



Warszawa, 23 maja 2018

Zmieniaj twarze nanocząstek, będziesz rządził chemią!

W zależności od oświetlenia, powierzchnia odpowiednio spreparowanych nanocząstek może zmieniać swoją topografię. Naukowcy z Instytutu Chemii Fizycznej PAN pokazali, że zaprojektowany przez nich mechanizm molekularny pozwala za pomocą światła efektywnie odsłaniać lub chować cząsteczki katalizatorów. Przedstawiona technika prowadzi do jakościowo nowych możliwości w zakresie kontrolowania przebiegu reakcji chemicznych.

Za pomocą nanocząstek o powierzchni zmieniającej wygląd pod wpływem światła można łatwo i precyzyjnie sterować przebiegiem praktycznie dowolnych katalitycznych reakcji chemicznych, także tych wieloetapowych. Kluczowym elementem nowej techniki, opracowanej i zademonstrowanej przez naukowców z Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk (IChF PAN) w Warszawie, jest mechanizm geometrycznego maskowania centrów aktywnych katalizatorów na powierzchni nanocząstek. Klasa nowych, inteligentnych materiałów z miękkiej i twardej materii, opisana w prestiżowym czasopiśmie chemicznym „ACS Catalysis”, zapowiada jakościową zmianę w zakresie prowadzenia przemysłowych reakcji katalitycznych i jest ważnym etapem w projektowaniu układów chemicznych odwzorowujących najważniejsze cechy organizmów żywych.

Katalizator to substancja umożliwiająca reakcję między określonymi związkami chemicznymi, aktywnie w niej uczestnicząca i w znacznym stopniu odtwarzająca się po jej zakończeniu. Współczesne katalizatory projektuje się na ogół pod kątem optymalizowania katalizowanych reakcji i zmniejszania zużycia katalizatora. Zwraca się przy tym uwagę m.in. na jego selektywność, a więc zdolność do przyspieszania jednej, precyzyjnie wybranej reakcji. Nad tak skonstruowanymi katalizatorami nie ma jednak większej kontroli: po wprowadzeniu do roztworu zwykle działają one od razu aż do momentu ustania reakcji.

Jednym z najwygodniejszych narzędzi, za pomocą których można oddziaływać na związki chemiczne w roztworach, są fale świetlne o energii dopasowanej do właściwości konkretnego układu. Światło daje się łatwo wprowadzić w całą objętość cieczy, a przy tym na ogół nie zakłóca ono przebiegu samych reakcji katalitycznych. Teraz się okazuje, że układ chemiczny można tak zaprojektować, żeby w zależności od oświetlenia katalizował (lub nie) różne reakcje chemiczne.

Koncepcję świetlnego sterowania aktywnością katalizatorów, zaproponowaną przez chemików z IChF PAN, a opracowaną w ramach grantu SONATA BIS Narodowego Centrum Nauki, najłatwiej zrozumieć za pomocą analogii ze słonecznikami. To rośliny o długich, sztywnych łodygach, na

których końcu znajduje się ciężki koszyczek z nasionami. W ciągu dnia główka słonecznika zawsze kieruje się ku światłu, a więc ku górze, dzięki czemu przyciąga owady i ptaki. Gdy zapada noc, główka nie zwija się jednak jak u innych kwiatów. Łodyga u jej nasady po prostu się zgina, koszyczek opada i cały kwiatostan przestaje być dostępny.

„Nasz kluczowy kompleks cząsteczek zachowuje się podobnie jak słoneczniki, tyle że w skali molekularnej. Ziemią, na której nasze ‘słoneczniki’ rosną, jest nanocząstka złota, łodygą – długa cząsteczka o charakterze organicznego liganda, jej zginającym się fragmentem – fotoprzełącznik zmieniający kształt pod wpływem światła. Sam koszyczek to właśnie katalizator. Jedyna różnica polega na tym, że nasze ‘słoneczniki’ są trochę... nieśmiałe: chowają swoje katalityczne głowy gdy wokół staje się jasno, a podnoszą – gdy jest ciemno”, tłumaczy dr hab. Volodymyr Sashuk (IChF PAN).

W ostatnich latach naukowcy z IChF PAN nie tylko opracowali koncepcję nowatorskiej metody kontrolowania katalizy, ale także sprawdzili ją w praktyce, budując rzeczywisty, modelowy układ chemiczny. Do jego wykonania użyto nanocząstek złota o rozmiarach trzech nanometrów i jednego z najprostszych katalizatorów: aminokwasu o nazwie prolina. Sama metoda nie narzuca jednak żadnych konkretnych ograniczeń, dlatego potencjalnie można użyć dowolnego innego katalizatora, funkcjonalnie przekształcając go w odmianę, której aktywnością steruje się za pomocą światła.

„Wyprodukowanie nanocząstek pokrytych ligandami z doczepionymi cząsteczkami katalizatora nie jest specjalnie trudne, wymaga jednak pewnej uwagi. Na przykład ważne są proporcje między liczbą ligandów z cząsteczką katalizatora a liczbą ligandów bez niej. Jeśli pustych ligandów będzie zbyt dużo, cząsteczki katalizatora fizycznie nie będą miały gdzie się ukryć, a my możemy zapomnieć o sterowaniu”, mówi doktorantka Magdalena Szewczyk (IChF PAN).

Sterowane światłem nanocząstki katalizujące reakcje chemiczne zapowiadają nowy etap w rozwoju katalizy. Reakcje katalityczne przeprowadzano dotychczas w jednym roztworze, w którym znajdowały się niezbędne substraty i pojedynczy katalizator. Teraz pojawiają się nowe możliwości. Potencjalnie, ten sam roztwór może zawierać substraty dla wieloetapowych reakcji katalitycznych oraz szereg katalizatorów, każdy aktywowany światłem w odpowiednich momentach. W rezultacie w jednym naczyniu mogłoby jednocześnie przebiegać kilka reakcji składowych, wytwarzających związki chemiczne niezbędne na późniejszych etapach procesu technologicznego, na których nowa reakcja byłaby uruchamiana po zastopowaniu reakcji wcześniejszych. Ale to nie wszystkie zalety nowego rozwiązania.

„Do tej pory chemicy po zakończeniu reakcji zostawiali z roztworem zawierającym i produkt, i katalizator. Usunięcie tego ostatniego nierzadko wiązało się z koniecznością opracowania dodatkowych etapów technologicznych. W naszej metodzie katalizator jest osadzony na nanocząstkach. Potencjalnie drobinę tę można tak dopasować, żeby reagowały np. na pole magnetyczne. Po zakończeniu reakcji wystarczyłoby wtedy przyciągnąć nanocząstki na spód naczynia, gdzie można byłoby je łatwo odseparować od właściwego produktu”, zauważa doktorant Grzegorz Sobczak (IChF PAN).

Przyszłość wieloetapowej, precyzyjnie kontrolowanej światłem katalizy zapowiada się interesująco. Nowej generacji wielokomponentowe mieszaniny mogłyby na przykład twardej dopiero na życzenie użytkownika, a zatem można byłoby nimi dokładniej wypełniać wszelkiego typu formy, nawet o bardzo skomplikowanych kształtach. Popularnym rozwiązaniem staną się zapewne wygodne w użyciu wieloskładnikowe kleje polimerowe, od razu dostarczane w zmieszanej, gotowej do rozprowadzenia postaci. To tylko niektóre z już dziś rozważanych idei. Naukowcy z IChF PAN wciąż poszukują pomysłów, jak ich koncepcja mogłaby się przełożyć na konkretne zastosowania.

Informacja prasowa inspirowana europejskim grantem Create (ERA Chair w ramach programu Horizon 2020).

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 hab. **Volodymyr Sashuk**
Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie
tel.: +48 22 3432091
email: vsashuk@ichf.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

1. „Photoswitchable Catalysis by a Small Swinging Molecule Confined on the Surface of a Colloidal Particle”
M. Szewczyk, G. Sobczak, V. Sashuk
ACS Catalysis, 2018, 8, pp 2810–2814
DOI: 10.1021/acscatal.8b00328

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://groups.ichf.edu.pl/sashuk>
Strona zespołu zajmującego się chemią w ograniczonej geometrii.

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

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

<http://www.ichfdlafirm.pl/>
Oferta Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk skierowana do przedsiębiorców i przemysłu.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

ICHF180523b_fot01s.jpg

HR: http://ichf.edu.pl/press/2018/05/ICHF180523b_fot01.jpg

Podobnie jak policjant sterujący ruchem samochodów różnych marek i typów, nanocząstki pokryte reagującymi na światło katalizatorami mogą kontrolować przebieg wielu reakcji chemicznych jednocześnie. Ideę nowej metody zarządzania przebiegiem reakcji chemicznych prezentują Magdalena Szewczyk i Grzegorz Sobczak, doktoranci Instytutu Chemii Fizycznej PAN w Warszawie. (Źródło: IChF PAN, Grzegorz Krzyżewski)