

## Uporządkowane polarnie trójwymiarowe struktury miękkiej materii

Pomysł na ciecz z uporządkowanymi momentami dipolowymi, o ferroelektrycznych właściwościach pojawiła się w nauce za sprawą M. Borna ponad sto lat temu. Chociaż pomysł wydawał się prosty to jego realizacja okazała się nieoczekiwanie trudna, oddziaływania dipolowe są zbyt słabe a ruchy termiczne w cieczy zbyt silne by uzyskać dalekozasięgowe uporządkowanie momentów dipolowych. Do tej pory koncepcję ‘polarnych cieczy’ udało się zrealizować, i to tylko częściowo, w fazach ciekłokrystalicznych, jednak należy zauważyć, że w fazach tych porządek polarny jest efektem ubocznym oddziaływań sterycznych, a nie bezpośrednim wynikiem oddziaływań dipoli elektrycznych. Uporządkowanie polarne w fazie ciekłokrystalicznej uzyskuje się np. przez obniżenie symetrii fazy wynikające z chiralności molekularnej lub silnie hamowanej rotacji wymuszonej przez kształt molekuly, np. przez wygięcie rdzenia. W 2019 r. pojawiały się jednak doniesienia o odkryciu ferroelektrycznej fazy nematycznej, co ponownie otworzyło dyskusję nt. istnienia ferroelektrycznych cieczy. Jak dotąd, liczba materiałów wykazujących ten typ fazy jest ograniczona do jednej grupy cząsteczek, nie jest też wykluczone, że i w tych materiałach uporządkowanie polarne jest efektem wtórnym i wynika ze specyficznego kształtu molekuł.

Niniejszy projekt ma zarówno znaczenie ‘podstawowe’ – postawione ponad 100 lat temu pytanie Borna, czy polarne ciecze istnieją, jest samo w sobie interesujące i warte odpowiedzi, podobnie jak pytanie czy i jak chiralność molekularna może zmodyfikować strukturę ciekłych faz polarnych, np. podobnie jak w przypadku niepolarnych faz nematycznych wyindukować helikalne struktury fotoniczne, jedno- (cholesteryk) lub trój-wymiarowe (fazy błękitne). Projekt może mieć też znaczenie praktyczne - polarność faz ciekliwych, zawłaszcza tych z trójwymiarowym uporządkowaniem molekuł, umożliwi łatwe i efektywne sterowanie właściwościami, np. fotonicznymi, fazy polem elektrycznym.

Celem niniejszego projektu jest powiększenie biblioteki materiałów tworzących ferroelektryczną fazę nematyczną, ustalenie ogólnych zasad projektowania ferroelektrycznych nematyków, uzyskanie materiałów tworzących bardziej złożone polarne struktury z trójwymiarowym uporządkowaniem molekuł, np. fazy błękitne lub żyroidalne oraz otrzymanie nowych funkcjonalnych materiałów. Proponowany plan badań obejmuje syntezę nowych materiałów, także chiralnych, zdolnych do tworzenia faz polarnych, badanie struktury tworzonych faz z wykorzystaniem m. in. technik mikroskopowych (mikroskopii optycznej, elektronowej, sił atomowych) oraz dyfrakcji rentgenowskiej (także dyfrakcji rezonansowej – specyficzej metody pozwalającej na badanie struktury faz bez uporządkowania pozycyjnego cząsteczek). Badania eksperymentalne będą połączone z pracami teoretycznymi, które pozwolą przewidywać stabilność i właściwości faz polarnych, np. przy silnym oddziaływaniu z powierzchniami, a więc w warunkach takich jakie wykorzystuje się w wyświetlaczach optycznych. Modelowana będzie także struktura faz, co jest kluczowym warunkiem właściwej interpretacji eksperymentalnych wyników rezonansowej dyfrakcji rentgenowskiej.