

О ПРИМЕНИМОСТИ ФОРМУЛЫ ЛОРЕНТЦ-ЛОРЕНЦА ДЛЯ НЕМАТИЧЕСКОГО ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА МВВА

Т. С. Гуляева, В. Г. Гилев

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

Ориентированный слой нематического жидкого кристалла (ЖК) подобен одноосному кристаллу, оптические свойства которого можно охарактеризовать двумя показателями преломления: n_o и n_e – обыкновенного и необыкновенного лучей соответственно.

Измерение показателя преломления ЖК n_o обычно не вызывает трудностей. Он может быть измерен, например, на стандартном лабораторном рефрактометре типа Аббе. Значение второго показателя преломления – n_e в большинстве жидких кристаллов, как правило, выше показателя преломления измерительной призмы, и его прямые измерения в области существования ЖК-фазы возможны только для отдельных групп веществ.

Прямой рефрактометрический метод измерения показателей преломления жидкого кристалла 5СВ был использован в работе [1]. Здесь оба показателя измерялись на рефрактометре УРЛ-1. Призмы рефрактометра предварительно натирались, что позволяло получить образцы с плоской текстурой. Точность измерений, однако, была невелика: до 0.001.

Для измерения показателей преломления можно использовать интерференционные методы, которые, однако, позволяют измерить только разность показателей преломления $\Delta n = n_e - n_o$ [2, 3], и, следовательно, требуют независимого измерения показателя преломления обыкновенного луча.

Для оценок показателя преломления необыкновенного луча и величины двулучепреломления ЖК также используется расчетный способ, основанный, как правило, на гипотезе М.Ф.Вукса об однородности внутреннего поля в анизотропной среде, что позволяет использовать формулу Лорентц-Лоренца [4]. Это справедливо подвергается критике [см., например, 5]. Однако, несмотря на обилие экспериментальных исследований по изучению физических свойства ЖК, прямых (не косвенных) измерений показателя преломления необыкновенного луча, по-видимому, не проводилось.

В настоящей работе выполнены измерения показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей нематического жидкого кристалла в зависимости от температуры среды. Проведено сравнение измеренных значений n_e с рассчитанными по формуле Вукса.

В качестве объекта исследования в работе использовался нематический жидкий кристалл МВВА – метоксибензилиден-бутиланилин ($C_{18}H_{21}N_1O_1$).

Температурная зависимость плотности ρ исследуемого образца измерялась на вибрационном плотнометре DMA 5000 M (Anton Paar GmbH) в автоматическом режиме с шагом в 0.5 °С с точностью ± 0.000005 г/см³.

Для измерения показателей преломления был использован рефрактометр типа Аббе DR-M4/1550 производства Atago Ltd (Япония). Такой рефрактометр обладает высокопреломляющей измерительной призмой, позволяющей измерять показатели преломления до значений 1.92. Рефрактометр был снабжен поляризационной насадкой на окуляр, что позволяло измерять как обыкновенный, так и необыкновенный показатели преломления.

Дополнительно, показатель преломления необыкновенного луча измерялся на автоматическом рефрактометре Abbemat 550 (Anton Paar GmbH), оптическая схема которого содержит p -поляризатор. Показатель преломления призмы этого прибора равен 1.7200, поэтому для исследуемого вещества такие измерения были возможны только вблизи точки фазового перехода в области, где $n_e < 1.72$. Точность измерения составила ± 0.00002 .

Все оптические измерения выполнены для длины волны 589 нм.

Зависимость плотности МВВА от температуры показана на рис. 1. Кри-

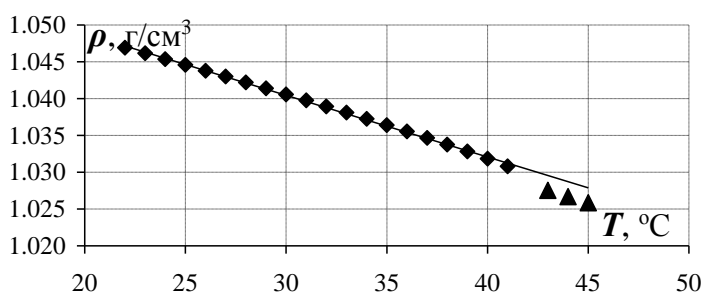


Рис. 1. Зависимость плотности МВВА от температуры: \blacklozenge – ЖК-фаза, \blacktriangle – изотропная фаза

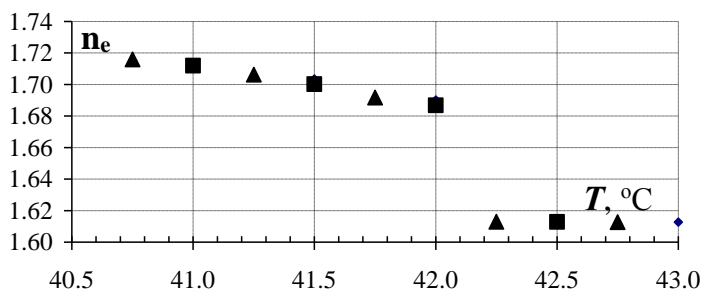


Рис. 2. Зависимость показателя преломления n_e от температуры: \blacktriangle – рефрактометр Abbemat 550; \blacksquare – рефрактометр DR-M4/1550

вые плотности аппроксимируются линейными зависимостями с коэффициентом детерминации R^2 не ниже 0.9995. Зависимости показателя преломления необыкновенного луча МВВА от температуры показаны на рис. 2. Здесь для сравнения приведены значения, измеренные рефрактометром Abbemat 550 и DR-M4/1550.

Температура перехода в изотропную фазу составила: $T_i = 42.2 \pm 0.05$.

На рис. 3 показаны результаты измерений обыкновенного и необыкновенного показателей преломления МВВА в зависимости от температуры. Показатель преломления необыкновенного луча уменьшается с увеличением температуры, обыкновенного – увеличивается. Разными значками на рисунке показаны значения, измеренные при последовательном увеличении и уменьшении температуры, а также в разные моменты времени.

Представляет интерес сравнить измеренные значения показателя преломления n_e с расчетными. Согласно гипотезе Вукса, молекулярная рефракция R анизотропного вещества с анизотропными молекулами величина постоянная, с той лишь разницей, что в анизотропной области необходимо

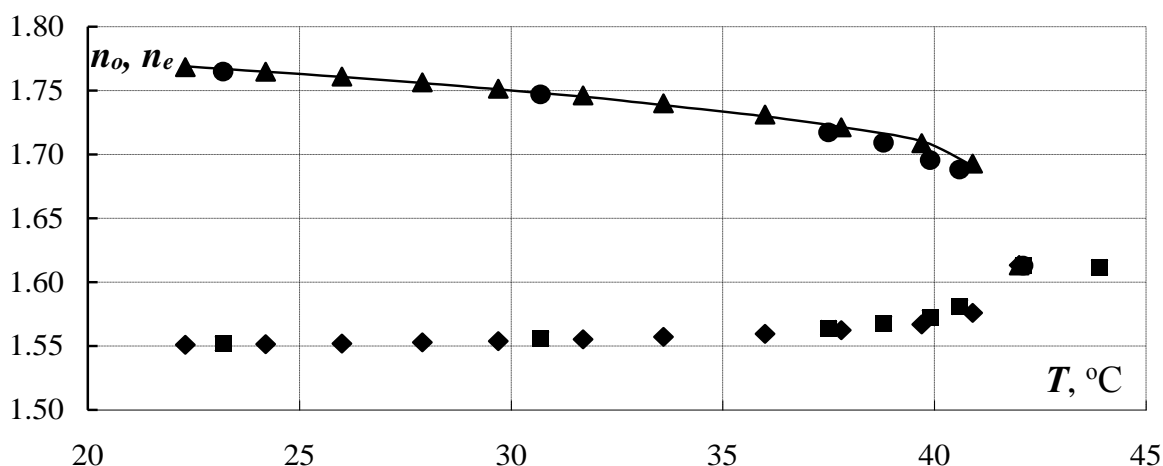


Рис. 3. Зависимость показателей преломления МВВА от температуры. Пояснения в тексте

использовать среднеквадратичные значения показателей преломления. Другими словами:

$$R = \frac{\bar{n}^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{M}{\rho} = \frac{n_i^2 - 1}{n_i^2 + 2} \frac{M}{\rho} = \text{const}$$

Здесь \bar{n}^2 – среднеквадратичное значение показателя преломления, M – молярная масса вещества, n_i – показатель преломления изотропной жидкости. Так как исследуемый жидкий кристалл одноосный, то средний квадрат показателя преломления:

$$\bar{n}^2 = \frac{2n_o^2 + n_e^2}{3} \quad \text{или} \quad n_e^2 = 3\bar{n}^2 - 2n_o^2.$$

Результаты расчетов показателя преломления необыкновенного луча показаны на рис. 3 сплошной линией. Среднее квадратичное отклонение измененных значений n_e от расчетных составило менее 10^{-4} %.

Список литературы

1. Гаврилко Л. В., Крамаренко Н. Л., Кривошей И. В. О параметре порядка в нематическом кристалле 4-н-пентил-4'-цианбифенил // Украинский физический журнал. 1981. Т. 26, № 9. С.1492–1495.
2. Haller I., Huggins N. A., Freser M. J. On the measurement of indices of refraction of nematic liquids // Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1972. Vol. 16, P. 53–59.
3. Haller I., Huggins N. A., Lilienthal H. R., McGuire T. R. Order-related properties of some nematic liquids // J. Phys. Chem. 1973. Vol. 77, N 7. P. 950–954.
4. Вукс М. Ф. Электрические и оптические свойства молекул и конденсированных сред. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1984. 334 с.
5. Аверьянов Е. М. Новая парадигма исследования мягкой материи // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2013. Вып. 2 (44). С. 42–51.