

Jak sama nazwa wskazuje, ciekłe kryształy (CK) to substancje, które wykazują cechy charakterystyczne zarówno dla cieczy (zdolność do płynięcia), jak i krystalicznych substancji stałych (anizotropia właściwości). Stanowią one podstawę wielu nowoczesnych urządzeń wykorzystywanych w codziennym życiu, np. w wyświetlaczach (telewizory, tablety, tel. komórkowe), czujnikach optycznych, modulatorach i przełącznikach, a także termometrach i inteligentnych zasłonach okiennych. Molekuły tworzące CK cechuje znaczna anizotropia kształtu a ich ułożenie wykazuje określony porządek orientacyjny. W różnych temperaturach obserwuje się różne uporządkowania - fazy ciekłokrystaliczne, a w klasyfikacji CK, poza dobrze znanymi fazami jak nematyczna, smektyczna i cholesteryczna, istnieje również oddzielna kategoria, zwana "błękitną fazą" (*Blue Phase, BP*). Błękitne fazy występują zwykle w wąskim zakresie temperatur pomiędzy fazą cholesteryczną a ciekłą fazą izotropową. Powstawanie BP przypisuje się konkurencji między tendencją do kolektywnego skręcenia indukowaną chiralnością molekuł a koniecznością wypełnienia przestrzeni. Konkurencja ta powoduje, że molekuły tworzą skomplikowane struktury skręcone - tzw. podwójnie skręcone cylindry, znane jako faza błękitna I, II i III. W BPI i BPII upakowanie cylindrów skutkuje powstaniem trójwymiarowych struktur periodycznych o symetrii kubicznej. W skali molekularnej stałe sieci faz BPI i BPII są ogromne, rzędu dł. fali światła widzialnego (tj. setek nanometrów lub  $\sim 10^7$  cząsteczek w komórce elementarnej), co powoduje selektywne (barwne) odbicie światła (zainspirowało ono nazwę "BP"). BPIII uważana jest za amorficzną strukturę cylindrów. Przez ponad 100 lat błękitne fazy traktowano jako egzotyczny stan ciekłokrystaliczny nie mający żadnych szans na praktyczne zastosowanie, głównie z powodu niewielkiej stabilności termicznej (zakres BP to  $\sim 1\text{K}$ ). Około 15 lat temu, po odkryciu sposobu zwiększenia stabilności termicznej BP, zainteresowanie fazami błękitnymi mocno wzrosło. Znalezione sposoby rozszerzenia zakresu temperatur BP nawet do dziesiątków stopni (np. przez tworzenie polimerowego lub nanocząsteczkowego szkieletu). Dzięki temu otworzyły się perspektywy nowych kierunków badań o znaczeniu praktycznym. W porównaniu z konwencjonalnymi materiałami CK fazy błękitne mają wiele zalet, takich jak brak dwójłomności czy konieczności tworzenia warstw orientujących (co upraszcza procesy produkcyjne) oraz czas odpowiedzi elektrooptycznej krótszy niż 1 ms. Obecnie BP mają duży potencjał zastosowań (m.in. w wyświetlaczach, laserach bez zwierciadeł, przestrajalnych soczewkach i w fotonice) i pozostają jednym z najbardziej fascynujących i wyzywających układów z punktu widzenia badań podstawowych.

Większość prac nad BP znajduje się na etapie poszukiwań i badań laboratoryjnych. Niektóre kluczowe problemy są przedmiotem intensywnych badań i obejmują takie kwestie jak: napięcie robocze, transmisja, poszerzenie zakresu stabilności BP, histereza i szczałkowa dwójłomność. Raporty badań wskazują, że wiele z tych problemów może być związanych z własnościami sprężystymi. Jednak nasza wiedza na temat elastyczności BP jest bardzo ograniczona a badania w tym zakresie nie zostały praktycznie podjęte. Wyrafinowane pomiary mechaniczne wykazały, że moduł ścinania polikrystalicznej próbki BPI jest około 6 rzędów wielkości mniejszy niż w przypadku typowych kryształów, a zatem BP są bardzo trudnymi eksperymentalnie, wrażliwymi materiałami. Również, ostatnie badania teoretyczne i doświadczalne wskazały na ogromne znaczenie stałych sprężystych nematycznego gospodarza (tworzącego BP po dodaniu składnika chiralnego). Ze względu na unikatową strukturę 3D (symetria kryształu kubicznego), sprężyste zachowanie monokryształów BP można scharakteryzować za pomocą trzech stałych elastycznych lub makroskopowych modułów sprężystości w przypadku próbki polikrystalicznej. Brak badań nad tymi wielkościami stanowi poważne ograniczenie dla zrozumienia i opisu złożonych relacji pomiędzy zakresem stabilności, odpowiedzią elektrooptyczną, strukturą i parametrami fizycznymi błękitnych faz.

**Celem projektu jest** przeprowadzenie systematycznych badań, w tym ważnym i słabo poznanym obszarze wiedzy, obejmujących: a) zaproponowanie metodologii wyznaczania stałych sprężystych monokryształów i makroskopowych modułów sprężystości BP oraz b) ustalenie zależności między wł. sprężystymi, zakresem stabilności termicznej, zmianami strukturalnymi i własnościami elektrooptycznymi faz błękitnych. Nasze podejście do wyznaczenia własności sprężystych BP opiera się na wykorzystaniu światła widzialnego. W proponowanej metodzie łączymy: schemat dyfrakcyjnych współczynników sprężystych z określonym sposobem rejestracji i analizy refleksów światła odbitego od płaszczyzn sieciowych BP (analogicznie do odbić Bragga w doświadczeniu z promieniami rentgenowskimi w zwykłych kryształach) w obecności i bez naprężeń mechanicznych oraz mikromechaniczne modelowanie w celu powiązania elastycznego zachowania materiału polikrystalicznego i monokryształu. W celu otrzymania poszukiwanych zależności, zastosowane będą liczne metody doświadczalne badania zmian strukturalnych, zakresu stabilności i zachowania elektrooptycznego, pozwalające m.in., na wyznaczenie: skoku spirali, anizotropii dielektrycznej, stałej Kerra, dwójłomności i zakresu temperatur BP. W kontekście stałych sprężystych, badane będą również: wpływ ograniczeń geometrycznych (obecnych w większości doświadczeń z CK) i zupełnie nieznanne zachowania auksetyczne faz błękitnych.