



Kraków, 6 sierpnia 2019

Złoty klej naprawdę spaja nanoklatki „przeczące” logice

Nie od dziś wiadomo, że za pomocą złota można czynić rzeczy, o jakich filozofom się nie śniło. W Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie potwierdzono istnienie „złotego kleju” – wiązań z udziałem atomów złota, zdolnych trwale łączyć pierścienie białkowe. Umiejętnie użyte przez międzynarodowy zespół naukowców, wiązania pozwoliły skonstruować molekularne nanoklatki o budowie dotychczas niespotykanej ani w przyrodzie, ani nawet w matematyce.

Świat nauki od lat interesuje się klatkami molekularnymi. Nie bez kozery: w ich pustych wnętrzach można zamykać inne cząsteczki chemiczne, w tym takie, które w normalnych warunkach chętnie wchodziłyby w reakcje chemiczne. Odseparowane ściankami klatki od otoczenia, cząsteczki zamkniętego związku nie mają jednak z czym się wiązać. Za pomocą klatek można więc na przykład bezpiecznie przetransportować lek do wnętrza komórki rakowej i dopiero tam go uwolnić.

Klatki molekularne to wielościany tworzone z mniejszych „cegielek”, zazwyczaj cząsteczek białek. Kształt „cegielek” nie może być dowolny. Gdybyśmy na przykład chcieli zbudować molekularny wielościan wyłącznie z obiektów o obrysie trójkąta równobocznego, geometria skazuje nas na zaledwie trzy bryły: czworościan, ośmiościan i dwudziestościan. Innych możliwości konstrukcji dotychczas nie było.

„Na szczęście platoński idealizm nie jest dogmatem fizycznego świata. Jeśli zaakceptuje się pewne niedokładności w budowanej bryle, można tworzyć konstrukcje o kształtach niespotykanych w naturze, na dodatek charakteryzujące się bardzo ciekawymi właściwościami”, mówi dr Tomasz Wróbel z krakowskiego Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN).

Dr Wróbel jest jednym z członków międzynarodowego zespołu badaczy, który niedawno dokonał „niemożliwego”: z białek o jedenastu ściankach zbudował klatkę kształtem zbliżoną do sfery. Głównymi autorami tego spektakularnego sukcesu są naukowcy z grupy prof. Jonathana Heddle'a z Małopolskiego Centrum Biotechnologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie i japońskiego instytutu RIKEN w Wako koło Tokio. W pracach, opisanych w czasopiśmie „Nature”, uczestniczyli także badacze z uniwersytetów w Osace i Tsukubie (Japonia), Durham (Wielka Brytania), Waterloo (Kanada) i innych ośrodków naukowych.

Każdą ściankę nowych nanoklatek miał tworzyć pierścień białkowy o kształcie zbliżonym do obrączki, z którego w regularnych odstępach wystawało na zewnątrz jedenaście cząsteczek cysteiny. To właśnie do znajdującego się w każdej cysteinie atomu siarki planowano przyłączyć „klej”, czyli atom złota. W odpowiednich warunkach mógłby on wiązać się z jeszcze jednym atomem siarki, w cysteinie innego pierścienia. W ten sposób między dwoma pierścieniami powstawałoby trwałe wiązanie chemiczne. Czy jednak atom złota w opisanych warunkach byłby rzeczywiście zdolny do uformowania wiązania między pierścieniami?

„W Laboratorium Obrazowania Spektroskopowego IFJ PAN użyliśmy spektroskopii ramanowskiej oraz rentgenowskiej spektroskopii fotoelektronów i wykazaliśmy, że w przekazanych nam próbkach z testowymi nanoklatkami złoto rzeczywiście tworzy wiązania z atomami siarki w cysteinach. Innymi słowy: w trudnym, bezpośrednim pomiarze udowodniliśmy, że złoty 'klej' do spajania pierścieni białkowych w klatki naprawdę istnieje”, wyjaśnia dr Wróbel.

Każdy atom złota można traktować jako samodzielną spinkę pozwalającą przyłączyć kolejny pierścień. Droga do „niemożliwego” zaczyna się z chwilą, gdy zdamy sobie sprawę, że nie zawsze trzeba używać wszystkich spinek! Zatem choć wszystkie pierścienie nowych nanoklatek są fizycznie takie same, w zależności od miejsca w strukturze łączą się z sąsiadami inną liczbą atomów złota, a zatem funkcjonują jako wielokąty o różnej liczbie wierzchołków. 24 ściany nanoklatek zaprezentowanych przez badaczy były utrzymywane w całości przez 120 atomów złota. Zewnętrzna średnica klatek wynosiła 22 nanometry, a wewnętrzna 16 nm.

Użycie atomów złota w charakterze spoiwa nanoklatek ma doniosłe znaczenie także ze względu na zastosowania. We wcześniejszych konstrukcjach molekularnych białka były sklejane za pomocą wielu słabych wiązań chemicznych. Złożoność wiązań oraz ich podobieństwo do wiązań odpowiedzialnych za istnienie samych pierścieni białkowych nie pozwalały na precyzyjną kontrolę nad rozpadem klatek. W przypadku nowych struktur sytuacja jest inna. Z jednej strony nanoklatki spajane złotem są trwałe pod względem chemicznym i termicznym (wytrzymują na przykład wielogodzinne gotowanie w wodzie). Z drugiej, wiązania z udziałem złota są wrażliwe na wzrost kwasowości. Zwiększając ją, można w kontrolowany sposób doprowadzić do rozpadu nanoklatki i uwolnienia zawartości do otoczenia. A ponieważ kwasowość wewnątrz komórek jest większa niż na zewnątrz, nanoklatki spajane złotem idealnie nadają się do zastosowań biomedycznych.

„Niemożliwa” nanoklatka to prezentacja jakościowo nowego podejścia do konstruowania klatek molekularnych, z atomami złota w roli luźnych spinaczy. Zademonstrowana elastyczność „złotych” wiązań pozwoli w przyszłości tworzyć nanoklatki o rozmiarach i cechach precyzyjnie dopasowanych do konkretnych potrzeb.

Instytut Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie zajmuje się strukturą materii i własnościami oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po wnętrza cząstek elementarnych. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość” o statusie Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW) na lata 2012-2017. Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. W klasyfikacji MNiSW Instytut został zaliczony do kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

KONTAKT:

dr **Tomasz Wróbel**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel: +48 12 6628082
email: tomasz.wrobel@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

1. „An ultra-stable gold-coordinated protein cage displaying reversible assembly”
A. D. Malay, N. Miyazaki, A. Biela, S. Chakraborti, K. Majsterkiewicz, I. Stupka, C. S. Kaplan, A. Kowalczyk, B. M. A. G. Piette, G. K. A. Hochberg, D. Wu, T. P. Wrobel, A. Fineberg, M. S. Kushwah, M. Kelemen, P. Vavpetič, P. Pelicon, P. Kukura, J.n L. P. Benesch, K. Iwasaki, J. G. Heddl
Nature 569, 438–442 (2019)
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1185-4>

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.ifj.edu.pl/>

Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk.

<http://press.ifj.edu.pl/>

Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IFJ190806b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2019/08/06/IFJ190806b_fot01.jpg

„Niemożliwa” sfera, czyli molekularna nanoklatka z 24 pierścieni białkowych, z których każdy ma budowę jedenastoboku. Pierścienie są spajane wiązaniami z udziałem atomów złota, tu zaznaczonych na żółto. W zależności od położenia w strukturze, nie wszystkie atomy złota muszą być używane do przyłączania sąsiednich białek (atom niewykorzystany zaznaczono na czerwono). (Źródło: UJ, IFJ PAN)