

Coraz bardziej dynamiczny rozwój dziedziny nanotechnologii stał się faktem. Stwarza to ogromne pole do popisu pod względem możliwości wykorzystania jej produktów w wielu sektorach nauki i przemysłu. Rozwój ten spowodował znaczną intensyfikację badań dotyczących procesów realizowanych w mikro oraz nanoskali, co w naturalny sposób przyczyniło się do powstania nowej gałęzi reologii zwanej mikroreologią. Dziedzina ta stanowi zbiór wielu metod pomiarowych, pozwalających na badanie właściwości reologicznych (związanych z plastycznymi deformacjami materiałów) w nieosięgalnych dla klasycznych badań mikroskopowych zakresach. Ta, wydawałoby się młoda dziedzina, ma podwaliny sięgające XIX wieku, a swoje początki zawdzięcza biologowi Robertowi Brownowi, który zaobserwował chaotyczne ruchy pyłków na powierzchni wody (obecnie ten ruch nazywany jest ruchami Browna) oraz Albertowi Einsteinowi, który przeanalizował je teoretycznie. Kolejne prace takich uczonych jak Jean Baptiste Perrin pozwoliły stwierdzić, iż przesunięcia (a dokładniej średnie kwadratowe przesunięcia, MSD) mikro-objektów są wprost proporcjonalne do czasu. Wiele technik pomiarowych obecnie stosowanych w mikroreologii bazuje na wyznaczeniu właściwej funkcji korelacji przesunięć.

Niewątpliwie rozwój technik mikroreologicznych nie byłby możliwy, gdyby nie takie techniki obserwacji i manipulowania mikro i nanoobjektami jak pomiar optyczny (pozwala na manipulowanie obiektami za pomocą skupionej wiązki lasera), mikroskopia sił atomowych (pozwala na otrzymanie obrazu powierzchni z rozdzielczością rzędu wymiarów pojedynczych atomów), techniki laserowe (wykorzystujące emisję promieniowania elektromagnetycznego), czy spektroskopia dyfuzyjna (pozwala np. na obserwację ruchliwych cząstek w roztworze). Wyróżniają się zasadniczo dwie techniki pomiarów mikroreologicznych: mikroreologia przepływowa oraz optyczna. Pierwsza z nich wykorzystuje mikrokanaly o różnych kształtach i przekrojach. Mikroreologia optyczna natomiast dzieli się na dwie różne metody: pasywną (klasyczna obserwacja ruchów Browna) i aktywną (wykorzystuje zewnętrzne siły do manipulacji obiektami zawieszonymi w medium). Głównymi obszarami badań mikroreologicznych są hydroelastyczne biomateriały stosowane do celów terapeutycznych, badanie właściwości roztworów DNA, badanie właściwości hydroelastycznych oraz kinetyki elowania w procesach kontrolowanego uwalniania leków.

Możliwość wykorzystania obiektów o nanometrowych wielkościach budzi ogromne zainteresowania zarówno wśród teoretyków, jak i eksperymentatorów zajmujących się inżynierią, biologią, chemią, czy też medycyną. To właśnie z medycyny związane są duże nadzieje, choć udział nanokomponentów na tym rynku jest jak na razie niewielki. Rozmiary nanoobjektów pozwalają na ich przenikanie przez większość barier, nawet tych na poziomie bioorganicznym. Daje to możliwość wykorzystania sferycznych oraz wydłużonych nanoobjektów jako ukierunkowanych transporterów różnych substancji o właściwościach biologicznie czynnych (np. leki). Systemy takie umożliwiają kierowanie leków do określonych organów, tkanek, komórek wewnątrz ciała w celu uzyskania ukierunkowanego działania leku. Takie nanotransportery mogą również w sposób kontrolowany uwalniać lek z określonej szybkości oraz przez określony okres czasu.

Poza tymi „namacalnymi” zastosowaniami nanoobjektów w biologii i medycynie, istnieją również te, które przyczyniły się do poszerzenia wiedzy w zakresie zjawisk fizycznych odpowiedzialnych za zachowanie długich cząstek biologicznych, takich jak białka czy kwasy nukleinowe, w środowisku komórki. Brakuje niestety badań eksperymentalnych do sprawdzenia poprawności założonych teoretycznych i modeli numerycznych. Ten brak badań eksperymentalnych jest spowodowany głównie brakiem dobrych układów modelowych, które umożliwiłyby ustalenie oraz kontrolowanie elastyczności i geometrii badanych obiektów.

Zaproponowane w niniejszym projekcie badania mają obejmować wytworzenie elastycznych hydroelastycznych nanofilamentów (nanoobjektów o wydłużonym kształcie), zbadanie ich ruchliwości w przepływie płynów oraz w środowisku silnego śtłoczenia. Zostanie wykorzystana technika elektroprzędzenia (pozwala na otrzymanie mikro i nanowłókien z roztworów polimerów, przy zastosowaniu wysokiego napięcia), do wytworzenia dwukomponentowych hydroelastycznych nanofilamentów. Do badania dynamiki nanofilamentów i ich zdolności penetracji zostaną wykorzystane specjalnie zaprojektowane i wykonane z polimeru PDMS mikrokanaly podłączone do pompy strzykawkowej generującej w sposób precyzyjny ruch cieczy i obiektów w układzie. Mikroskopia fluorescencyjna (mikroskopia świetlna oparta na zjawisku fluorescencji i fosforescencji) zastosowana zostanie w celu obserwacji badanych zjawisk i odtworzenia kształtu i stopnia deformacji nanofilamentów. Ze względu na doskonałą rozdzielczość niedawno skonstruowanej pułapki optycznej i przy użyciu tradycyjnej mikroskopii sił atomowych, powinniśmy być w stanie dokładnie określić również geometrię i właściwości sprężyste (związane ze zdolnością do powrotu do pierwotnego kształtu po usunięciu siły) wytwarzanych nanofilamentów.

Proponowane przez nas badania otworzą nowe możliwości do oceny hydrodynamicznych, termicznych i cząsteczkowych wpływów na mobilność takich obiektów oraz do wyjaśnienia zjawisk fizycznych odpowiedzialnych za wiązanie, składanie i tworzenie w złożeń długich obiektów molekularnych. Istnieje potrzeba stworzenia dobrze zdefiniowanych modeli eksperymentalnych, w których możemy odpowiedzieć na kilka pytań praktycznych dotyczących transportu długich, odkształcalnych obiektów.

Rezultatem projektu będzie otworenie nowych perspektyw dla zrozumienia jego interakcji z różnymi konfiguracjami przepływu, co pozwoli na ich przyszłe zastosowania w biomedycynie, jako ukierunkowane kapsułki do podawania leków lub struktury włókniste przekazywane przez płyny ustrojowe do regeneracji tkanek. Chcemy również poznać, jak przemieszczają się w naszym organizmie długie i elastyczne struktury zbudowane z białek, przenikające przez nanopory ścian komórkowych, odpowiedzialne za tworzenie się zakrzepów i zapobiegające krwotokom. Niektóre efekty są już znane, odpowiadają za przekazywanie informacji, kopiowanie DNA. Inne szkodliwe, jak np. zakrzepy. Zrozumienie mechanizmów transportu takich obiektów umożliwi planowanie metod diagnostycznych opartych na takich nośnikach, dostarczanie ich w wybrane miejsca i sterowanie ich oddziaływaniem z komórkami.

[1] Dziubiński M., *Microrheology. Review of methods and applications in microtechnological processes*, Przemysł chemiczny 93/10, pp. 1767 – 1771, 2014.

[2] Rosenberg L., *A Review of Nanomedicine*, New Surgery. Spring 2001.

[3] Zhang H., Zhao C., Zhao Y., Tang G., Yuan X., *Electrospinning of ultrafine core/shell fibers for biomedical applications*. "Science China Chemistry" 2010, Vol. 53, p. 1246 – 1254.