

Autor: mgr. **Krzysztof Sozański**

Promotor: prof. dr hab. **Robert Hołyst**

Streszczenie rozprawy doktorskiej

**Motion at the Nanoscale in Polymer Solutions  
with Application to Biophysical Problems**

(Ruch w skali nano w roztworach polimerów  
w kontekście problemów biofizycznych)

Organizmy żywe, niezależnie od stopnia biologicznej złożoności, są z fizykochemicznego punktu widzenia dynamicznymi układami dalekimi od stanu równowagi. Rozwój biochemii i biologii molekularnej przyniósł w ostatnich dekadach odpowiedzi na wiele pytań dotyczących struktury i funkcji biologicznie istotnych cząstek oraz szlaków przemian chemicznych łączących je w funkcjonalną całość. Nowym wyzwaniem staje się zbadanie dynamiki żywych układów: zrozumienie, jak z podstawowych praw termodynamiki wynikają złożone mechanizmy regulacji i synchronizacji procesów metabolicznych. Krokiem w tym kierunku jest stworzenie uniwersalnego, ilościowego opisu transportu materii na poziomie molekularnym i mezoskopowym. W wypadku złożonych układów, których właściwości silnie zależą od skali długości, problem ten jest nietrywialny. Niniejsza praca ma na celu doświadczalne zbadanie jego wybranych aspektów.

W rozprawie opisywane są głównie eksperymenty na układach modelowych – wodnych roztworach polimerów. Charakteryzują się one precyzyjnie określonymi wewnętrznymi skalami długości, co ułatwia poszukiwanie fizycznych zależności ilościowych. Ponadto, roztwory tego typu stanowią przedmiot zainteresowania dynamicznie rozwijającej się gałęzi fizykochemii polimerów. Modele eksperymentalne tego typu wykorzystane są tutaj w celu zbadania kilku powiązanych zagadnień. Główne tezy stawiane w rozprawie brzmią następująco:

1. Dyfuzja jest procesem aktywowanym. W wypadku płynów złożonych, energia aktywacji dyfuzji jest funkcją rozmiaru próbnika (dyfundującej cząstki) oraz struktury płynu złożonego (charakterystycznych skal długości). Zależność ta jest powiązana ze skalowaniem lepkości i może być wykorzystywana do oceny oddziaływań międzycząsteczkowych.
2. W odpowiednio krótkiej skali czasu, efektywna lepkość odczuwana przez obiekt poruszający się w roztworze polimeru zależy od szybkości relaksacji sieci polimerowej. W roztworze polimeru w pobliżu granicy faz występuje efekt tzw. warstwy zubożonej

(*depletion layer*), a szybkość odbudowy tej warstwy w odpowiedzi na bodźce mechaniczne determinuje efektywną lepkość roztworu. Mikrooscylator „prześcigający” relaksację otoczenia może więc pracować przy oporze hydrodynamicznym mniejszym o rzędy wielkości od oczekiwanego na podstawie makroskopowej lepkości płynu, co może mieć znaczenie m. in. dla mechanoenzymów.

3. Lokalna lepkość jest kluczowym parametrem dla transportu aktywnego. Kinezyrna, będąca modelowym silnikiem molekularnym, przestaje działać już przy niewielkim podniesieniu bariery energetycznej dla dyfuzji jej domeny funkcyjnej. Jest to potwierdzeniem postulowanego mechanizmu ruchu kinezyrny, który wykorzystuje ruchy Browna.

Tekst podzielony jest na pięć rozdziałów. Rozdział 1 to zwarte wprowadzenie do tematyki badań i oparta o dostępną literaturę prezentacja aktualnego stanu wiedzy na temat właściwości transportowych płynów złożonych. W Rozdziale 2 opisane są podstawy teoretyczne i zasady działania technik eksperymentalnych wykorzystywanych w ramach niniejszej pracy: spektroskopii korelacji fluorescencji, reometrii rotacyjnej, dynamicznego rozpraszania światła, elektromechanicznych pomiarów lepkości oraz mikroskopii fluorescencyjnej całkowitego wewnętrznego odbicia. W Rozdziale 3 zebrane są detale techniczne dotyczące aparatury, odczytników i procedur eksperymentalnych. Rozdział 4 zawiera wyniki pomiarów wraz z ich szczegółową dyskusją, przedstawione zgodnie z trzema głównymi tezami pracy. Rozdział 5 stanowi natomiast krótkie podsumowanie wyników, podkreślając kluczowe wnioski i rysując perspektywę ich dalszego wykorzystania.