-Лоренца (Л.-Л.) и Друде. Экспериментальные данные по зависимости показателя преломления от сжатия  $\sigma = \rho/\rho_0$  вдали от края полосы поглощения  $\nu_0$  могут быть описаны также одночленным дисперсионным уравнением

$$n^2 - 1 = A \sigma / \nu_0^2 (\sigma) - \nu^2. \quad (2)$$

В этой формуле, согласно [5, 6], учитывается влияние внутреннего поля и его изменения на показатель преломления. При сжатии вещества происходит сдвиг края полосы поглощения в сторону больших длин волн

(что для бензола, например, подтверждается прямыми измерениями [7]). Расчет показывает, что для бензола зависимости  $n(\sigma)$  по (1) и (2) приблизительно совпадают вплоть до  $\sigma \leq 2,0$ . Возникает необходимость проведения экспериментов по определению фактического хода  $n(\sigma)$  при таких сжатиях.

Сведения об оптических свойствах жидкостей при больших плотностях можно получить из экспериментов с ударными волнами, методами, изложенными в [8]. На рис.1 приведены результаты измерений

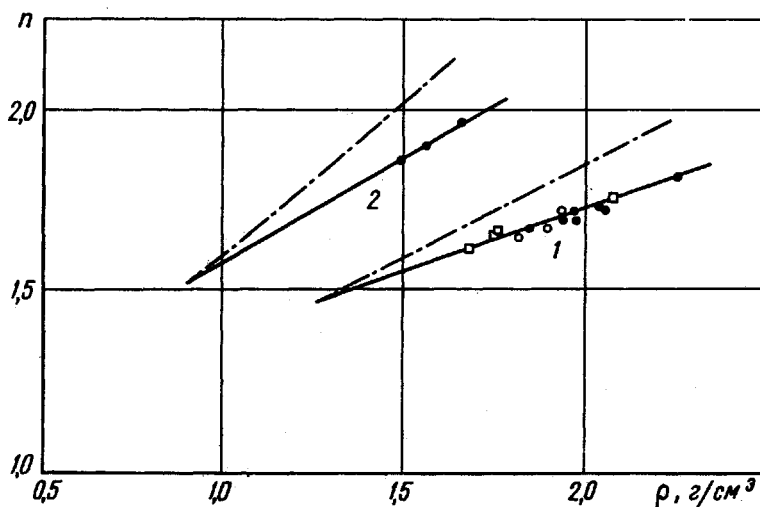


Рис.1. Зависимость показателя преломления ударно сжатых глицерина 1 и бензола 2 от плотности.

—— Г.-Д. - - - - Л.-Л. (O -  $n_{\Gamma}$ ; ● -  $n_{\Phi}$  - наши измерения) □ -  $n_{\Gamma}$  из [9]

для глицерина и бензола. Так как в исследованном диапазоне ударных сжатий прозрачность глицерина сохранялась, оказалось возможным, также, как и для воды [8], определить показатель преломления ударно сжатой жидкости двумя способами: по ходу лучей в сжатом слое -  $n_{\Gamma}$  и по отражательной способности ударного фронта -  $n_{\Phi}$  (в предположении справедливости формул Френеля). Совпадение результатов, полученных двумя способами, свидетельствует о том, что во всем исследованном диапазоне переход вещества в сжатое состояние происходит в слое толщиной  $\ell < \lambda/2\pi$  за времена  $\tau = \ell/D_{y.v.} \leq 10^{-11} - 10^{-12}$  сек.

На графике для глицерина приведены также экспериментальные значения  $n_{\Gamma}$ , взятые из работы [9]. Аналогичные результаты получены и для этилового спирта. Эти исследования позволяют сделать вывод, что для жидкостей, частично теряющих прозрачность при ударном сжатии, показатель преломления может быть определен лишь по измеренным коэффициентам отражения света от ударного фронта. Такие ре-

результаты для бензола приведены на рис.1. Сплошные линии на графиках соответствуют ходу  $n(\rho)$  согласно (1), штрих-пунктирные — по Лоренц-Лоренцу. Таким образом, экспериментами с глицерином, бензолом, а также с этиловым спиртом, ацетоном, толуолом показано, что при сжатиях жидкостей в 1,5 – 2 раза их показатель преломления меняется линейно. Наилучший эмпирической зависимостью, описывающей

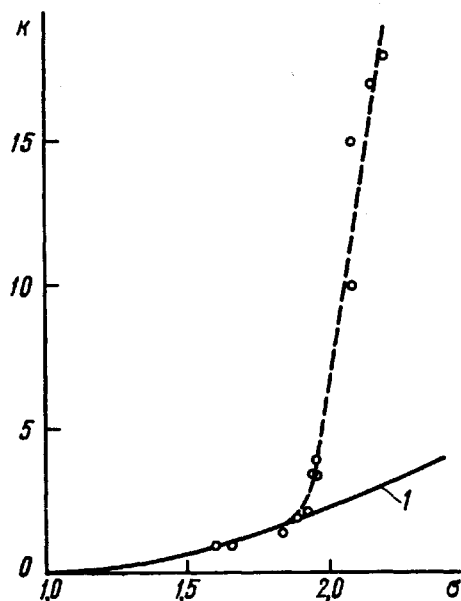


Рис.2. Отражательная способность фронта ударной волны в  $\text{CCl}_4$  при различных сжатиях  $\sigma$ .  
1 — рассчитано по Глэдстон-Дэйлу

результаты, является зависимость Глэдстона-Дэйла (Г.-Д.). Этот вывод свидетельствует об уменьшении электронной поляризуемости жидкостей при сжатии. Результаты, полученные для воды [8], где при больших сжатиях проявилось расхождение между двумя методами, являются скорее исключением, чем общей закономерностью.

2. Измерения в  $\text{CCl}_4$  показали, что до сжатий  $\sigma \leq 1,9$  отражательная способность фронта определяется изменением  $n$  согласно (1) и (2). Однако при больших сжатиях начинается резкий рост коэффициента отражения, достигающий при  $\sigma \sim 2,2$  и  $\phi = 30^\circ$  значения  $R \approx 18\%$  (рис.2), в то время как согласно (1) и (2), при  $\sigma = 2,2$  и  $\phi = 30^\circ$  должно быть  $R = 3\%$ . Измерения в разных участках спектра указали на отсутствие дисперсии  $n$  в видимой области. При попытке объяснить полученные результаты возникает альтернатива: либо этот эффект обусловлен большим значением показателя преломления сжатого  $\text{CCl}_4$  ( $n = 3,6$  при  $\sigma = 2,2$ ), потеря прозрачности в этом случае не играет решающей роли, либо осу-

ществляется "металлизация" и большая отражательная способность обусловлена значениями  $k > 0,1$  ( $k$  — мнимая часть комплексного показателя преломления  $N = n - ik$ ). Разделить  $n$  и  $k$  в отражении света можно, измерив отдельно  $R_s$  и  $R_p$  компоненты, либо измеряя сдвиг фаз компонент отраженного света [10]. Во взрывном эксперименте удобнее измерить коэффициенты отражения света под различ-

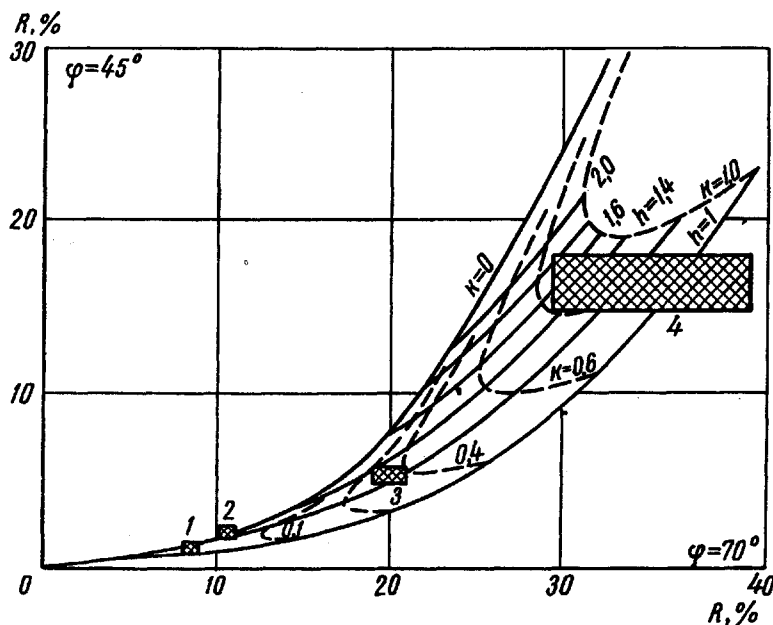


Рис.3. Номограмма для расчета действительной  $n$  и мнимой  $k$  компонент комплексного показателя преломления. Точка 1 — плексиглас,  $\sigma = 1,72$ ; точка 2 — толуол,  $\sigma = 1,76$ ; точка 3 —  $\text{CCl}_4$ ,  $\sigma = 1,95$ ; точка 4 —  $\text{CCl}_4$ ,  $\sigma = 2,12$

ными углами. Такие измерения были сделаны на  $\text{CCl}_4$  и для контроля — в толуоле и плексигласе. На рис.3 построены номограммы  $R(70^\circ)$ — $R(45^\circ)$  для различных  $n$  и  $k$  и нанесены экспериментальные результаты. Для  $\text{CCl}_4$  они действительно лежат в области значений  $n = 1,2$ ;  $k \geq 0,3$  при  $\sigma \geq 1,95$ . Это позволяет сделать вывод о металлизации  $\text{CCl}_4$  при  $\sigma > 1,9$ . Возможно, что такое состояние реализуется лишь на фронте ударной волны, а не во всей толще сжатого вещества.

В заключение отметим, что полученные результаты, а также результаты по ионным кристаллам [11], позволяют вносить поправку на отражение от фронта в температурные измерения (см. [14]), которая почти для всех изучаемых веществ невелика и лишь для  $\text{CCl}_4$  при давлениях  $P > 200$  кбар играет существенную роль.

Поступило в редакцию  
22 октября 1967 г.

## Литература

- [1] И.Л.Фабелинский. Молекулярное рассеяние света. М., 1965.  
[2] C.V.Raman, K.S.Venkataraman. Proc. Roy. Soc., 171A, 137, 1939.  
[3] I.S.Rosen. JOSA, 37, 932, 1947.  
[4] R.M.Waxler, C.E.Weir. J.Res. NBS., 67A, 163, 1963.  
[5] R.M.Waxler, C.E.Weir, H.M.Schamp, Jr. J. Res. NBS., 68A, 489, 1964.  
[6] K.S.Krishnan, S.K.Roy. Phil. Mag., 43, 1000, 1952.  
[7] B.Oksengorn. Compt. Rend., 242, 2324, 1956.  
[8] Я.Б.Зельдович, С.Б.Кормер, М.В.Синицын, К.Б.Юшко. ДАН СССР, 138, 1333, 1961.  
[9] T.J.Ahrens, M.H.Ruderman. J. Appl. Phys., 37, 4758, 1966.  
[10] А.В.Соколов. Оптические свойства металлов. М., 1961.  
[11] С.Б.Кормер, К.Б.Юшко, Г.В.Кришкевич. Письма ЖЭТФ, 3, 61, 1966.  
[12] I.M.Walsh, M.H.Rice. J. Chem. Phys., 26, 815, 1957.  
[13] С.Б.Кормер, М.В.Синицын, Г.А.Кириллов, Л.Т.Попова. ЖЭТФ, 49, 135, 1965.  
[14] С.Б.Кормер, М.В.Синицын, Г.А.Кириллов, В.Д.Урлин. ЖЭТФ, 48, 1033, 1965.

\* Все жидкости, сжимаемые в ударной волне, с повышением интенсивности теряют свою прозрачность ( $\text{CCl}_4$ ,  $P > 60-80$  кбар [12],  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $P > 300$  кбар). Механизм потери прозрачности, по-видимому, связан с поглощением света свободными электронами, как и в ионных кристаллах [13].

## ТЕПЛОЕМКОСТЬ БЕЗВОДНОГО ХЛОРИСТОГО ЧИКЕЛЯ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*М.О.Кострюкова, О.А.Зарубина*

Безводный хлористый никель  $\text{NiCl}_2$  испытывает превращение в антиферромагнитное состояние при температуре  $T_c \sim 52^\circ\text{K}$  и относится к классу слоистых антиферромагнетиков, впервые рассмотренных Ландау [1]. В этих антиферромагнетиках спины в слоях упорядочены ферромагнитно, а между слоями имеет место относительно слабое антиферромагнитное взаимодействие.

Кристаллографическая слоистая структура  $\text{NiCl}_2$  типа  $D_{3d}^5$ , и перпендикулярно слоям ионов  $\text{Ni}$  направлена ось симметрии  $C_3$ .

$\text{NiCl}_2$  полностью изотропен [2], как выше так и ниже  $T_c$ , и в связи с этим можно полагать, что спины в антиферромагнитном состоянии ориентируются в плоскости базиса.