



Badanie ciekłych kryształów metodą polarymetryczną

Motywacja

Fazy ciekłokrystaliczne znajdują wiele zastosowań w rozmaitych dziedzinach życia, z czego najbardziej znane są wyświetlacze ciekłokrystaliczne (z ang. LCD). LCD zdominowały rynek telewizorów i monitorów ze względu na dobrą jakość obrazu i wydajność energetyczną. Poza tym ciekłe kryształy wykorzystuje się do pomiarów temperatury, jako ośrodek czynny w laserach oraz jako dodatki do farb umożliwiające zmianę koloru pod wpływem temperatury. Z tego powodu wciąż są syntezowane nowe związki ciekłokrystaliczne i bada się ich właściwości.

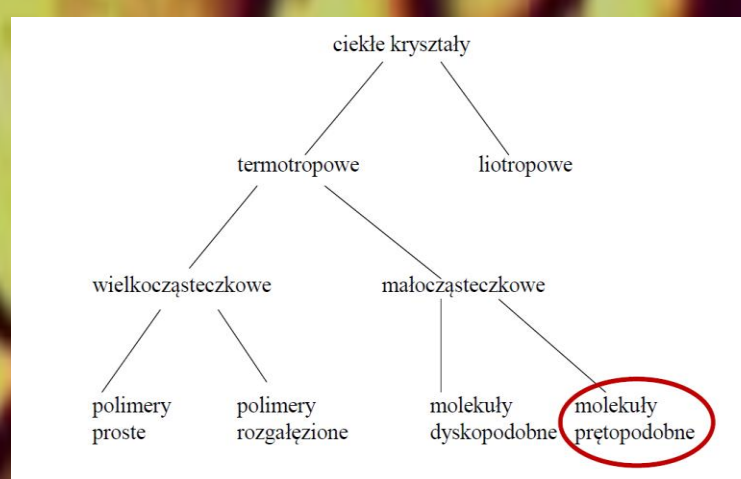
Rodzaje faz ciekłokrystalicznych

Podział ciekłych kryształów ze względu na sposób powstawania i budowę cząsteczek przedstawiono na schemacie na Rys. 1.

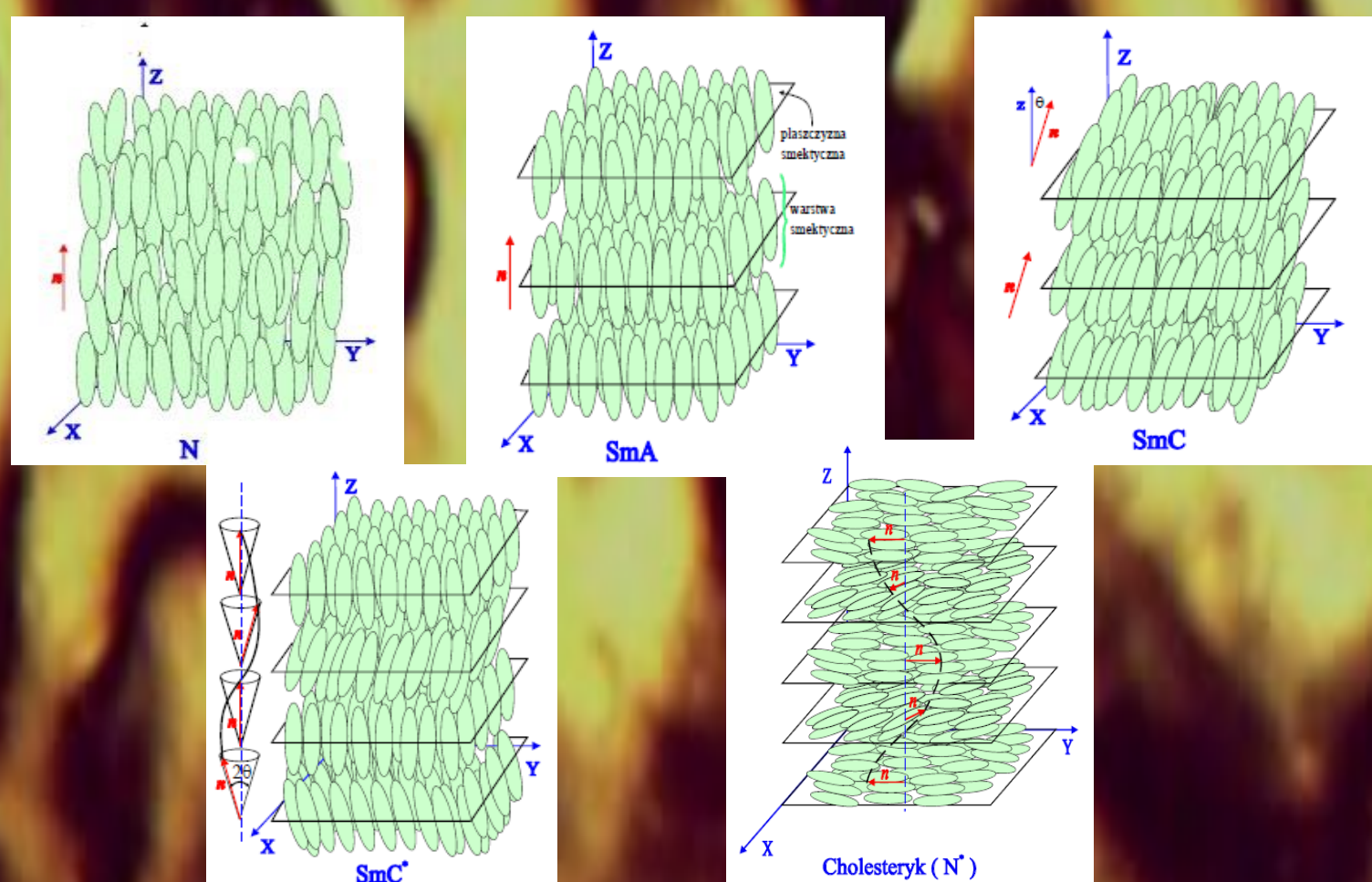
Drugi podział opiera się na stopniu uporządkowania cząsteczek. Najmniejszym uporządkowaniem cechuje się faza nematyczna (N, z gr. *nema* - nić), w której długie osie cząsteczek są do siebie równoległe a ich wypadkowy kierunek nazywany jest **directorem**. Środki ciężkości rozmieszczone są chaotycznie, a parametr porządku nematycznego wyrażany jest wzorem^[2]:

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

gdzie θ oznacza kąt nachylenia pojedynczej cząsteczki względem directora. Większe uporządkowanie występuje w fazach smektycznych (Sm), które z kolei dzielimy na smektyki proste, tj. z directorem prostopadłym do płaszczyzny smektycznej, np. SmA, SmB oraz smektyki pochylone (w których director tworzy pewien kąt z normalną do płaszczyzny smektycznej, np. SmC). Smektyki różnią się również między sobą rozmieszczeniem molekuł w obrębie warstwy – w smektykach A są one rozłożone losowo, w smektykach B tworzą sieć heksagonalną. Cholesteryk (N*), określane też czasem jako skręcony nematyk, ma molekuły ułożone w warstwy. W tej fazie director każdej warstwy leży średnio w płaszczyźnie wyznaczonej przez środki ciężkości molekuł, a ponadto jest obrócony o pewien stały kąt względem directora sąsiadujących warstw. W mikroskopie polaryzacyjnym może dawać obraz podobny do nematyka.



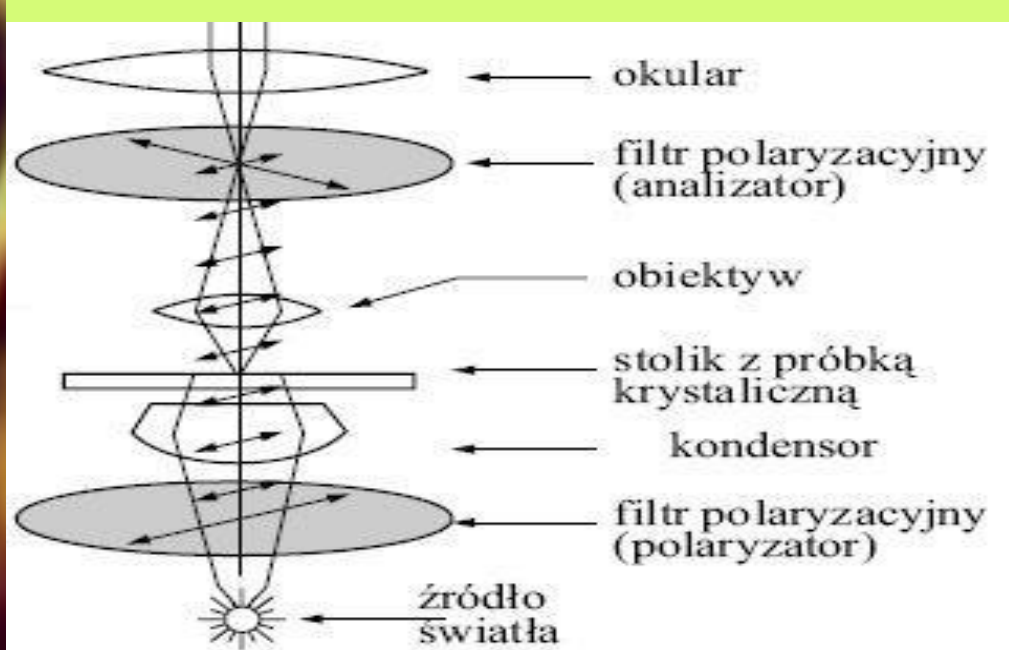
Rys. 1.: Klasyfikacja ciekłych kryształów^[1]



Rys.2.-6.: Schemat ułożenia molekuł w faz ciekłokrystalicznych^[1]

Mikroskop polaryzacyjny

Działanie mikroskopu polaryzacyjnego oparte jest na dwójłomności badanego obiektu, czyli zdolności do podwójnego załamania światła. Taką anizotropię właściwości optycznych przejawia wiele kryształów oraz wszystkie ciekłe kryształy.

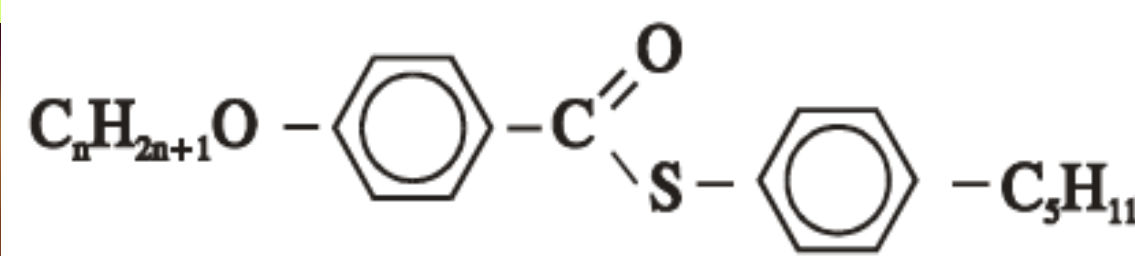


Rys. 7.: Schemat budowy mikroskopu polaryzacyjnego^[3]

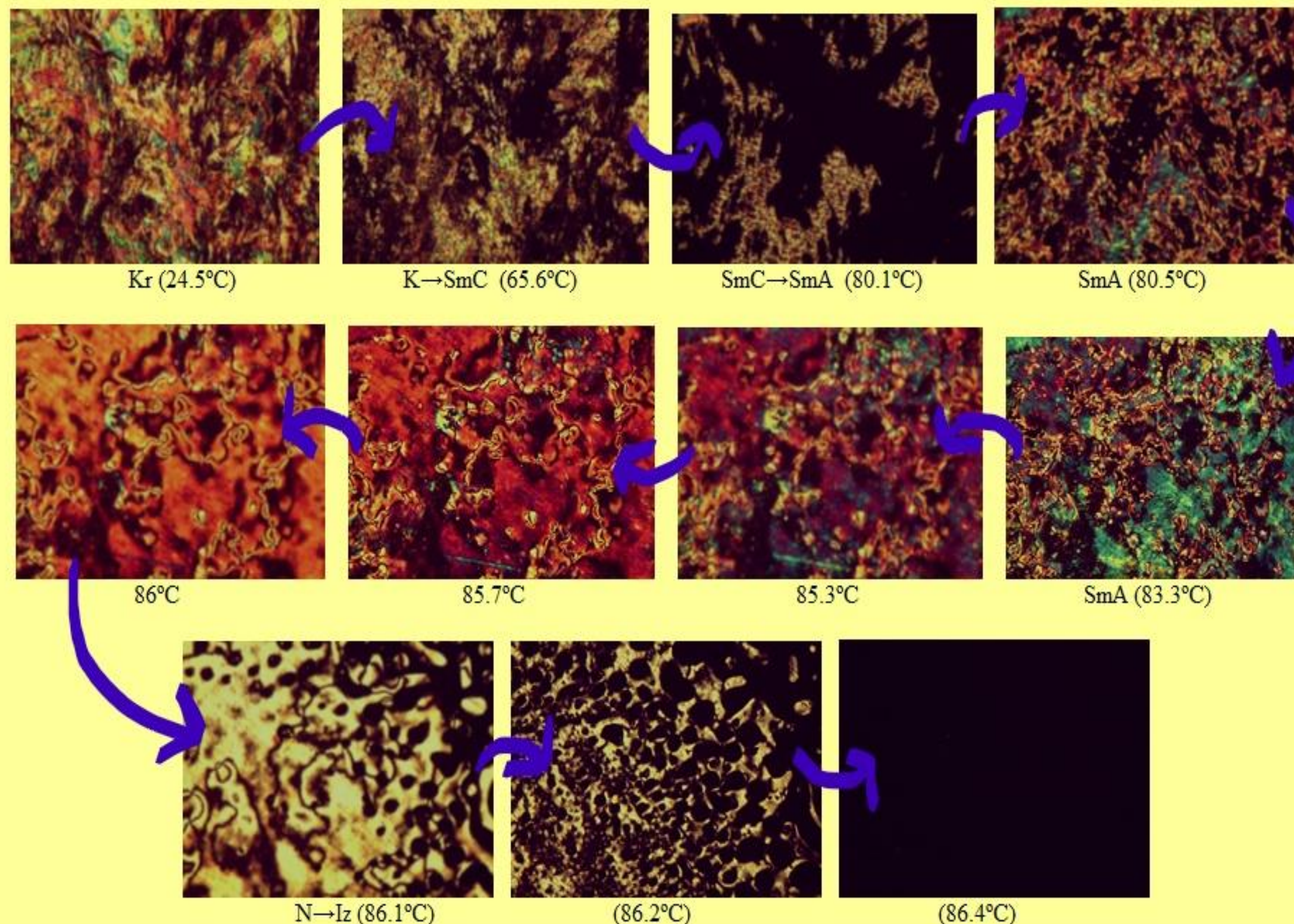
Światło przechodząc przez polaryzator zostaje spolaryzowane liniowo. Jeżeli na stoliku nie ma próbki bądź jest ona izotropowa, to ustawiony prostopadle analyzer zatrzyma wiązkę światła, dając tym samym całkowicie ciemny obraz. Materiał dwójłomny zmienia płaszczyznę polaryzacji padającego nań światła, dzięki czemu część promieniowania może przejść przez analyzer.

Badanie przejść fazowych

Eksperyment miał na celu wyznaczenie sekwencji faz podczas ogrzewania i ochładzania dla trzech związków z szeregu tiobenzoesanów: 10S5, 9S5 oraz 8S5. Każdą próbkę ogrzewano od temperatury pokojowej do momentu uzyskania jednolitego ciemnego obrazu pod mikroskopem polaryzacyjnym, a następnie ochładzano do temperatury początkowej. Za pomocą kamery sprzężonej z komputerem rejestrowano interesujące obrazy, tj. przedstawiające różne fazy, a w szczególności same procesy przemian.



Rys. 8.: Wzór ogólny tiobenzoesanów^[1]



Rys.9: Tekstury zarejestrowane podczas ogrzewania związku 10S5.

Związek	Sekwencja fazowa	
	Ogrzewanie	Chłodzenie
10S5	Kr (65.6°C)→SmC (80.1°C)→ →SmA (80.5 °C) →N (86.1°C)→Iz	Iz(86.3°C)→N(80.2°C)→SmA(72.7°C)→ →SmC(42.7°C)→SmB(35.6°C)→Kr
9S5	Kr(62.5 °C)→SmC(63.8 °C)→ →SmA(72.6 °C)→N(84.9 °C)→Iz	Iz(84.8 °C)→N(72.3 °C)→SmA(38.6°C)→ → SmC(30.8 °C)→Kr
8S5	Kr(51.9 °C) →SmC(54.2 °C) → → SmA(71.3 °C) →N(83.2 °C) →Iz	Iz(83.3 °C) →N(57.8 °C) →SmA(46.8 °C) → →SmC(T<33 °C) →Kr

Podsumowanie

- Pod wpływem zmian temperatury zmienia się faza, co skutkuje zmianą tekstury.
- Dodatkowo zmieniał się kolor próbki. Poza przyjemnymi dla oka efektami wizualnymi zmiana koloru utrudniała wyznaczanie temperatury przemiany fazowej.
- Zaobserwowano, że temperatury przemian fazowych podczas ogrzewania substancji nie zawsze pokrywają się z tymi otrzymanymi w trakcie chłodzenia.
- Na podstawie zarejestrowanych tekstur dla trzech substancji z tego samego szeregu homologicznego (o różnej długości łańcucha węglowego) można wywnioskować, że zwiększenie długości tego łańcucha powoduje wzrost temperatury przejścia z fazy krystalicznej do ciekłokrystalicznej, natomiast przejście do cieczy izotropowej zachodzi dla wszystkich trzech badanych związków w zbliżonej temperaturze.
- Podobną zależność widać choćby w szeregu homologicznym alkanów C_nH_{2n+2} : im większe n , tym wyższa temperatura topnienia (dla $n > 4$) i wrzenia. Wynika to z silniejszych oddziaływań między większymi cząsteczkami.

Referencje:

- [1] *Badanie tekstur ciekłych kryształów metodą polarymetryczną* (skrypt IM-1)
- [2] *Podstawowe informacje o ciekłych kryształach*, S. Urban
- [3] http://www.edupedia.pl/words/index/show/532888_sownik_fizyczny-mikroskop_polaryzacyjny.html, dostęp IV 2018