



# BADANIE ANIZOTROPII DIELEKTRYCZNEJ NEMATYCZNYCH CIEKŁYCH KRYSZTAŁÓW

## Streszczenie

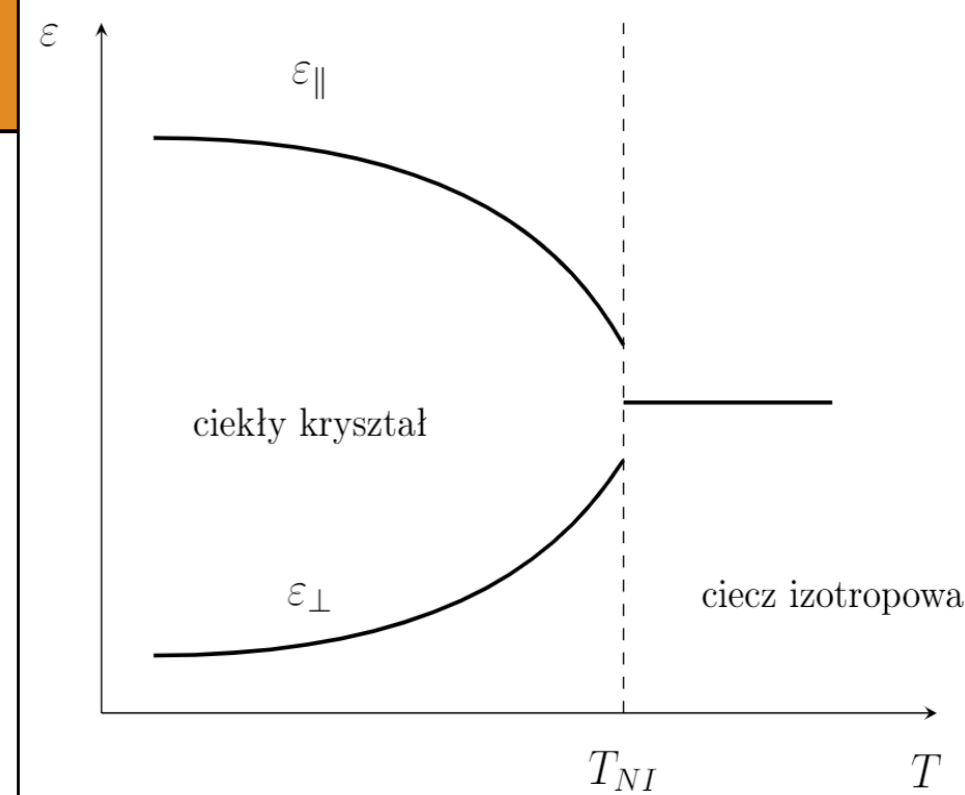
Celem ćwiczenia było zbadanie przenikalności dielektrycznej związku 7CB. Próbką wypełniająca przestrzeń między okładkami kondensatora płaskorównoległego była umieszczana w zewnętrznym polu magnetycznym w dwóch konfiguracjach: dla linii sił pola elektrycznego pomiędzy okładkami kondensatora równoległymi i prostopadłymi względem linii sił zewnętrznego pola magnetycznego. Zmieniając temperaturę próbki rejestrowano pojemność kondensatora. Korzystając z modelu Maiera-Meiera (MM)[2] pola lokalnego wyznaczono współczynnik korelacji dipolowo-dipolowych Fröhlicha-Kirkwooda oraz kąt  $\beta$ , jaki tworzy długa oś molekuly z wektorem momentu dipolowego.

## Ciekłe kryształy

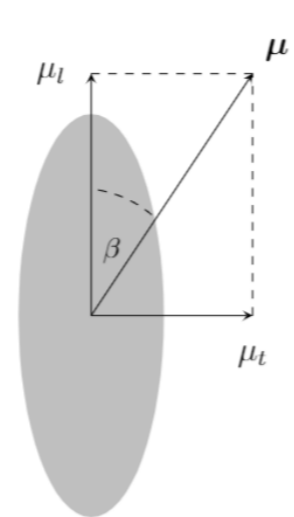
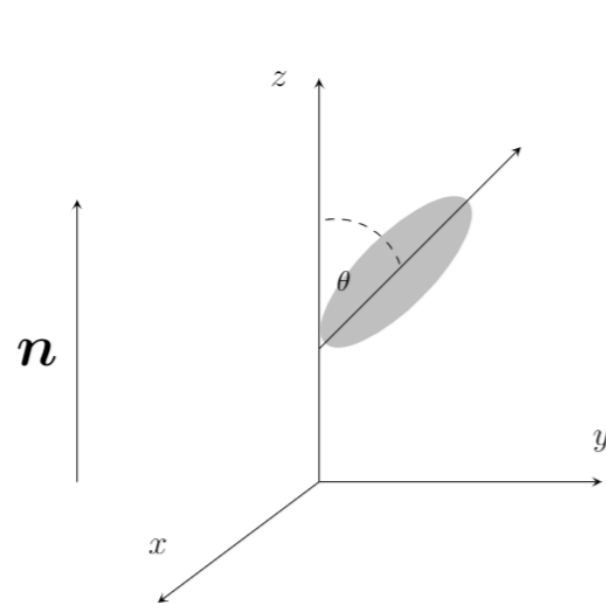
Ciekłe kryształy są fazą pośrednią pomiędzy kryształami i cieczami, wykazują własności dwóch powyższych stanów materii. Interesującą własnością ciekłych kryształów jest anizotropia wielkości fizycznych takich jak: współczynnik załamania, współczynnik lepkości, przenikalność diamagnetyczna, czy przenikalność dielektryczna. Przyłożenie pola magnetycznego lub elektrycznego do próbki zawierającej ciekły kryształ powoduje reorientację molekuł. Przenikalność dielektryczna oraz przenikalność diamagnetyczna są miarą odpowiedzi ciekłego kryształu na przyłożone pole odpowiednio elektryczne i magnetyczne. Definiujemy wielkość zwaną anizotropią dielektryczną:

$$\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp},$$

gdzie  $\Delta\epsilon = 0$ , mamy do czynienia z substancją izotropową.



## Model Maiera-Meiera pola lokalnego



Umieszczenie dielektryka w zewnętrznym polu elektrycznym powoduje jego polaryzację. Na cząsteczki wewnątrz dielektryka działa pole lokalne, będące wypadkową pola zewnętrznego oraz pól pochodzących od sąsiadujących molekuł. Związek pola zewnętrznego i lokalnego jest jednym z podstawowych problemów fizyki dielektryków i nie jest w ogólności rozwiązany.

Rozważania będą prowadzone w ramach modelu MM pola lokalnego dla ciekłych kryształów [2]. Polaryzowalność molekuł ciekłych kryształów w fazie nematycznej traktowana jest anizotropowo, wyróżniamy dwie składowe:  $\alpha_t$  poprzeczną oraz  $\alpha_l$  podłużną. Moment dipolowy  $\mu$  umiejscowiony jest w centrum molekuly i tworzy kąt  $\beta$  z osią długą molekuly. Definiuje się porządek nematyczny

$$S := \frac{\langle 3 \cos^2 \theta - 1 \rangle}{2},$$

gdzie  $\theta$  jest średnim kątem, dającym informację o statystycznym rozłożeniu molekuł wokół директора  $n$ .

W modelu MM wyprowadzone są równania na dwie główne składowe przenikalności dielektrycznej dla fazy nematycznej, uwzględniające korelacje dipolowe

$$\epsilon_{\parallel}^{MM} = 1 + \frac{N_0 F h}{\epsilon_0} \left\{ \bar{\alpha} + \frac{2}{3} \Delta\alpha S + \frac{F \mu^2}{3 k_B T} (g_0 - g_T \Delta T) \left[ 1 - (1 - 3 \cos^2 \beta) S \right] \right\},$$

$$\epsilon_{\perp}^{MM} = 1 + \frac{N_0 F h}{\epsilon_0} \left\{ \bar{\alpha} - \frac{1}{3} \Delta\alpha S + \frac{F \mu^2}{3 k_B T} (g_0 - g_T \Delta T) \left[ 1 + \frac{1}{2} (1 - 3 \cos^2 \beta) S \right] \right\},$$

gdzie  $k_B$  jest stałą Boltzmanna,  $F$  jest polem reakcji ośrodka spolaryzowanego przez molekule,  $h$  jest parametrem opisującym polaryzację molekuly przez pole wnetki [2]. W dopasowaniach wykorzystane zostały uśrednione wartości,  $\bar{\alpha} = (\alpha_l + 2\alpha_t)/3$  oraz wprowadzono  $\Delta\alpha = \alpha_l - \alpha_t$ .

## Przebieg pomiarów

Wyznaczono zależność pojemności kondensatora z próbką 7CB od natężenia prądu płynącego przez uzwojenie elektromagnesu. Próbką została umieszczona pomiędzy nabiegownikami elektromagnesu w taki sposób, aby linie sił pola elektrycznego w kondensatorze oraz linie sił zewnętrznego pola magnetycznego były równoległe względem siebie. Wykonano pomiary pojemności kondensatora w zależności od temperatury próbki. W analizie danych wzięto pod uwagę jedynie dane pomiarowe podczas chłodzenia próbki. Po zakończeniu pomiarów dla składowej równoległej przenikalności dielektrycznej, zmieniono orientację kondensatora, tak aby linie pola elektrycznego i magnetycznego były względem siebie prostopadłe. Pomiar składowej prostopadłej przenikalności dielektrycznej przebiegał analogicznie jak dla składowej równoległej. Z wykresów odczytano temperaturę klarowania  $T_{NI} = 36^\circ C$ , która została wykorzystana w analizie danych.

## Wyniki i dyskusja

Korzystając z wykresu kalibracyjnego kondensatora wypełnionego 7CB, dla którego zależność pojemności  $C$  od przenikalności dielektrycznej była dana przez

$$C = (33.76 \pm 0.62) \text{ pF} + \epsilon (6.57 \pm 1.14) \text{ pF},$$

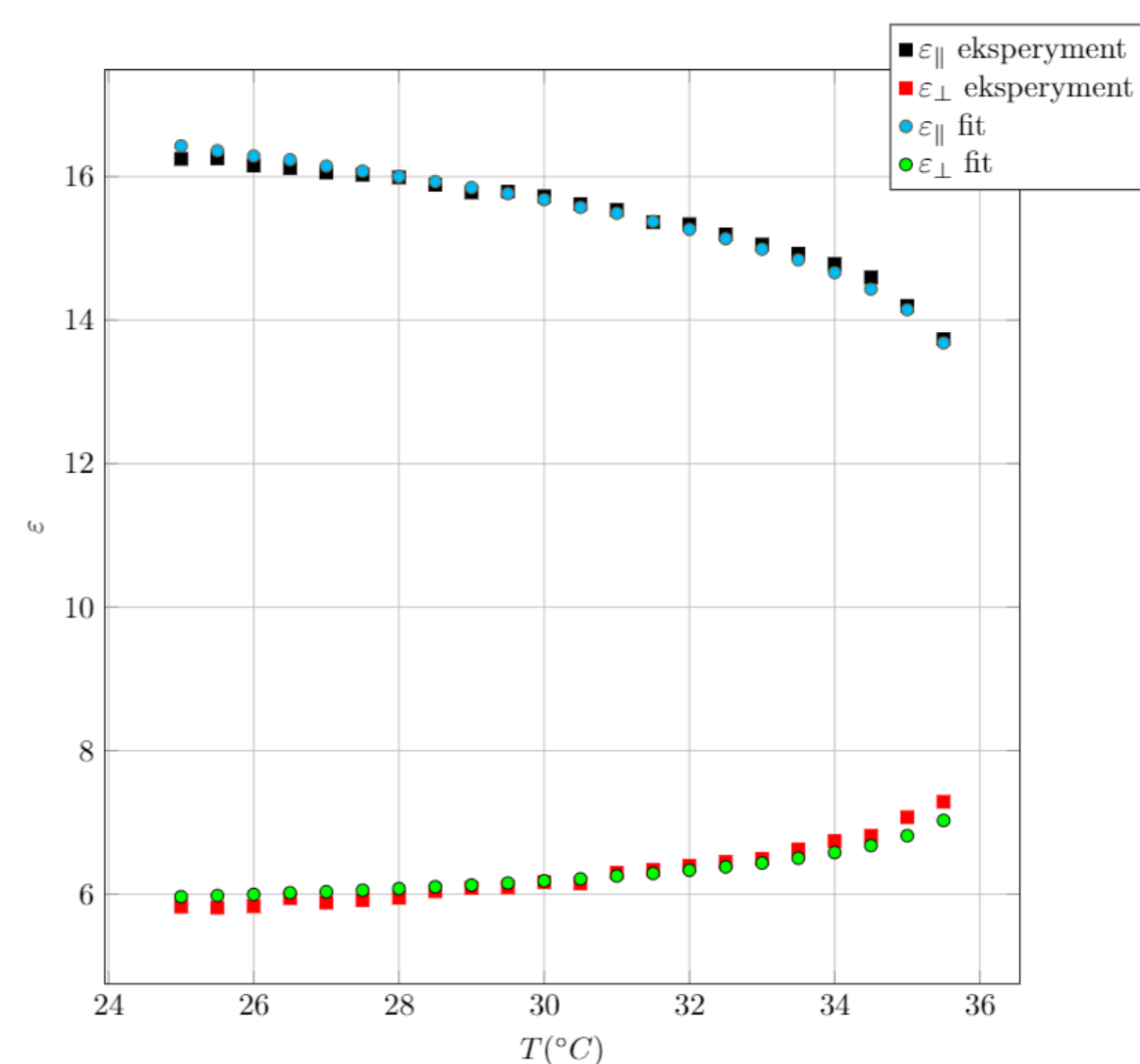
wyliczono składową prostopadłą i równoległą przenikalności dielektrycznej.

Punkty dopasowano metodą najmniejszych kwadratów, minimalizując poniższą funkcję:

$$q(\beta, g_0, g_T) = \sum (\epsilon_{\parallel}^{\text{exp}} - \epsilon_{\parallel}^{\text{MM}})^2 + \sum (\epsilon_{\perp}^{\text{exp}} - \epsilon_{\perp}^{\text{MM}})^2,$$

gdzie  $\epsilon^{\text{exp}}$  oznacza zmierzoną, a  $\epsilon^{\text{MM}}$  wyliczoną wartość przenikalności dielektrycznej. Za parametry dopasowania przyjęto  $\beta, g_0, g_T$ . Pozostałe wielkości odczytane zostały z danych tablicowych.

Otrzymano  $g = 0.5225$ ,  $g_T = 0,001478$ ,  $\beta = 43.1185^\circ$ .



## Podsumowanie

Model MM pola lokalnego daje dobre przewidywania teoretyczne anizotropii dielektrycznej ciekłych kryształów w fazie nematycznej, pomimo poczynionych w nim założeń dotyczących symetrii molekuly, ciągłości oraz nieskończoności ośrodka [2].

## Bibliografia

[1] Instrukcja do ćwiczenia Z17 ([www.2pf.if.uj.edu.pl](http://www.2pf.if.uj.edu.pl)).

[2] S.Urban - Statyczna przenikalność dielektryczna nematyków [http://www.2pf.if.uj.edu.pl/web/ii-pracownia-fizyczna/z2\\_log](http://www.2pf.if.uj.edu.pl/web/ii-pracownia-fizyczna/z2_log)