

Celem projektu jest zbadanie oddziaływań między cząstkami oraz ich segmentami w płynie tak lepkim, że efekty bezwładnościowe można zaniedbać. Wpływ ścianek ograniczających płyn oraz ładunku mogącego występować na powierzchni cząstek także zostaną wzięte pod uwagę. Zbadane zostaną oddziaływania hydrodynamiczne (czyli przekazywane za pośrednictwem płynu) między cząstkami o różnych kształtach i różnej giętkości, pomiędzy ich segmentami i w pobliżu ścianek. Rozpatrywane będą układy wielu cząstek poruszających się pod wpływem grawitacji oraz w przepływie zewnętrznym. W szczególności, analizie zostaną poddane oddziaływania hydrodynamiczne między giętkimi włóknami oraz ich fragmentami, o wolnych końcach a również zamkniętych w pętli. Zbadane zostaną charakterystyczne cechy ich względnego ruchu, tak aby znaleźć stabilne i niestabilne: stacjonarne konfiguracje względne, kształty cząstek oraz ruchy względne. Obliczone zostaną także współczynniki transportu dla zawieszin i prądów strumieniowych w pobliżu powierzchni pokrytych cząstkami, w obecności ładunku.

Doświadczenie zdobyte dotychczas w zakresie eksperymentu i symulacji numerycznych pozwala na zaplanowanie w niniejszym projekcie bardziej zaawansowanych zadań oraz skoncentrowanie się na efektach wielociałowych dla cząstek o różnych kształtach, z uwzględnieniem oddziaływań cząstek z powierzchniami międzyfazowymi czy też ściankami ograniczającymi płyn. Ponadto, obecne badania eksperymentalne koncentrują się na efektach obserwowanych dla stosunkowo krótkich czasów. W niniejszym projekcie badania te będą rozszerzone na dłuższe czasy poprzez skonstruowanie i użycie urządzenia synchronizującego ruch aparatów z ruchem cząstek opadających grawitacyjnie w lepkim płynie. Nowe urządzenie sterujące ruchem aparatów i kontrolujące ich położenie pozwoli zweryfikować dotychczasowe wyniki numeryczne dotyczące dynamiki cząstek, a także pozwoli zrozumieć efekty obserwowane dla czasów dłuższych, takie jak: tworzenie grup, wzajemnie odpychanie i przyciąganie cząstek, zmiany wzajemnej orientacji czy oddziaływania ze ścianami układu. Zaplanowano wprowadzenie nowego podejścia teoretycznego, tak by analizować dynamikę elastycznych włókien – uproszczonego modelu la włókien bardzo cienkich.

Opisane oddziaływania hydrodynamiczne cząstek zostaną zbadane metodami eksperymentalnymi, numerycznymi i teoretycznymi. W eksperymentach zostaną wykorzystane milimetrowe cząstki opadające grawitacyjnie oleju silikonowym o dużej lepkości, tak by móc pominąć wpływ sił bezwładnościowych pochodzących od płynu. Dwa zsynchronizowane, ustawione w położeniach wzajemnie prostopadłych aparaty fotograficzne będą dokumentować zmieniające się w czasie położenia cząstek, tak aby dostarczyć informacji dotyczących ruchu i kształtu cząstek w przestrzeni trójwymiarowej. Korzystając z zasady podobieństwa hydrodynamicznego, wyniki doświadczalne uzyskane w projekcie dostarczą informacji na temat geometrycznie i hydrodynamicznie podobnych układów mikrocząstek (czyli dla tej samej wartości liczby Reynoldsa, definiowanej jako iloczyn charakterystycznego rozmiaru cząstki i jej prędkości dzielonej przez kinematyczną lepkość płynu).

W symulacjach numerycznych kształty cząstek będą modelowane jako zespoły kul położonych bardzo blisko siebie. W przypadku obiektów deformowanych, kule będą połączone ze sobą poprzez działanie sił sprężystości. Dokładne algorytmy multipolowe służące do rozwiązywania równań Stokesa wraz z poprawką uwzględniającą warstwę smarowania zaimplementowane w postaci kodów HYDROMULTIPOLE o kontrolowanej dokładności, a także bardziej uproszczone przybliżenia multipolowe zostaną wykorzystane do zbadania ruchu każdej z kul. W celu określenia współczynników transportu z ów strumieniowych w pobliżu powierzchni pokrytych cząstkami, w symulacjach wykonanych za pomocą kodów HYDROMULTIPOLE użyte zostaną podstawowe pojęcia mechaniki statystycznej - rozwinięcia wirialne i grupowe. Niestabilności kształtów podłużnych deformowalnych cząstek zostaną przeanalizowane przy użyciu standardowych i uogólnionych modeli bardzo cienkiego elastycznego włókna.

Oddziaływania hydrodynamiczne pomiędzy mikrocząstkami o różnych kształtach i elastyczności poruszającymi się w środowisku wodnym czy też nieruchomym, a poddanych siłom wywieranym przez płyn są obecnie badane w wielu światowej sławy laboratoriach. Nasze podejście oparte na sprzężeniu prac eksperymentalnych, numerycznych i analizy teoretycznej wniesie istotny wkład w tenże nurt badań. Szybki rozwój nowoczesnych technologii i materiałów (np. produkcja sprężystych włókien hydrożelowych), stanowi motywację niniejszych badań. Zgromadzona w tym projekcie wiedza na temat podstawowych praw rządzących dynamiką sprężystych włókien (czy też bardziej ogólnie hydrodynamicznych oddziaływań wielociałowych) będzie istotna dla rozwoju zastosowań.