

Co się dzieje z małym ziarenkiem wrzuconym do oleju? Opada. Co się dzieje z dwoma ziarenkami wrzuconymi razem? Pewne rzeczy są nieuchronne - także opadają. Zdziwiająco jednak, nie tylko w dół. Te dwa ziarenka dryfują do boku, jakby jedno z nich uciekało przed drugim, lecz drugie uparcie zachowywało odległość. Trzy ziarenka? Oczywiście też opadają. W zależności jednak od ułożenia na początku, ich droga w dół może przypominać taniec. Nie używając słów, te niewielkie nieożywione obiekty porozumiewają się ze sobą używając oleju jako pośrednika. Ten rodzaj komunikacji, gdzie płyn jest pośrednikiem, przyjęło się nazywać oddziaływaniami hydrodynamicznymi. Jest on wykorzystywany w wielu ciekawych zjawiskach jak np przekazywanie sygnałów między drapieżnikiem a ofiarą w świecie zooplanktonu. Jasne jest, że im bardziej skomplikowane obiekty, tym bardziej skomplikowany ich ruch. Jeśli więc położymy na powierzchni oleju łańcuszek ze sztywno połączonych w pierścień ziarenek, opadnie. Lecz jeśli zrobimy na nim najprostszy węzeł - tzw. trójlistny - łańcuszek opadając zacznie się obracać.

Dodatkowe zagadnienie wnosi złożoność węzła. Węzły jako takie były przedmiotem zainteresowań, zwłaszcza matematyków, od wielu lat. Dla żeglarzy czy wspinaczy, właściwy węzeł może decydować o życiu. Istnieje cała hierarchia węzłów, w której uporządkowano je od tych najprostszych do najbardziej złożonych. Samą zaś złożoność węzła określa się poprzez liczbę przecięć z samą sobą na tworzącej go pętli. Węzeł trójlistny tworzą trzy przecięcia i jest to zarazem jedyny węzeł o takiej ich liczbie, z wyjątkiem węzła będącego jego odbiciem lustrzanym. Ale już węzeł stworzony przez 7 przecięć można zawiązać na 7 sposobów. Co w tym wszystkim najciekawsze, to fakt, iż kiedy całą grupę włókien tego samego rozmiaru, ale każde z innym węzłem puścić w wyścigu w lepkim płynie, opadają one w sposób uporządkowany: im bardziej złożony węzeł (im wyżej w hierarchi), tym szybciej opada.

W naszym projekcie chcielibyśmy zbadać zachowanie elastycznych włókien opadających w lepkim płynie, w szczególności prześledzić dynamikę włókien postaci zamkniętych, splątanych - czyli z węzłami - włókien. Z wykorzystaniem symulacji komputerowych rozwiązujących równania ruchu mikrowłókien oraz posiłkując się doświadczeniami badającymi sedymentację małych włókien, chcielibyśmy dokonać pełnej analizy czynników mających wpływ na ruch włókien pod wpływem stałej siły grawitacyjnej. Mikrowłókna będą modelowane jako łańcuszki ziarenek połączonych sprężynkami. Chcielibyśmy odpowiedzieć na pytanie jak sztywność sprężynek wpłynie na kształt łańcuszka. Czy zachowa geometrię rozwiniętą, czy zwinie się w kłębek? Jeśli zachowa geometrię, to czy będzie się obracać? Jeśli tak, to w jakim stopniu sztywność sprężynek będzie wpływać na tę rotację? I wreszcie, jak złożoność węzła na łańcuszku będzie wpływać na jego ruch podczas opadania? Chcielibyśmy zweryfikować istnienie stacjonarnych konfiguracji splątanych, elastycznych włókien.

Co ciekawe, organizmy żywe są całkiem dobrymi producentami struktur z węzłami. Przede wszystkim chodzi tu o *kołową*, czyli kowalencyjnie zamkniętą cząsteczkę DNA. Podczas rekombinacji, czyli procesów, w których wymieniane są fragmenty DNA, wspomaganych przez różne specyficzne enzymy, powstaje wiele struktur z węzłami różnego stopnia złożoności. Dynamika takich cząsteczek o rozmiarach rzędu nanometra w żelu, w polu stałej siły elektrostatycznej jest równoważna hydrodynamicznie dynamice mikrowłókien opadających w oleju, w polu stałej siły grawitacyjnej. W tej równoważności kluczowe jest, by siły inercyjne działające na cząsteczki były znacząco mniejsze niż siły lepkie pochodzące od płynu. Znajomość prędkości migracji w żelu poszczególnych typów węzłów na cząsteczce DNA pozwala badać kolejność poszczególnych reakcji w czasie rekombinacji.

Z drugiej strony, sam płyn jest w stanie wytworzyć strukturę splątaną. Naukowcom udało się odkryć, iż ewolucja pewnych splątanych linii wirowych płynu prowadzi do ich stacjonarnej struktury. Ruch periodyczny tych stacjonarnych linii wirowych zdziwiająco przypomina stacjonarne konfiguracje opadających splątanych włókien. W takim właśnie szerszym kontekście, projekt ten ma na celu głębsze zrozumienie dynamiki opadania elastycznych włókien.