

Polacy rozwiązyli zagadkę lepkości w skali nano

We wnętrzach żywych komórek, gdzie lepkość środowiska nawet milion razy przewyższa lepkość wody, białka powinny się poruszać niczym mucha w smole. Robią to jednak niewiele wolniej niż w wodzie. Szukając wyjaśnienia tej zagadki, naukowcy z Instytutu Chemii Fizycznej PAN (IChF PAN) odkryli nową zasadę fizyczną.

O sukcesie polskich badaczy poinformował Instytut w komunikacie przekazanym PAP.

Jak przypomina IChF, w jądrze komórkowym zachodzą procesy biologiczne, choć jest ono tak zatłoczone przez makrocząsteczki, tak lepkie, że białka powinny poruszać się w nim niezwykle wolno. W takich warunkach tempo łączenia się białek w kompleksy oraz przyłączanie się cząsteczek do łańcuchów DNA nie mogą być efektywne.

"Wiemy jednak, że białka w żywych komórkach poruszają się kilkaset tysięcy razy szybciej niż powinny. Udało nam się odkryć, dlaczego" - informuje prof. dr hab. Robert Hołyst z Instytutu Chemii Fizycznej PAN (IChF PAN).

Grupa naukowców z Instytutu Chemii Fizycznej PAN pod kierunkiem prof. Hołysta wykazała niedawno, że w każdym układzie hydrodynamicznym istnieje fundamentalna skala długości, przy której następuje przejście od makrolepkości do nanolepkości.

Wielkość tej skali zależy od rozmiarów obiektów obecnych w płynie - w przypadku polimerów będzie to rozmiar kłęбка polimerowego, w zawiesinie wirusów - długość pałeczki wirusa.

"Jeśli cząsteczka polimeru ma rozmiar 10 nanometrów, wówczas każdy obiekt od niej większy, zanurzony w polimerze, będzie odczuwał lepkość makroskopową, a każdy mniejszy - nano" - wyjaśnia prof. Hołyst.

Naukowcy podkreślają szczególnie ciekawy fakt - zmiany lepkości mają charakter eksponencjalny i w okolicy fundamentalnej skali długości są bardzo gwałtowne. Zmniejszenie rozmiaru płynącego obiektu o 10 nanometrów może się wówczas wiązać ze zmianą lepkości aż o 5-6 rzędów wielkości.

Odkrycie naukowców - podkreśla w komunikacie IChF PAN - oznacza, że dotychczasowe równania hydrodynamiczne, w których parametr lepkości jest stały, trzeba będzie w przyszłości przeformułować.

Jak informuje Instytut, pomiary w ramach projektu badawczego przeprowadzono z użyciem najnowszych metod i przyrządów, takich jak mikroskop konfokalny z korelacją fluorescencji FCS (Fluorescence Correlation Spectroscopy). "Ta młoda technika badawcza pozwala śledzić w ognisku lasera zachowanie pojedynczych cząsteczek białek w płynach o objętości mikrometrów sześciennych" - zaznaczono w komunikacie.

Eksperymenty prowadzono przez pięć lat - przez dwa lata były one sponsorowane m.in. przez brytyjski koncern Unilever, zainteresowany wykorzystaniem wyników przy projektowaniu nowych szamponów i odżywek.

Jak przypomina IChF PAN, ludzie nie dysponują zmysłami pozwalającymi dobrze identyfikować zmiany lepkości.

"Lepkość oleju rzepakowego wydaje się nam stosunkowo podobna do lepkości wody, choć ta ostatnia jest aż 400 razy mniejsza. W rezultacie często mylimy lepkość z gęstością. Na przykład szampon składa się w 95 proc. z wody i ma zbliżoną do niej gęstość, mimo to z powodu dużej lepkości rozlewa się na dłoni powoli. Lepki, nie gęsty, jest także miód" - zaznaczono w komunikacie.

W fizyce lepkość pojawia się jako parametr w odkrytych w XIX wieku równaniach Naviera-Stokesa. Opisują one poprawnie przepływ rzek czy strug powietrza wzdłuż skrzydeł samolotu. Zgodnie z tym opisem, lepkość nie zależy od skali i powinna działać tak samo zarówno w przypadku lecącego samolotu, jak i cząsteczki białka poruszającej się wewnątrz jądra komórkowego. Pomiary mówią jednak co innego.

Już w latach 50. ubiegłego wieku prowadzone na ultrawirówkach eksperymenty, dotyczące sedymentacji drobnych cząstek przy dużych przeciążeniach, ujawniły zaskakujący fakt. Okazało się, że obiekty kilka miliardów razy mniejsze mogą odczuwać lepkość dziesiątki, a nawet setki tysięcy razy mniejszą od obiektu makroskopowego. Na pytanie o przyczynę tak dramatycznej zmiany lepkości długo nie potrafiono znaleźć odpowiedzi.

Lepkość badał już Newton, mimo to do dziś pozostaje ona zagadkową własnością przyrody. "Rozumiemy jej pochodzenie w gazach: gdy dwie warstwy gazu przesuwają się względem siebie, cząsteczka może przeskoczyć z warstwy do warstwy, dochodzi do zderzeń i spowolnienia ruchu. Ale gdy gaz robi się gęsty i staje się cieczą, nagle pojawiają się oddziaływania między cząsteczkami i trudno wskazać zjawiska bezpośrednio odpowiedzialne za powstanie lepkości. W rezultacie naukowcy wciąż są na etapie badania lepkości w najprostszych płynach rzeczywistych, zbudowanych z atomów argonu lub innych gazów szlachetnych" - czytamy w komunikacie IChF.

Instytut podkreśla, że z naukowego punktu widzenia badania nad nanolepkością mają znaczenie fundamentalne. Ponieważ wpływa ona na tempo dyfuzji, limituje szybkość zachodzenia reakcji biochemicznych wewnątrz żywych komórek.

"Nie przypadkiem białka w komórce, zazwyczaj niewielkie, tworzą kompleksy dopiero w okolicach miejsca mającej zajść reakcji biochemicznej. Jest to konieczne, ponieważ duży kompleks przemieszczałby się milion razy wolniej niż każde z białek osobno" - wyjaśnia prof. Hołyst.

Naukowcy z IChF PAN mają nadzieję, że ich odkrycie znajdzie zastosowanie w przemyśle, gdzie lepkość odgrywa kluczową rolę w wielu reakcjach biotechnologicznych. Nowa zasada fizyczna będzie miała również istotne znaczenie podczas konstruowaniu nanourządzeń.

"Nauka wciąż słabo rozumie zjawiska zachodzące w tak małych skalach. Jeśli jednak chcemy budować nanomaszyny, wypadałoby, abyśmy jak najlepiej poznali zjawiska typowe dla świata, w którym mają one działać" - podsumowuje prof. Hołyst.