



Warszawa, 26 czerwca 2014

Wstrząśnięte, niez mieszane – kapsuły mitycznego boga proszę!

Wszystko zależy, jak na nie spojrzysz. Gdy z jednej strony – zobaczysz jedno oblicze; gdy z przeciwnej – będzie inne. Tak wyglądają kapsuły Janusa, miniaturowe, puste wewnątrz struktury, w różnych fragmentach zbudowane z różnych mikro- i nanodrobin. Teoretycy potrafili zaprojektować modele takich kapsuł, lecz ich wytworzenie było nie lada wyzwaniem. Teraz, dzięki użyciu pola elektrycznego, kapsuły Janusa będzie można wytwarzać łatwo i tanio.

Janus, starorzymski bóg początków i przemian, przyciągał uwagę wiernych dwiema twarzami, każdą skierowaną w inną stronę świata. Kapsuły Janusa – „bańki” sklezione z dwóch „skorup”, każdej zbudowanej z mikro- lub nanodrobin o innych właściwościach – od pewnego czasu przyciągają uwagę badaczy. Ci widzą w nich doskonale narzędzia do transportu leków i środków prowadzący ku innowacyjnym materiałom. Lecz by kapsuły Janusa stały się powszechnie dostępne, muszą powstać efektywne metody ich masowej produkcji. Ważnym krokiem w tym kierunku jest osiągnięcie naukowców z norweskich i francuskich instytucji naukowych oraz Instytutu Chemii Fizycznej PAN (IChF PAN) w Warszawie, opisane ostatnio w jednym z najbardziej renomowanych czasopism naukowych: „Nature Communications”.

Współcześnie nie jest problemem wykonanie kul Janusa – okrągłych, całkowicie wypełnionych mikro- i nanoobjektów, których jedna część ma inne właściwości niż druga. Takie kule tworzy się na przykład zlepiając dwie krople różnych substancji. Po połączeniu nową kroplę wystarczy szybko utrwalić, np. schładzając ją lub doprowadzając do polimeryzacji jej materiałów. Kulami Janusa są m.in. drobin o połówkach białej i czarnej, stosowane do generowania obrazu w wyświetlaczach elektroforetycznych montowanych w czytnikach e-książek.

„Kapsuły Janusa różnią się od kul Janusa: są puste w środku, a ich powłoka, częściowo przepuszczalna, jest stworzona z cząstek koloidalnych. Jak zrobić taką 'dwulicową bańkę' z mikro- i nanocząstek? Nad tym zastanawia się wielu naukowców. My zaproponowaliśmy naprawdę nieskomplikowane rozwiązanie”, mówi dr Zbigniew Rozynek z IChF PAN, który podczas stażu podoktorskiego na Norwegian University of Science and Technology w Trondheim zajmował się stroną eksperymentalną badań nad kapsułami Janusa.

W trakcie eksperymentów międzynarodowy zespół naukowców wytwarzał kapsuły Janusa na kroplach o objętości pojedynczych mikrolitrów. Krople były pokrywane m.in. nanocząstkami

polistyrenowymi o średnicach ok. 500 nm (miliardowych części metra) i szklanymi o średnicach ok. 1000 nm. Używano także drobin polietylenowych zabarwionych w różny sposób.

Doświadczenia przeprowadzano na kroplach oleju zawieszonych w innym oleju. W tak przygotowane środowisko wprowadzano mikro- lub nanocząstki jednego typu, które osadzano na powierzchni wybranej kropli. Następnie na drugiej kropli osadzano drobinę innego typu. Dzięki siłom kapilarnym cząstki trwale utrzymywały się na powierzchniach obu kropli, pokrywając je mniej więcej jednorodnie.

Po włączeniu zewnętrznego pola elektrycznego wewnątrz kropli powstawały mikroprzepływy. Przesuwały one drobinę na powierzchni każdej kropli od jej „biegunów” (uformowanych wzdłuż kierunku pola elektrycznego) ku „równikowi”. Na tym etapie można było kontrolować upakowanie cząstek koloidalnych poprzez „wstrząśnięcie” kroplami w wolno zmieniającym się polu elektrycznym. Upakowanie drobin jest ważnym czynnikiem, ponieważ decyduje o liczbie i wielkości porów późniejszej kapsuły, a co za tym idzie o jej przepuszczalności.

Wskutek mikroprzepływów wokół „równików” kropli tworzyła się wstęga o kształcie pierścienia, składająca się z mniej lub bardziej zlepionych cząstek, podczas gdy oba „bieguny” stawały się puste. Jednocześnie bieguny każdej kropli zyskiwały przeciwne ładunki elektryczne.

Przeciwne ładunki elektryczne przyciągają się, krople z naładowanymi biegunami kierowały się więc ku sobie. Na tym etapie należało jeszcze „przekonać” obie krople, aby nie tylko zetknęły się biegunami, ale żeby faktycznie się połączyły. Wykorzystano tu znaną od lat elektrokoalescencję: za pomocą pola elektrycznego stymulowano krople do szybszego łączenia. Po złączeniu się kropli, znajdujące się na ich powierzchniach układy drobin także się łączyły. Upakowanie drobin w każdej wstędze powodowało jednak, że cząstki różnych typów praktycznie nie mieszały się ze sobą.

„To jak ze słynnym martini Bonda: ono też miało być zawsze 'wstrząśnięte, niez mieszane'”, śmieje się dr Rozynek.

O ostatecznym wyglądzie kapsuły decydowała liczba drobin osadzonych na powierzchniach pierwotnych kropli. Jeśli drobinę pokrywały obie krople jednorodną warstwą sięgającą niemal do biegunów, efektem połączenia był twór przypominający powierzchnię gruszki. Gdy czyste obszary wokół biegunów kropli składowych były odpowiednio większe, kapsuły Janusa przyjmowały kształt kulisty. Jeśli jednak wstęgi wokół „równików” pierwotnych kropli były wąskie, po połączeniu otrzymywano coś, co można byłoby nazwać pierścieniem Janusa.

Pierścienie, których jedna część składa się z innych cząstek niż druga, otwierają ciekawe możliwości. Można je dalej zlepiać i tworzyć coraz bardziej złożone, pasiaste struktury. Kapsuły mogłyby się wtedy składać z naprzemiennie ułożonych pasów drobin, a każdy pas mógłby mieć odmienne własności od sąsiadów.

We wnętrzu kapsuły Janusa można umieszczać mikroobiekty, nanodrobinę lub cząsteczki chemiczne, które z powodu swej wrażliwości lub reaktywności wymagają ochrony przed środowiskiem. Zróżnicowane własności obu części kapsuły ułatwiają kontrolę nad ruchem kapsuły i uwalnianiem ich zawartości. Czynniki te powodują, że kapsuły Janusa mogą mieć wiele zastosowań. Zaproponowana metoda wytwarzania tych kapsuły ma więc potencjalnie duże znaczenie dla przemysłu farmaceutycznego, farbiarskiego czy spożywczego, a także dla rozwoju inżynierii materiałowej i medycyny. Tym większe, że jest to metoda prosta i tania w realizacji.

Materiał prasowy przygotowany dzięki grantowi NOBLESSE w ramach działania „Potencjał badawczy” 7. Programu Ramowego Unii Europejskiej.

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:

dr Zbigniew Rozynek
Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk
tel. +48 22 3433340
email: zrozynek@ichf.edu.pl

PRACE NAUKOWE:

„Electroformation of Janus and patchy capsules”; Z. Rozynek, A. Mikkelsen, P. Dommersnes, J. O. Fossum; Nature Communications, 5:3945; 23 May 2014; DOI: 10.1038/ncomms4945. Artykuł udostępniony w całości online dzięki współfinansowaniu przez IChF PAN.

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:

IChF140626b_fot01s.jpg HR: http://ichf.edu.pl/press/2014/06/IChF140626b_fot01.jpg
Dr Zbigniew Rozynek z Instytutu Chemii Fizycznej PAN w Warszawie prezentuje model kapsuły Janusa. (Źródło: IChF PAN, Grzegorz Krzyżewski)

IChF140626b_fot02s.jpg HR: http://ichf.edu.pl/press/2014/06/IChF140626b_fot02.jpg
Dwie krople zawieszona w oleju, jedna pokryta czerwonymi, druga niebieskimi drobinami, łączą się w naczyniu laboratoryjnym w obecności pola elektrycznego. Tak powstaje kapsuła Janusa. (Źródło: IChF PAN, Grzegorz Krzyżewski)

IChF140626b_fot03s.jpg HR: http://ichf.edu.pl/press/2014/06/IChF140626b_fot03.jpg
Wytwarzanie kapsuł Janusa zaczyna się od jednorodnego pokrycia powierzchni dwóch kropli, każdej drobinami o innych własnościach. Po przyłożeniu pola elektrycznego (E) mikroprzepływy ściągają drobinę ku „równikom” kropli. Okolice „biegunów” kropli ładują się elektrycznie i krople się przyciągają, ostatecznie stykając się przeciwieście naładowanymi „biegunami”. Do zlania kropli w całość i uformowania kapsuły Janusa dochodzi dzięki polu elektrycznemu. Grafika wykonana z użyciem zdjęć mikroskopowych. (zaadaptowane z Nat. Commun. 5, 3945 (2014))

IChF140626b_fot04s.jpg HR: http://ichf.edu.pl/press/2014/06/IChF140626b_fot04.jpg
Pierścienie Janusa tworzą się wskutek połączenia kropli zawierających niewielkie liczby drobin. Pierścienie jest nieznacznie grubszy u dołu, ponieważ drobinę odczuwają siłę ziemskiej grawitacji. (zaadaptowane z Nat. Commun. 5, 3945 (2014))

IChF140626b_fot05s.jpg HR: http://ichf.edu.pl/press/2014/06/IChF140626b_fot05.jpg
Przykłady kapsuł (głównie kapsuł Janusa) otrzymanych metodą opisaną w informacji prasowej Instytutu Chemii Fizycznej PAN w Warszawie. (zaadaptowane z Nat. Commun. 5, 3945 (2014))

FILMY:

IChF140626c_mov01.avi HR: http://ichf.edu.pl/press/2014/06/IChF140626c_mov01.avi
3,2 MB; 1920x1080
Dwie krople oleju, pokryte drobinami o różnych własnościach, łączą się pod wpływem zmiennego pola elektrycznego, formując kapsułę Janusa. (Źródło: IChF PAN, NTNU)

IChF140626c_mov02.avi HR: http://ichf.edu.pl/press/2014/06/IChF140626c_mov02.avi
1,3 MB; 640x480
Pierwszy etap wytwarzania kapsuł Janusa. Mikroprzepływy wywołane polem elektrycznym przesuwają drobinę na powierzchni kropli ku „równikowi”. Pole elektryczne jest skierowane prostopadle do powierzchni obrazu. (Źródło: IChF PAN, NTNU)