



Elektrolity nematyczne w równowadze i poza nią: wpływ anizotropii, ferroelektryczności i aktywności

dr Jeffrey Everts
SONATA BIS 13

Ciekłe kryształy to fascynujące układy o egzotycznych właściwościach optycznych, magnetycznych i elektrycznych. Jak sama nazwa wskazuje, takie materiały wykazują pewne właściwości zwykłej cieczy, ale także i ciała stałego. Z jednej strony na przykład, ciekłe kryształy mogą płynąć jak woda, ale z drugiej mają właściwości elastyczne jak gumka recepturka. Mają różne zastosowania, z którymi spotykamy się na co dzień w życiu, takie jak wyświetlacze ciekłokrystaliczne (LCD). Innym przykładem może być tzw. Inteligentne okno: gdy do takiego okna przyłożone jest napięcie, wydaje się przezroczyste, jednak po usunięciu napięcia, okno staje się nieprzezroczyste i patrzenie przez nie jest niemożliwe. Jednak ciekłe kryształy znajdują się nie tylko w urządzeniach czy gadżetach: możemy je również znaleźć w różnych układach biologicznych. Na przykład kolonie komórkowe bakterii mogą stać się (żywym) materiałem ciekłokrystalicznym, zaś właściwości ciekłokrystaliczne odnajdujemy również w sieciach mikrotubul i aktyny. Co więcej, jednym z najlepiej zbadanych przykładów materiału ciekłokrystalicznego jest zbiór wirusów mozaiki tytoniu, każdy o wielkości około 300 nm i kształcie pręta. Porządek ciekłokrystaliczny może zatem odgrywać również znaczącą rolę w wyrażaniu funkcji biologicznych, a na dłuższą metę może mieć znaczenie w takich zastosowaniach jak obliczenia neuromorficzne.

Ciekawe właściwości materiałowe ciekłych kryształów wynikają z ich budowy: często składają się z elementów o długości znacznie większej niż ich szerokość, takich jak pręty i sferocyndry; ale także z bloczków w kształcie banana lub gruszki. Ze względu na swój kształt, mogą orientować się w określonym kierunku. Ciekły kryształ powstaje wówczas, gdy istnieje preferowany kierunek, lecz bez całkowitego uporządkowania ich centrów (w przeciwnym razie byłoby to ciało stałe). Ze względu na ów preferowany kierunek, właściwości elektryczne, magnetyczne, optyczne i przepływu stają się również zależne od kierunku, co umożliwia działanie wyświetlaczy LCD i inteligentnych okien. Jednak w wielu przypadkach cząstki nie mogą ustawić się idealnie i pojawiają się „błędy” w strukturze, tzw. defekty topologiczne. Takie wady są szczególnie interesujące, ponieważ są one bardzo trwałe i mogą tworzyć różne geometrie, takie jak punkty, linie, pętle, a nawet węzły, ze płynnym rdzeniem, który jest zwykłą cieczą; patrz obraz mikroskopowy na Ryc. 1 po lewej stronie. Kiedy naprężamy lub zginamy takie struktury, mogą one nawet spontanicznie się spolaryzować, podobnie jak ceramika lub szkło, gdy przyłożysz do nich zewnętrzne napięcie. Właśnie te właściwości powodują, że ciekłe kryształy mogą zachowywać się w ciekawy sposób, gdy wprowadzamy do układu ładunki elektryczne, takie jak jony.

W projekcie chcemy wykorzystać orientację struktury ciekłego kryształu i zależne od kierunku właściwości elektryczne poprzez dodanie jonów do ciekłego kryształu. Jony znajdują się w dużych ilościach w układach biologicznych, ale także w molekularnych układach ciekłokrystalicznych. Prosty sposób na wprowadzenie jonów jest dodanie do wody soli kuchennej: cząsteczki wody rozbijają kryształy soli i sól rozpuszcza się, tworząc elektrycznie naładowane dodatnio jony sodu i ujemnie naładowane jony chloru, które mogą swobodnie poruszać się w wodzie. Gdybyśmy zrobili to samo w ciekłych kryształach, jony zareagują na lokalny preferowany kierunek materiału, a to prowadzi do wielu interesujących efektów. Już w poprzednich badaniach stwierdziliśmy, że takie jony mogą tworzyć obszary z ładunkiem elektrycznym netto bez użycia napięcia z akumulatora. Właściwości te zostaną wykorzystane w naszych badaniach, aby zobaczyć, jak jony mogą wpływać na lokalną preferowaną orientację ciekłokrystalicznych elementów oraz jak na jony wpływają defekty topologiczne w obecności lub bez innych obiektów, takich jak mikrometrowe plastikowe lub metalowe kulki. Naszym wielkim marzeniem jest zrozumienie efektów jonowych w ciekłych kryształach, abyśmy mogli lepiej zrozumieć układy biologiczne i umożliwić produkcję nowych urządzeń opartych o elementy elektroniczne, które mogą płynąć jak woda, z myślą o zastosowaniach w magazynowaniu energii.