



Warszawa, 20 maja 2015

Zaskakujące struktury z mikrokropel zapowiadają nadejście nowych technologii

Niespodziewane kształty mezoatomów – struktur zbudowanych z mikrokropel w kroplach – zaobserwowano w Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Odkrycie było możliwe dzięki nowej metodzie precyzyjnego kontrolowania rozmieszczenia kropelek jednej cieczy wewnątrz kropli innej cieczy. Realizowana za pomocą układów mikroprzepływowych, metoda ma szansę przenieść niektóre gałęzie medycyny i inżynierii materiałowej na nowy poziom.

W prestiżowym czasopiśmie fizycznym „Physical Review Letters” zespół naukowców z Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk (IChF PAN) w Warszawie zaprezentował nową metodę kontrolowania kształtów struktur tworzących się z mikrokropel umieszczonych we wnętrzu innej kropli. Osiągnięcie znacząco zwiększa możliwości sterowania procesami samoorganizowania się materii. W trakcie badań naukowcom udało się także po raz pierwszy zaobserwować formowanie się mikrokropelkowych struktur o niespodziewanych kształtach.

O tym, że wewnątrz kropli jednej cieczy można umieścić pewną liczbę kropli innej, niemieszającej się cieczy, było wiadomo od dawna. Znany też był fakt, że w określonych warunkach wewnętrzne kropelki mogą się układać w stabilne struktury, nazywane mezoatomami. Dotychczas przyjmowano jednak, że kształty tych struktur zależą tylko od liczby formujących je kropelek. W rezultacie liczba możliwych do otrzymania mezoatomów była niewielka.

„My pokazaliśmy, że kształty struktur, w które samoczynnie układają się wewnętrzne kropelki, zależą nie tylko od ich liczby, ale także od wzajemnych proporcji ich objętości. Istnienie drugiego parametru znacząco wzbogaca możliwości formowania nowych mezoatomów. W efekcie mamy teraz do dyspozycji spontaniczny proces o bogatym potencjale, proces, którym potrafimy bardzo precyzyjnie sterować. Daje to również podstawy do myślenia o ciekawych zastosowaniach”, mówi prof. dr hab. Piotr Garstecki (IChF PAN).

Stabilne struktury kropelek w kroplach wytwarza się w IChF PAN za pomocą układów mikroprzepływowych. Układy tego typu powstają zazwyczaj z dwóch płytek z tworzywa sztucznego. Na jedną płytkę nanosi się sieć starannie zaprojektowanych wyźłobień, druga pełni rolę „wieczka”. Po sklejeniu obu płytek wyźłobienia stają się kanalikami o średnicach submilimetrowych, które wypełnia się cieczą nośną. Jeśli do wnętrza tak przygotowanego układu

wstrzyknie się niewielkie porcje cieczy roboczej, niemieszającej się z cieczą nośną, w kanałkach uformują się wyraźnie kropelki. Ich ruch można teraz precyzyjnie kontrolować – wystarczy w tym celu odpowiednio sterować przepływami obu cieczy.

„W trakcie naszych badań w kanałik wypełniony olejem wstrzykiwaliśmy te same, niewielkie porcje zabarwionej wody, jedna tuż za drugą. Ponieważ olej nie miesza się z wodą, powstawał 'sznur' liczący od trzech do ośmiu niebieskich, praktycznie identycznych mikrokropelek. Ciekawe rzeczy zaczynały się dziać, gdy taki kropelkowy 'pociąg', płynący w oleju jednego rodzaju, wstrzykiwaliśmy do komory wypełnionej innym olejem, niemieszającym się z dwoma pozostałymi cieczami”, mówi dr Jan Guzowski (IChF PAN; obecnie na Uniwersytecie w Princeton).

Napięcie powierzchniowe wstrzykniętego oleju powodowało, że zaczynał on formować kroplę. W trakcie tego procesu kropelki wody wewnątrz formującej się kropli oleju były poddawane znacznym siłom i przemieszczały się, a nawet deformowały, byle tylko zminimalizować energię opinającą je powierzchni. W zależności od konfiguracji – liczby kropelek w kropli oraz proporcji między objętościami wszystkich kropelek – tak utworzony mezoatom mógł być niemal kulisty, lekko wydłużony, a nawet wyraźnie nieregularny. Prawdziwym zaskoczeniem okazały się jednak struktury zbudowane nawet z ośmiu kropelek wody ustawionych w linii, jedna za drugą, i tak silnie opiętych powierzchnią kropli oleju, że aż wyraźnie spłaszczonych.

„Konfiguracja, w której kilka kropelek ustawia się w linii, tylko pozornie wygląda na nietrwałą. Nasze obliczenia pokazują, że aby zlepzić się w grudkę, ustawione w linii kropelki musiałyby 'po drodze' ulec deformacji wymagającej wkładu dodatkowej energii. Unoszący krople przepływ nie jest na to wystarczająco silny i w rezultacie krople tkwią w pierwotnym ułożeniu. Ostatecznie cała struktura wygląda jak zestaw kilku piłek tenisowych wepchniętych jedna po drugiej w ciasny rękaw koszuli”, mówi dr Guzowski i podkreśla, że istnienie barier kapilarnych, uniemożliwiających samoistną rekonfigurację struktur z mikrokropelek, zostało zaprezentowane po raz pierwszy.

Mezoatomy z kropelek w kroplach, otrzymane przez zespół z IChF PAN, miały rozmiary rzędu milimetra, a więc były stosunkowo duże. Powstawały dość wolno – zwykle pojedyncza struktura formowała się przez mniej więcej sekundę.

„Eksperymenty laboratoryjne łatwiej wykonywać na większych kroplach i w sposób umożliwiający ich łatwą obserwację”, tłumaczy prof. Garstecki i zaznacza: „Nie ma jednak żadnych przeszkód, aby wielkość kropelek zmniejszyć przynajmniej kilkadziesiąt razy. Co więcej, oddziaływania kapilarne, odpowiedzialne za formowanie się struktur z mikrokropelek, zaczynają dominować w małych skalach. Spodziewamy się więc, że małe mezoatomy będą się tworzyć znacznie szybciej, a odsetek struktur o niepożądanym kształtach jeszcze zmaleje”.

Kontrolowane wytwarzanie mezoatomów z kropelek ma szczególne znaczenie dla inżynierii materiałowej. Materiały powstają bowiem nieco podobnie jak konstrukcje z klocków: są „składane” z wielu mniejszych „cegiełek” – zlepek ciasno upakowanych cząsteczek bądź atomów. Drobinę te są na ogół dość kuliste, co znacznie ogranicza możliwości ich rozmieszczania w przestrzeni. Tymczasem przy odpowiednim doborze substancji i metod, kropelki wewnątrz mezoatomów można byłoby na masową skalę utrzymywać, a następnie osuszać w celu usunięcia zewnętrznej kropli. Z tak powstałych struktur można byłoby budować materiały o precyzyjnie zaplanowanej konstrukcji i niespotykanych właściwościach, np. materiały fotoniczne, które kierowałyby padające na nie fale świetlne w strony zależące od długości fal. Kolejnym niezwykle obiecującym obszarem zastosowań wydaje się transport leków w określone miejsca organizmu. Każda kropla w mezoatomie może przecież zawierać inne substancje lecznicze, uwalniane w różnych warunkach. Tak spreparowany, „inteligentny” pojemnik na leki mógłby w wybranym organie człowieka przeprowadzić całą, starannie zaplanowaną terapię lekową.

Badania nad formowaniem się mezoatomów z kropelek sfinansowano ze środków europejskiego grantu ERC Starting Grant oraz programu luventus Plus Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk (<http://www.ichf.edu.pl/>) został powołany w 1955 roku jako jeden z pierwszych instytutów chemicznych PAN. Profil naukowy Instytutu jest silnie powiązany z najnowszymi światowymi kierunkami rozwoju chemii fizycznej i fizyki chemicznej. Badania naukowe są prowadzone w dziewięciu zakładach naukowych. Działający w ramach Instytutu Zakład Doświadczalny CHEMIPAN wdraża, produkuje i komercjalizuje specjalistyczne związki chemiczne do zastosowań m.in. w rolnictwie i farmacji. Instytut publikuje około 200 oryginalnych prac badawczych rocznie.

KONTAKT:

prof. dr hab. **Piotr Garstecki**
Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie
tel. +48 22 3432233
email: pgarstecki@ichf.edu.pl

dr **Jan Guzowski**
Princeton University
tel. +1 6095324237
email: guzowski@princeton.edu, jguzowski@ichf.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

„Droplet Clusters: Exploring the Phase Space of Soft Mesoscale Atoms”; J. Guzowski, P. Garstecki; Physical Review Letters 114, 188302 (2015); DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.114.188302>

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.ichf.edu.pl/>
Strona Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk.

<http://www.ichf.edu.pl/press/>
Serwis prasowy Instytutu Chemii Fizycznej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

ICHF150520b_fot01s.jpg

HR: http://ichf.edu.pl/press/2015/05/ICHF150520b_fot01.jpg

Mezoatomy (struktury uformowane przez mikrokrople wody uwięzione w kropli oleju) wytworzone w Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. (Źródło: IChF PAN)