

## Streszczenie popularnonaukowe

Samoorganizacja i zachowania kolektywne miękkiej materii to fascynujące zjawiska, które stale przyciągają uwagę badaczy ze względu na ich podstawowe znaczenie naukowe i jednocześnie ogromny potencjał aplikacyjny. Prominentnych przykładów dostarcza sama natura: lipidy i białka w błonach komórkowych organizują się tworząc domeny o nanoskopowych rozmiarach. Przyczyny i skutki tworzenia tych struktur są nadal przedmiotem intensywnych badań, od zrozumienia ich hierarchicznej ewolucji zarówno w przestrzeni, jak i w czasie, po fizjologiczne implikacje, na przykład, w procesach aktywacji komórek odpornościowych. Z drugiej strony, mając na celu rozwój nowych materiałów, laboratoria badawcze poszukują dróg do autonomicznej samorganizacji w uporządkowane struktury o pożądanych własnościach fizyko-chemicznych, wykorzystując różnorodne „cegiełki” budowlane, takie jak np. specjalnie zaprojektowane cząstki koloidalne.

Za samoorganizacją i kolektywnym zachowaniem miękkiej materii kryją się siły statystyczne, które nie są bezpośrednimi mikroskopowymi oddziaływaniami cząstek lub molekuł, lecz wyłaniają się jako zbiorowy efekt ośrodka. Natura tych efektywnych sił zależy w ogólności od konkretnego układu, jednak gdy ośrodek podlega skorelowanym fluktuacjom termicznym, jak np. mieszanina dwóch cieczy blisko punktu krytycznego rozmieszania, nabierają one cech uniwersalnych znanych jako efekt Casimira. Ze względu na swoje unikalne własności, siły Casimira mogą być niezwykle użyteczne w precyzyjnie kontrolowanej, poprzez drobne zmiany temperatury, krystalizacji cząstek koloidalnych. Jest to jedna z hipotez stawiana w tym projekcie, którą chcemy zweryfikować dla mieszaniny dwóch różnych typów cząstek, w oparciu o model teoretyczny podparty danymi doświadczalnymi z laboratorium P. Schalla z Uniwersytetu Amsterdamskiego. Spodziewamy się uzyskania nowych dwuskładnikowych struktur cząstek, o takim stopniu złożoności jak fazy stopów dwuskładnikowych w układach atomowych. Przykład takich struktur pokazuje obraz mikroskopowy wykonany w laboratorium w Amsterdamie (rysunek). Złożone stopy krystaliczne są ważne w wielu aplikacjach, między innymi jako materiały stosowane w fotonice i optoelektronice. Ponadto, poprzez podobieństwo pomiędzy kryształami koloidalnymi a atomowymi, nasze badania umożliwią wgląd w podstawowy mechanizm (atomowego) procesu krystalizacji. Stawiamy również hipotezę, że siły o charakterystyce zbliżonej do sił Casimira mogą pojawić się pomiędzy białkami osadzonymi w binarnych błonach komórkowych lipidowych w wyniku deformacji grubości lub kształtu błony wywołanej przez te wtrącenia. Chodzi tu o nowy mechanizm, który zamierzamy modelować teoretycznie, i który może być jedną z przyczyn tworzenia się grup białek w błonach komórkowych.

Wraz z postępem w nauce o koloidach i pojawieniem się samo-napędzających cząstki, które poruszają się autonomicznie, otworzyły się nowe możliwości dla procesów spontanicznego samoporzędkowania. Domieszkowanie cząstkami aktywnymi może przyspieszyć krystalizację koloidów, zwiększyć zakres jej występowania, czy też umożliwić zrealizowanie uporządkowanych struktur dotąd niedostępnych. Dalekosiężnym celem jest tworzenie aktywnych materiałów, w analogii do ich biologicznych odpowiedników. Aby osiągnąć ten cel, niezbędne jest zrozumienie fizyki oddziaływań pomiędzy cząstkami aktywnymi oraz cząstkami aktywnymi i pasywnymi. W przypadku ośrodka będącego mieszaniną wody z inną cieczą organiczną i będącą blisko punktu krytycznego rozmieszania, cząstki koloidalne aktywowane są światłem laserowym wywołującym lokalny gradient temperatury i koncentracji. Dla tego typu aktywnych koloidów, chcemy zrozumieć naturę oddziaływań dwuczłonowych w oparciu o model teoretyczny łączący opis fluktuującej dynamiki nierównowagowej i przepływ ośrodka. Spodziewamy się odkryć złożone dynamiczne stany par cząstek, np. periodyczne orbity, które można by wykorzystać do konstrukcji nano-maszyn. Zachowania te będą weryfikowane w układach eksperymentalnych realizowanych w grupie J. R. Gomez Solana na Uniwersytecie w Meksyku. Nasze dobrze kontrolowane systemy modelowe umożliwią wgląd w podstawy fizyki nierównowagowej.

