

# Liotropowe ciekłe kryształy – od kuboformów do małych monokryształów

## Streszczenie

*Autor mgr Larisa Iatypova*

*Promotor dr hab. Wojciech Gózdź*

Celem pracy było zbadanie monokryształów i nanocząstek liotropowych ciekłokrystalicznych faz kubicznych. Praca składa się z części eksperymentalnej i teoretycznej.

**Eksperymentalna część** pracy miała dwa cele: 1 – zbadanie diagramu fazowego układu liotropowego wykorzystywanego do otrzymania kuboformów, 2 – otrzymanie kuboformów i ich obserwacja za pomocą mikroskopu elektronowego (cryo-TEM).

Punktem wyjścia naszych badań eksperymentalnych był diagram fazowy układu woda/etanol/fitantriol otrzymany wcześniej przez R. Sheshkę i P. Faye (studentów M1 w laboratorium LPS). Ten diagram fazowy został przez przebadany z większą dokładnością przy użyciu nowej aparatury dostosowanej do automatycznej i dokładnej kontroli stężenia etanolu.

Ponowne dokładne zbadanie mieszaniny trójskładnikowej fitantriol/woda/etanol doprowadziło do odkrycia kilku nieznanymi wcześniej własności tego układu:

1 - zauważono, że dodanie etanolu w odpowiednich stężeniach do fazy L1 otaczającej próbki (kropelki fitantriolu) indukuje fazę L3 (fazę gąbczastą) i fazę  $L\alpha$  (lamelarną) oprócz znanych już faz L2, Pn3m i H1;

2 - poprawiony diagram fazowy we współrzędnych temperatura-stężenie ma kilka niezwykłych cech takich jak współistnienie trzech faz izotropowych (L1+L2+L3) ograniczone przez dwa punkty poczwórne (L1+L2+L3+H1 i L1+L2+L3+Pn3m). Zgodnie z najlepszą naszą wiedzą, istnienie punktów poczwórnych dotychczas nie było opisane w literaturze. Ponadto, współistnienie trzech faz izotropowych jest unikalnym wynikiem opisanym tylko w naszej pracy;

3 - zjawisko nukleacji zarodków fazy L1 w fazie Pn3m było już opisane w poprzednich badaniach jednak dopiero w naszej pracy zostało przedstawione wyjaśnienie tego zjawiska;

4 - sekwencja przejść fazowych  $Pn3m+L1 - L3+L1 - L2+L1 - L1+L2$  została odkryta po raz pierwszy.

Próbowaliśmy także opracować nowy sposób otrzymywania zawiesiny nanocząstek ciekłokrystalicznej fazy  $Pn3m$ . Naszym celem było przygotowanie kubożomów w bardziej kontrolowany sposób niż to miało miejsce we wszystkich znanych metodach stosowanych wcześniej. Niestety, nasza próba otrzymania nanocząstek fazy ciekłokrystalicznej bez użycia stabilizatora nie powiodła się: zgodnie z oczekiwaniami nanocząstki zostały otrzymane ale zawiesina nanocząstek była niestabilna: nanocząstki fazy  $Pn3m$  szybko sklejały się ze sobą. Doszliśmy do wniosku że rola stabilizatora była kluczowa w przygotowaniu kubożomów. Naszym głównym celem było zbadanie struktury kubożomów, przygotowaliśmy je metodą ultradźwiękową. Uzyskaliśmy wiele dobrze ukształtowanych nanocząstek fazy  $Pn3m$  o dobrze zorganizowanej strukturze wewnętrznej. Mniejsze cząstki mają zazwyczaj kształt kulisty, podczas te o większych rozmiarach są wielościenne.

**Część teoretyczna** pracy była poświęcona geometrii i stabilności struktury ścianek monokryształów oraz nanocząstek fazy  $Pn3m$  otoczonych fazą izotropową. W szczególności zbadano strukturę ścianek utworzonych na kropelkach fazy  $Pn3m$ . Obliczenia przeprowadzone zostały w oparciu o model Landaua-Brazovskiego z jednym skalarnym parametrem porządku związanym z lokalnym stężeniem wody. Obliczenia wykonane dla nieskończenie dużych ścianek zbudowanych z identycznych elementów. Takie przybliżenie bardzo dobrze opisuje strukturę monokryształów lub powierzchni międzyfazowych. Obliczenia wykonane w ciągłym modelu Landaua-Brazovskiego pozwoliły na dokładne określenie struktury dwuciągłej fazy ciekłokrystalicznej współistniejącej z fazą izotropową. W modelu ciągłym znacznie łatwiej jest badać ścianki utworzone w różnych kierunkach, ponieważ struktura sieci nie musi być wzięta pod uwagę. Ponadto, zmiana krzywizny dwuwarstwy przy powierzchni międzyfazowej może być uwzględniona.

Otrzymaliśmy również małe kubożomy przez minimalizację funkcjonalu Landaua-Brazovskiego. Rozmiar kubożomów otrzymanych w wyniku modelowania matematycznego był mniejszy niż rozmiar kubożomów obserwowanych przy pomocy cryo-TEM. Pomimo małych rozmiarów struktury te mogą być przydatne dla zrozumienia wewnętrznej struktury kanałów wewnątrz nanocząstek zwłaszcza w warstwie zbliżonej do ścianki. Zobserwowano kubożomy o tej samej symetrii, zbliżonym kształcie jednak o różnej strukturze wewnętrznej. Te kubożomy mają cztery otwarte kanały na jednej ściance.

Bez wiedzy o ich strukturze wewnętrznej można błędnie przypuszczać, że one są takie same. Ale w rzeczywistości każdy kuboatom różni się od innych kuboatomów.