

Anizotropia optyczna i dielektryczna ciekłych kryształów

Michał Balcerak, pod opieką dr Teresy Jaworskiej-Gołąb

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński

Motywacja

Substancje posiadające ciekłokrystaliczne fazy skupienia - czyli fazy, w których materia wykazuje zarówno pewne właściwości kryształu jak i cieczy, znajdują szerokie zastosowanie w nowoczesnej technice. Przykładem urządzeń bazujących na ciekłych kryształach są ekrany LCD - wyświetlacze znacznie bardziej energooszczędne niż konwencjonalne rozwiązania. Celem moich badań było poznanie odpowiednich metod badawczych i wyznaczenie podstawowych parametrów wybranego ciekłego kryształu.

Metody badawcze

Anizotropowość optyczna materii w stanie ciekłokrystalicznym przejawia się m.in. przez dwójfomność optyczną - niezrówną różnicę wartości współczynników załamania światła propagowanego w kierunku równoległym i prostopadłym do direktora, czyli średniego kierunku ustawienia molekuł w substancji.

$$\Delta n = n_{\parallel} - n_{\perp}$$

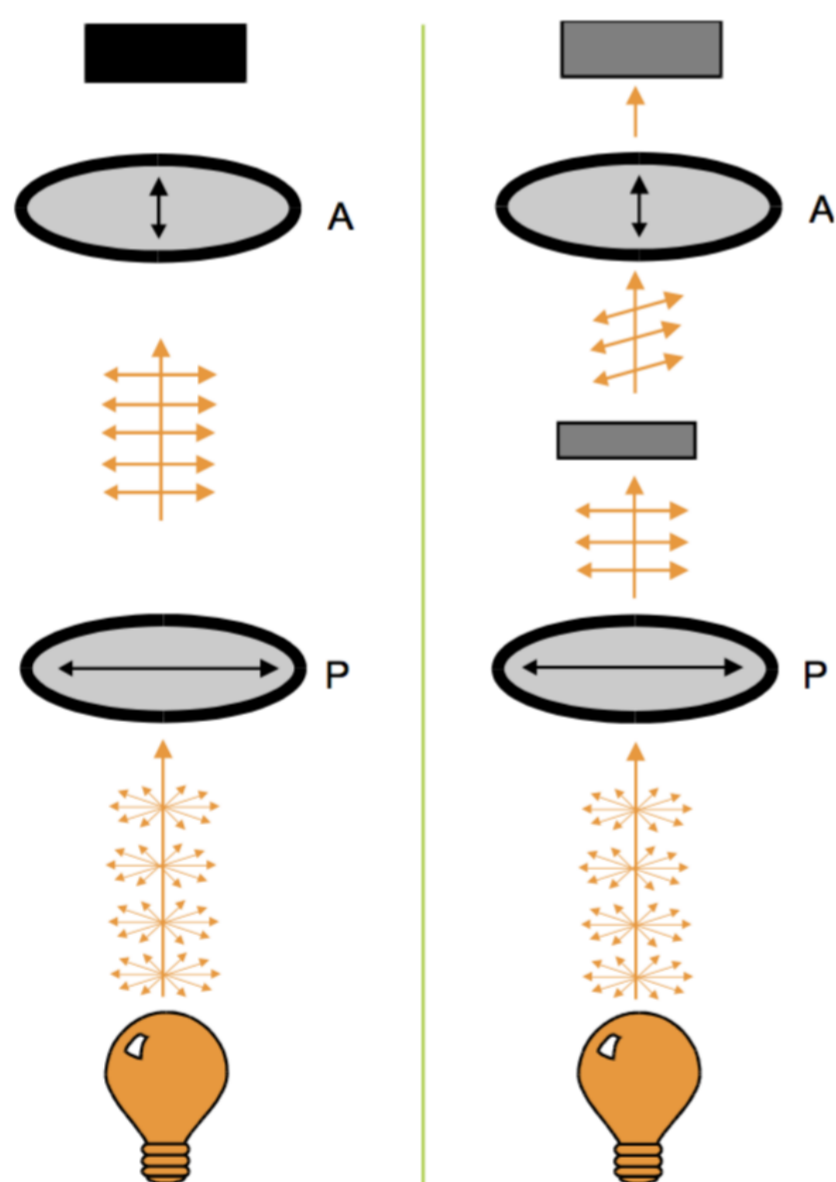
Dwójfomność optyczna skutkuje skręceniem płaszczyzny polaryzacji padanego światła. Fakt ten jest wykorzystywany do badania ciekłych kryształów przy pomocy tzw. mikroskopu polaryzacyjnego. Urządzenie to swoim działaniem przypomina zwyczajny mikroskop z tą różnicą, że badana próbka jest umieszczona pomiędzy dwa polaryzatory o ortogonalnej płaszczyźnie polaryzacji względem siebie - na pobocznym rysunku oznaczone literami P i A.

Obraz widoczny na ekranie nazywany jest teksturą. Na jej podstawie doświadczony badacz może rozpoznać rodzaj fazy ciekłokrystalicznej badanej próbki. Trzeba pamiętać, że zależy ona również od innych czynników niż rodzaj fazy, takich jak gradient temperatury czy morfologia i grubość próbki. Przejściu z fazy ciekłokrystalicznej do fazy cieczy izotropowej towarzyszy zanik tekstury. Temperatura, w której to zjawisko występuje, nazywa się temperaturą klarowania.

Badanie ciekłych kryształów można również przeprowadzić mierząc ich przenikalność dielektryczną ϵ .

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

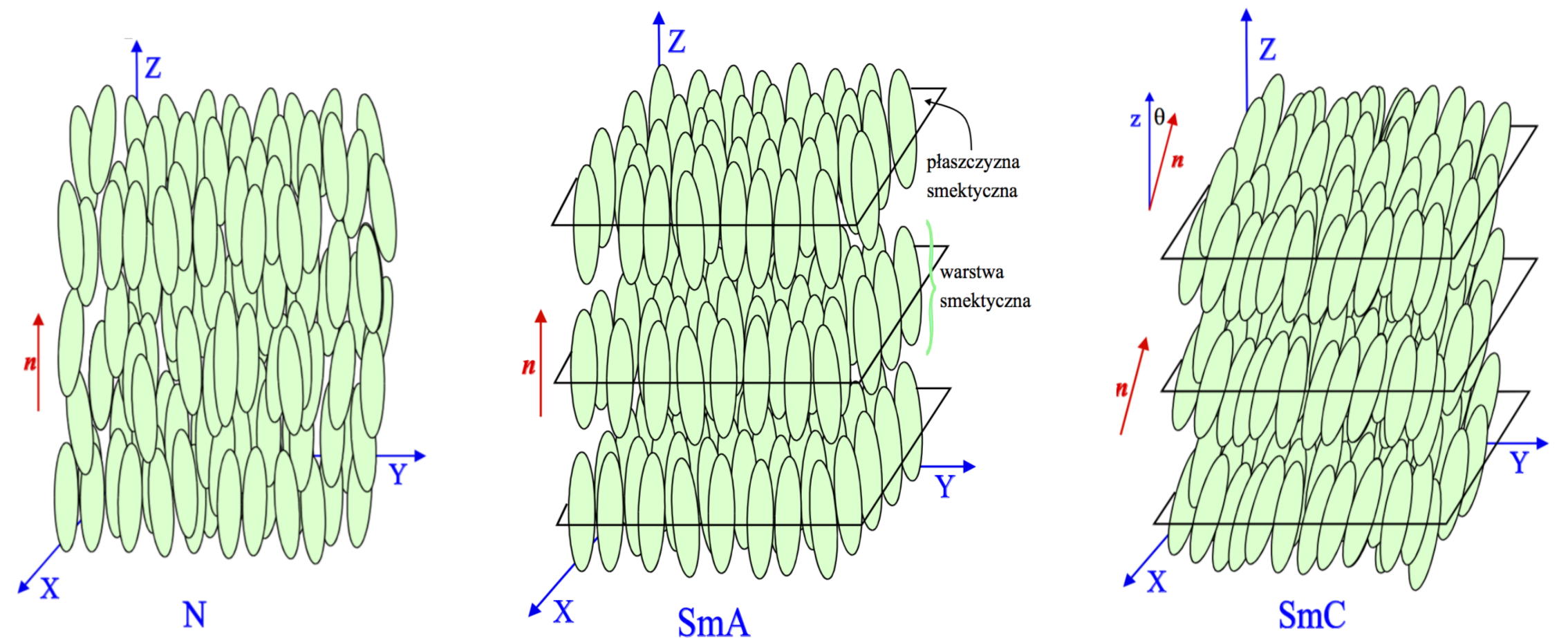
Dodatnia wartość anizotropii dielektrycznej $\Delta\epsilon$ próbki umieszczonej w porządkującym ją polu magnetycznym oznacza, że molekuły substancji preferują ułożenie równoległe do pola, a ujemna, że prostopadłe. W fazie cieczy izotropowej anizotropia dielektryczna wynosi zero.



Mikroskop polaryzacyjny. Po lewo - brak próbki bądź próbka nie skręcająca płaszczyzny polaryzacji. Po prawo - próbka wykazuje dwójfomność, więc obraz jest obserwowany na ekranie.

Fazy ciekłokrystaliczne materii

Istnienie faz ciekłokrystalicznych substancji może wynikać z silnej anizotropii przestrzennej jej molekuł. Wśród ciekłych kryształów o molekułach prętopodobnych wyróżniamy m.in. tzw. nematyki i smektyki. Obie te grupy różnią się między sobą sposobem rozmieszczenia molekuł. Ich wspólną cechą jest to, że molekuły mogą się w nich obracać i przesuwac, ale średniując po czasie i przestrzeni układają się w ściśle określonym kierunku.

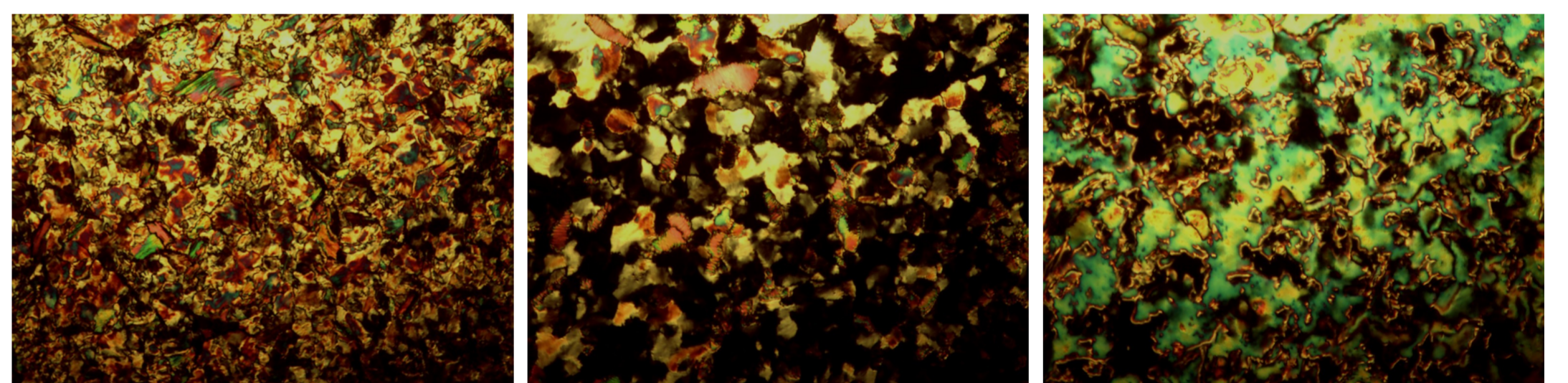


Schemat ułożenia molekuł w wybranych fazach ciekłokrystalicznych; od lewej: nematycznej, smektycznej A i smektycznej C.

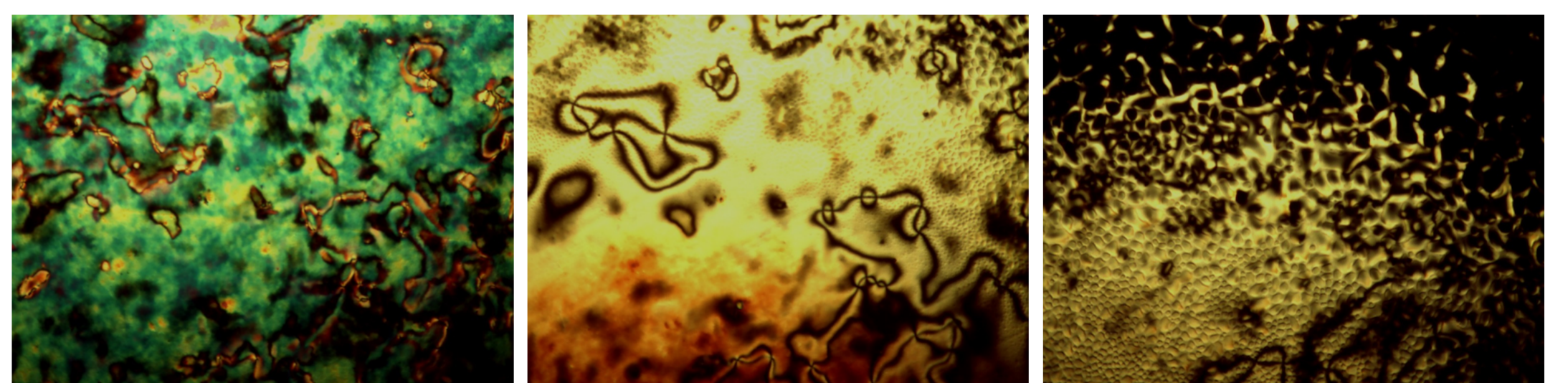
W nematykach środki ciężkości molekuł są rozmieszczone chaotycznie. W smektykach molekuły układają się w tzw. płaszczyznach smektycznych. Dodatkowo smektyki można podzielić m.in. na smektyki A, w których długie osie molekuł są prostopadłe do płaszczyzn smektycznych i smektyki C, w których te osie są ustawione względem płaszczyzn pod pewnym stałym kątem.

Wyniki

Ze względu na różnice w rozmieszczeniu molekuł, rodzaj tekstury będzie różnił się w zależności od rodzaju fazy ciekłokrystalicznej, w której znajduje się materia. Poniższe tekstury zostały wykonane za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego na próbce z szeregu homologicznego tiobenzoesanów - 10s5.

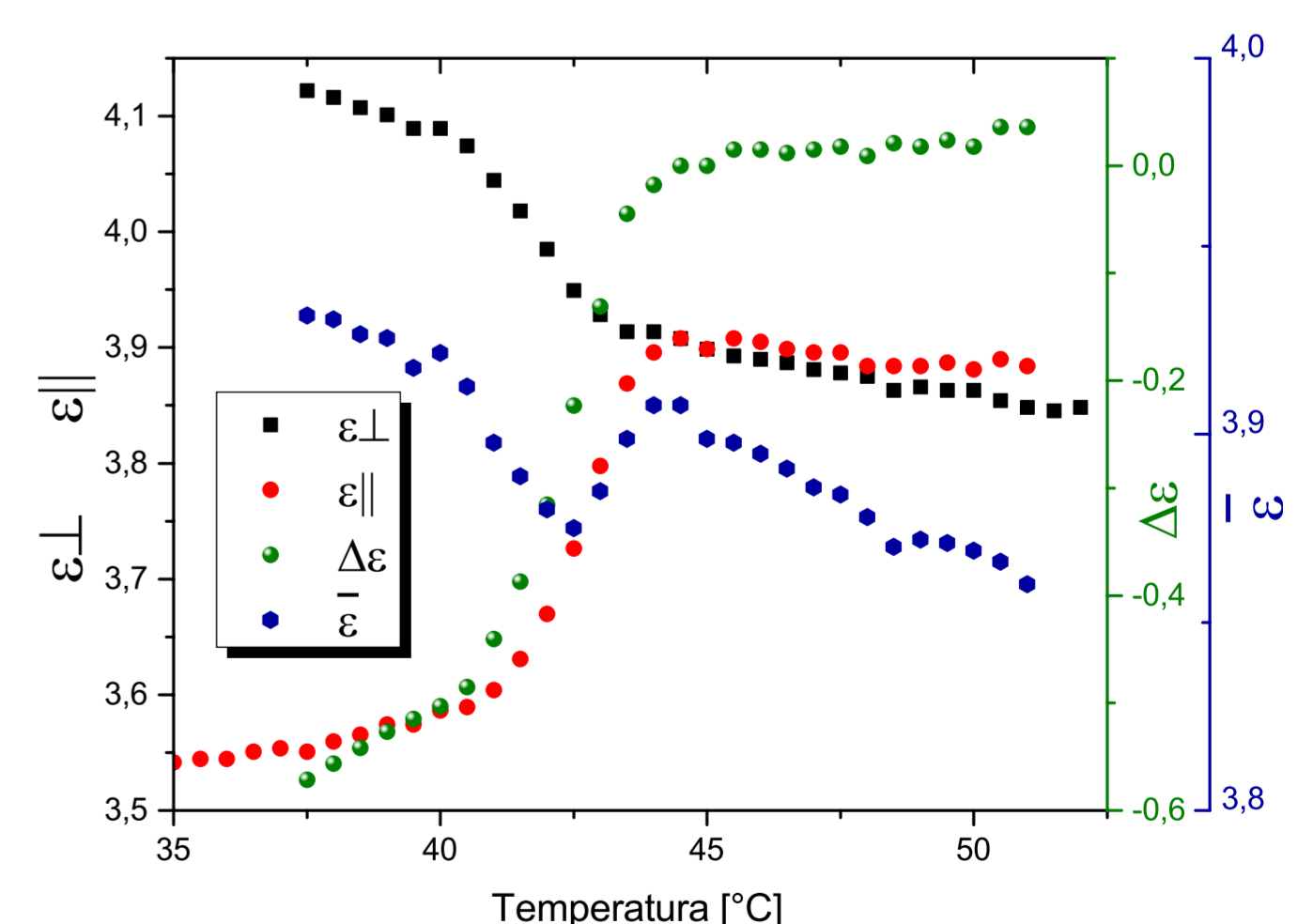


Próbka 10s5 ogrzewana od temperatury 15 °C. Obserwowane struktury dla fazy od lewej: kryształu(37.8 °C), smektyku(72.5 °C), nematyku(81.0 °C)



Próbka 10s5 ogrzewana od temperatury 15 °C. Obserwowane tekstury tuż przed przejściem do fazy cieczy izotropowej w temperaturze 86.0 °C.

Na wykresie po prawo znajdują się zmierzone wartości przenikalności dielektrycznej dla próbki tiobenzoesanu 1s5. Do wyznaczenia tą metodą temperatury klarowania substancji, należy odczytać minimum zależności $\bar{\epsilon}$ bądź punkt przegięcia $\Delta\epsilon$.



Zależność ϵ_{\perp} , ϵ_{\parallel} , $\Delta\epsilon$ i $\bar{\epsilon} = (\epsilon_{\parallel} + 2\epsilon_{\perp})/3$ od temperatury dla próbki 1s5.

Literatura

- [1] Gregory P. Crawford and Scott J. Woltman. *Liquid Crystals: A Unique Phase of Matter, Chapter 1.*
- [2] II Pracownia Fizyczna. Materiały do ćwiczenia z1/z2.
- [3] Wacław Witko. Ciekłe kryształy - wczoraj, dziś i jutro.

Podsumowanie

Wyzaczyłem temperaturę klarowania tiobenzoesanu 10s5 metodą mikroskopu polaryzacyjnego na $86.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Mierząc współczynniki przenikalności dielektrycznej próbki tiobenzoesanu 1s5 wyznaczyłem temperaturę klarowania na $42.34 \pm 0.06^{\circ}\text{C}$ oraz stwierdziłem, że w fazie krystalicznej ta substancja ma ujemną wartość $\Delta\epsilon$.