



Kraków, 24 lutego 2021

## Stały rozpuszczalnik sposobem na unikatowe materiały

Materiały niemożliwe do otrzymania dotychczasowymi metodami można wyprodukować z użyciem stałego, nanostrukturalnego rozpuszczalnika krzemionkowego. Nowatorskie podejście do wytwarzania substancji o unikatowych własnościach fizyko-chemicznych zaprezentowali naukowcy z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie.

Zespołowi krakowskich fizyków udało się opracować elastyczną metodę wytwarzania stałych, dwuwymiarowych rozpuszczalników krzemionkowych służących do produkcji materiałów o unikatowych własnościach fizyko-chemicznych. Pod określeniem „stały rozpuszczalnik” kryje się tu substancja, która po zanurzeniu w roztworze odpowiednich cząsteczek lub jonów przyłączy je do swojej powierzchni w ściśle określonej proporcji i w ustalony sposób. Osiągnięciem może się pochwalić zespół dr. hab. Łukasza Laskowskiego z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauki (IFJ PAN) w Krakowie. Wyniki wieloletnich prac zespołu właśnie przedstawiono na łamach czasopisma „*International Journal of Molecular Sciences*”.

Nowe materiały często wytwarza się osadzając określone atomy bądź cząsteczki chemiczne na odpowiednim podłożu, takim jak krzemionka czy węgiel. Kłopoty sprawia tu jednak kontrola sposobu osadzania cząsteczek. Problem ten łatwo zrozumieć za pomocą prostego przykładu. Weźmy gumową piłkę, pokryjmy ją klejem, rzućmy w pierze. Po wyjęciu piłki okaże się, że na jej powierzchni w jednych miejscach pierza jest więcej, w innych mniej. Dzieje się tak właśnie z powodu braku kontroli nad tym, jak poszczególne pióra przyklejają się do piłki.

„*W inżynierii molekularnej sytuacja jest jeszcze bardziej skomplikowana*”, mówi dr Laskowski i tak przedstawia problem: „*Przypuśćmy, że po latach badań jednak udało się znaleźć sposób, który pozwala kontrolować odległości między piórami doklejonymi do gumowej piłki. Co by się stało, gdybyśmy nagle potrzebowali dokleić nie pióra, lecz dajmy na to szklane paciorki? Zapewne trzeba byłoby zmienić klej. Zmiana kleju i doklejanego elementu oznaczałaby, że trzeba byłoby opracować nowe metody kontrolowania odległości między doklejanymi elementami. To znów wymagałoby szeregu lat badań, które wcale nie musiałyby zakończyć się sukcesem*”.

Opisany powyżej problem krakowscy fizycy, finansowani ze środków Narodowego Centrum Nauki, postanowili rozwiązać w następujący sposób. Zamiast co rusz się męczyć z poszukiwaniem kolejnych metod równomiernego osadzania coraz to innych jonów czy cząsteczek na nośnikach, opracowali jedną metodę pokrywania nośnika krzemionkowego jednostkami kotwiczącymi. Każda molekularna kotwica jest tu jedną stroną związana z podłożem, podczas gdy drugą może wyłapać z otoczenia jon bądź cząsteczkę ściśle określonego typu. Co szczególnie istotne, metoda pozwala zachować statystyczną kontrolę nad gęstością rozmieszczenia kotwic na powierzchni nośnika. Problem projektowania nowych materiałów został więc radykalnie uproszczony. Obecnie jego najistotniejszym punktem jest relatywnie proste i szybkie opracowanie kotwicy o jednym końcu przyciągającym aktualnie pożądane jony czy cząsteczki.

„*W naszej metodzie kluczową rolę stałego rozpuszczalnika pełnią nanostruktury krzemionkowe. Wytwarzamy je w takich warunkach, by formując się były od razu pokryte regularną siatką jednostek kotwiczących o gęstości ściśle dopasowanej do naszych aktualnych potrzeb*”, wyjaśnia dr Magdalena Laskowska (IFJ PAN).

Możliwość statystycznego kontrolowania odległości między kotwicami, istniejąca na etapie wytwarzania krzemionkowego rozpuszczalnika, pozwala naukowcom precyzyjnie dobierać ilość substancji związanej na powierzchni krzemionkowych drobin. Jednocześnie staje się możliwe zachowanie kontroli nad wzajemnymi oddziaływaniami cząsteczek wyłapywanych przez kotwice, a nawet nad ich orientacją.

*„W tradycyjnych procesach wytwarzania nowych materiałów cząsteczki pewnych związków chemicznych mogą się tak osadzać na powierzchni, że ich struktura molekularna się zmienia. Cząsteczki często tracą wtedy swoje właściwości i stają się praktycznie bezużyteczne. Dzieje się tak wtedy, gdy molekuly wiążą się z podłożem za pomocą fragmentów determinujących ich cechy fizyczne czy chemiczne. Tymczasem my możemy wziąć owe niesforne cząsteczki i tak zagęścić liczbę kotwic na stałym rozpuszczalniku, by molekuly po związaniu nadal miały obszary aktywne i zachowywały pierwotną funkcjonalność”*, tłumaczy doktorant Oleksandr Pastukh (IFJ PAN).

Gdy odpowiednio spreparowany krzemionkowy rozpuszczalnik zanurzy się w roztworze z docelowymi jonami/cząsteczkami, kotwice na jego powierzchni wyłapią je i zwiążą, co samoistnie doprowadzi do uformowania założonej struktury molekularnej. Nowo powstały materiał wystarczy teraz odfiltrować, przemyć rozpuszczalnikiem w celu usunięcia ewentualnych zabrudzeń i osuszyć.

Opanowanie technologii wytwarzania stałych rozpuszczalników o precyzyjnie kontrolowanej dystrybucji kotwic pozwoliło badaczom z IFJ PAN odwrócić tradycyjny proces projektowania i syntezy materiałów. Zamiast badać już wytworzone materiały by szukać dla nich zastosowań, krakowscy badacze najpierw zapoznają się z bieżącymi potrzebami na przykład w optoelektronice czy fotonice, pod ich kątem projektują właściwości materiału, następnie ustalają jego strukturę molekularną i wreszcie syntetyzują substancję o dokładnie takich cechach, jakie założono. Podczas syntezy kluczową rolę pełni często właśnie stały rozpuszczalnik, za którego pomocą można niezwykle precyzyjnie kontrolować proporcje między cząsteczkami biorącymi udział w reakcji.

*„Po wyprodukowaniu materiału poddajemy go badaniom w celu porównania jego rzeczywistych własności fizyko-chemicznych z założonymi. Jeśli pojawiają się rozbieżności, powtarzamy syntezę przy nieco zmienionych parametrach. Jeśli i to nie pomaga, wprowadzamy poprawki na etapie projektowania molekularnego”*, wyjaśnia szczegóły doktorant Andrii Fedrochuk (IFJ PAN).

Metoda z użyciem nanostrukturalnego rozpuszczalnika krzemionkowego jest szczególnie interesująca z uwagi na możliwość wytwarzania materiałów o unikatowych cechach nieliniowo-optycznych, na przykład o precyzyjnie dostrojonej drugiej czy trzeciej składowej harmonicznej światła (co oznacza, że fala świetlna opuszczająca materiał ma podwójną lub potrójną częstotliwość w stosunku do fali padającej na materiał). Ciekawe zastosowania otwierają się również w obrębie medycyny. Możliwe staje się bowiem opracowanie nowych materiałów, które dołączone do wypełnień dentystrycznych czy farb pozwalałyby zachować cząsteczkom silne właściwości biobójcze.

Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie prowadzi badania podstawowe i aplikacyjne w obszarze fizyki oraz nauk pokrewnych. Główna część działalności naukowej Instytutu koncentruje się na badaniu struktury materii, w tym własności oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po cząstki elementarne. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek, obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN prowadzi też cztery akredytowane laboratoria badawcze i pomiarowe. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fizykę 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 wysoko punktowanych czasopismach naukowych. Corocznie Instytut jest organizatorem lub współorganizatorem wielu międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych oraz szeregu seminariów i innych spotkań naukowych. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość”, któremu, na lata 2012-2017, nadany został status Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW). Wiele projektów i przedsięwzięć realizowanych przez Instytut jest wpisanych na Polską Mapę Infrastruktury Badawczej (PMIB). Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. Komisja Europejska przyznała IFJ PAN prestiżowe wyróżnienie „HR Excellence in Research” jako instytucji stosującej zasady „Europejskiej Karty Naukowca” i „Kodeksu Postępowania przy rekrutacji pracowników naukowych”. W kategoryzacji MNISW Instytut został zaliczony do najwyższej kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

#### **KONTAKT:**

dr hab. **Łukasz Laskowski**  
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk  
tel.: +48 12 6628260, 6628217, 6628263  
email: [lukasz.laskowski@ifj.edu.pl](mailto:lukasz.laskowski@ifj.edu.pl)

dr **Magdalena Laskowska**  
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk  
tel.: +48 12 6628390  
email: [magdalena.laskowska@ifj.edu.pl](mailto:magdalena.laskowska@ifj.edu.pl)

#### **PUBLIKACJE NAUKOWE:**

„*Nanostructured Silica with Anchoring Units: The 2D Solid Solvent for Molecules and Metal Ions*”  
M. Laskowska, O. Pastukh, A. Fedorchuk, M. Schabikowski, P. Kowalczyk, M. Złasiński, Ł. Laskowski  
International Journal of Molecular Sciences 21(21), 8137, 2020  
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21218137>

#### **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:**

**IFJ210224b\_fot01s.jpg** **HR:** [http://press.ifj.edu.pl/news/2021/02/24/IFJ210224b\\_fot01.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2021/02/24/IFJ210224b_fot01.jpg)  
Proces produkcji nowego materiału z użyciem stałego rozpuszczalnika. Podłoże pokryte jednorodną siatką kotwic jest wprowadzane do roztworu zawierającego pożądane atomy/cząsteczki, które następnie są wyłapywane z roztworu przez kotwice. (Źródło: IFJ PAN)

**IFJ210224b\_fot02s.jpg** **HR:** [http://press.ifj.edu.pl/news/2021/02/24/IFJ210224b\\_fot02.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2021/02/24/IFJ210224b_fot02.jpg)  
Zdjęcia mikroskopowe różnych form stałego rozpuszczalnika krzemionkowego pokrytego molekularnymi kotwicami. Na górze sferyczne drobiny porowatej krzemionki MCM-41, na dole mezoporowata krzemionka SBA-15. Kolory sztuczne. (Źródło: IFJ PAN)