

## **Analiza oddziaływań hydrodynamicznych pojedynczych cząstek przy użyciu pęsety optycznej.**

Od momentu, kiedy odkryto mikroskop, ludzie byli zafascynowani złożonością i dynamiką małego świata, który, jak się wydaje, istnieje równoległe z tym, co nas otacza. Wraz z postępem technologicznym mikroskopy stały się bardziej wyrafinowane, a uzyskiwane powiększenia stały się znacznie większe dzięki nowym technikom (mikroskopie fluorescencyjnej, elektronowej, mikroskopia sił atomowych). Jako, że ludzie są w stanie zagłądać głębiej w otaczającą ich materię, mikro i nano świat jaki widzą, wykazuje coraz więcej zjawisk, jakie nie istnieją w makroświecie. Jedną z pierwszych odkrytych różnic były losowe ruchy małych obiektów zawieszonych w płynie, teraz nazywane ruchami Browna, od nazwiska Roberta Browna, botanika, który jako pierwszy zaobserwował to zjawisko. Później Albert Einstein wykazał, że zaobserwowany ruch koloidów jest wywołany ruchem termicznym bombardujących go cząstek, dając jasny dowód na istnienie molekuł i atomów. Jego formuła opisująca stochastyczny ruch idealnej sfery zawieszonyj w lepkim płynie działa doskonale do dzisiaj. Jednak od kiedy mamy możliwość jeszcze głębszego wejrzenia w materię, obserwujemy rozbieżności między obliczeniami teoretycznymi a wynikami pomiarów eksperymentalnych. Dzieje się tak, ponieważ nanocząstki są często dalekie od idealnych, gładkich sfer z jasno zdefiniowaną geometrią. Dodatkowo oddziałują one z otaczającym płynem. Jony i inne cząsteczki tworzą specyficzne powłoki na ich powierzchni. W zależności od rodzaju jonów i ich koncentracji w płynie taka powłoka może mieć grubość porównywalną z promieniem nanocząstki, zmieniając tym samym jej parametry hydrodynamiczne odpowiedzialne za obserwowane stochastyczne ruchy. Jest to szczególnie istotne w złożonych płynach typowych dla systemów biologicznych takich jak wnętrze komórkowe. Należy zaznaczyć, że w tych skalach dyfuzja, a więc drgania termiczne, jest jedynym mechanizmem umożliwiającym transport molekuł odpowiedzialnych za życie organizmu. Tak więc jej dokładny opis jest konieczny we wszystkich modelach biomolekularnych.

Najnowsze osiągnięcia w szybkiej elektronice pozwalają nam na obserwowanie ruchu termicznego cząsteczek z jeszcze większą precyzją. Odkryto, że w krótkich przedziałach czasu i przestrzeni, ruch koloidu nie jest losowy, lecz staje się balistyczny, tak więc jego dyfuzja nie daje się opisać równaniem Einsteina. Obecnie, jak to już często bywało w historii nauki, dotychczasowe modele teoretyczne wymagają weryfikacji i kalibracji, aby precyzyjnie opisywać zjawiska, jakie rządzą pojedynczymi koloidami, o rozmiarach w skali nanometrów, zawieszonymi w płynie. Na szczęście technologia nadąża za wymaganiami na nowsze i jeszcze precyzyjniejsze instrumenty, które pozwolą na głębszy wgląd w nanoświat mechaniki płynów. Urządzenie zwane Szczypcami Optycznymi pozwala na manipulację obiektami o rozmiarach mikrometrów i mniejszymi, za pomocą skondensowanej wiązki lasera. Promień światła laserowego jest w stanie wymuszać lub mierzyć ruch cząstki z wielką precyzją, czasami sięgającą ułameków angstroma (czyli ułamek promienia atomu wodoru!). Jako mikromanipulator szczypce optyczne jako jedyne urządzenie mają możliwość wywierać (lub mierzyć) siły rzędu femtonewtonów.

Celem projektu jest zbadanie mechanizmów oddziaływań pojedynczych koloidalnych mikro- i nanocząstek zawieszonych w płynie, przy użyciu najnowszych dostępnych przyrządów. Będzie to wykonane z użyciem nowo skonstruowanych w IPPT PAN Szczypiec Optycznych sprzężonych z Mikroskopem Sił Atomowych (OT/AFM). Urządzenie to pozwala nam na dokonywanie pomiarów zarówno przemieszczenia, jak i sił z wielką precyzją, natomiast moduł AFM umożliwia precyzyjny pomiar struktury cząstki, która została użyta w eksperymencie. Ponieważ pułapka optyczna pozwala na pomiar sił działających na pojedynczą cząstkę, oddziaływania pomiędzy dwoma koloidami zostaną zmierzone w różnych roztworach jonów w płynie. Eksperymenty z cząstką w pobliżu ściany zostaną wykonane w bardzo podobny sposób i dodatkowo powierzchnia ściany zostanie zmodyfikowana, aby uczynić ją hydrofobową lub hydrofilową. Hipoteza poślizgu w nanoskali, na granicy płyn-ciało stałe, zostanie zweryfikowana.

Kolejną zaletą Szczypiec Optycznych, w porównaniu z innymi instrumentami, jednak wciąż mało wykorzystywaną, jest możliwość wykonywania pomiarów z wielką czasową rozdzielczością, sięgającą rzędu dziesiątek nanosekund. Przeprowadzając pomiary ruchów pojedynczej cząstki, z bardzo wysoką prędkością akwizycji, uzyskamy możliwość zmierzenia jej przemieszczeń w reżimie balistycznym. Jest to istotne, aby dokonać kalibracji i weryfikacji modeli teoretycznych używanych w symulacjach metodą dynamiki molekularnej. Symulacje tego typu mogą przewidzieć zachowanie się systemu na poziomie atomów, jednak ze względu na wymaganą ogromną ilość obliczeń, ich typowe skale czasowe są rzędu pikosekund. Powoduje to trudności przy porównywaniu z danymi eksperymentalnymi. Dzięki wysokiej rozdzielczości czasowej szczypiec optycznych będziemy mogli uzyskać wyniki w skalach czasowych porównywalnych do tych w symulacjach dynamiki molekularnej, umożliwiając weryfikacje stosowanych modeli.