

# CZYSTY WODÓR NISKIM KOSZTEM

---

**DR INŻ. MARTA MAZURKIEWICZ-PAWLICKA  
I MGR INŻ. ZUZANNA BOJARSKA**



**Wydział Inżynierii  
Chemicznej i Procesowej**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

**Proszę opowiedzieć, czym zajmują się  
Panie w ramach badań prowadzonych  
w POB?**

Zuzanna Bojarska: Doskonalimy metodę produkcji nowych materiałów do wydzielania reakcji wodoru. Na naszym wydziale, Inżynierii Chemicznej i Procesowej PW, została opracowana metoda syntezy disiarczku molibdenu. Disiarczek molibdenu to materiał dwuwymiarowy, trochę przypominający grafen. Może mieć różne zastosowania, np. w katalizie w reakcjach chemicznych, m.in. w takich w których wydzieła się wodór - to na niej się skupiamy.

Marta Mazurkiewicz-Pawlicka: Pomysł jest taki, żeby uzyskać czysty wodór niskim kosztem.

## **Bardzo zgrabna fraza! Co się za nią kryje?**

MMP: Kilka wątków. Mamy różne źródła energii, ogrzewanie domu, samochody, to wszystko generuje dużo zanieczyszczeń w postaci dwutlenku węgla i tzw. gazów cieplarnianych, które przyczyniają się do zmian klimatycznych. Dlatego staramy się zastąpić te źródła energii jakimś czystym paliwem. Czystym paliwem jest wodór. Przykładowo, w samochodach benzyna spala się do dwutlenku węgla. Gdyby samochód jeździł na paliwie, jakim jest wodór, to w wyniku spalania, czyli reakcji tlenu z pierwiastkiem, powstałaby woda. Stosując wodór jako paliwo, unikamy zanieczyszczenia dwutlenkiem węgla.

Znalezienie odpowiedniej metody na wytwarzanie wodoru jest kluczowe, by móc wytwarzać go w sposób masowy, tani i by mógł stanowić źródło zasilania samochodów czy domów w energię elektryczną. Nasze materiały właśnie to mają na celu: mam nadzieję, że dzięki naszym badaniom, będziemy mogli generować wodór na skalę masową z taniego materiału, jakim jest woda.

Poza tym, to szczególnie ważne, że wodór będzie wydzielony z wody, bo będzie czysty, a to zwiększa możliwości zastosowań. Przykładowo, będzie się nadawał do stosowania w ogniwach paliwowych, które teraz są bardzo szeroko badane. Ponadto, może być stosowany do reakcji chemicznych jako reagent i bardzo czę-

sto jest potrzebny naukowcom do badań. Obecnie wodór jest wydzielany głównie z biomasy, przez co jest zanieczyszczony związkami węglowymi. W ogniwie paliwowym działają katalizatory, które są nieodporne na zatrucie np. tlenkiem węgla, więc zastosowanie wodoru otrzymanego z biomasy skraca jego żywotność.

## **To o czystości, do kosztów pewnie wrócimy za chwilę. Na czym polega udoskonalona przez Was metoda pozyskiwania wodoru? W czym tkwi jej wyjątkowość?**

ZB: Disiarczek molibdenu jest otrzymywany w reaktorze zderzeniowym. Jest to reaktor, który pracuje w sposób ciągły. To, że jest możliwy ciągły odbiór produktu, jest bardzo wartościowe dla pracy przemysłowej. Reaktor zderzeniowy przypomina literę T: dwoma kanałami wchodzi strumień reagentów, zderzają się, trzecim kanałem otrzymywany jest produkt.

MMP: Do reaktora zderzeniowego wtłaczane są ciecze, które zderzając się ze sobą zaczynają się zmieniać w ciało stałe, w cząstki siarczku molibdenu. Zastosowanie tego reaktora pozwala otrzymać nanocząstki o bardzo małym rozmiarze i wąskim rozkładzie ich wielkości przez co są one bardzo jednorodne.

ZB: We współpracy z profesorem Łukaszem Makowskim, który wraz z zespołem opracował syntezę disiarczku molibdenu w reaktorze zderzeniowym, postanowiliśmy rozwinąć te

metodę, dodając do jednego ze strumieni reagentów materiały węglowe, które służą nam jako nośnik katalizatora. Disiarczek tworzy się wtedy na ich powierzchni, otaczając je. Dzięki temu otrzymujemy jeszcze mniejsze rozmiary samego disiarczku molibdenu, który zamiast rosnąć w większy kryształ, obrasta powierzchnię węgla.

MMP: Co więcej, dodatek nanomateriałów węglowych zwiększa nam przewodnictwo elektryczne, przez co możliwa jest elektrokataliza. Zazwyczaj proces katalizy przebiega tak, że po dodaniu katalizatora do reagentów przyspieszamy otrzymanie odpowiedniego produktu. W elektrokatalizie reakcje przebiegają dzięki przepływowi elektronów. Docelowo chcielibyśmy stosować procesy foto-elektrokatalizacyjne. „Foto-elektro” oznacza, że nasz materiał pod wpływem promieniowania słonecznego i reakcji elektrochemicznej będzie w stanie wydzielać wodór z wody. Taki proces jest znany i przeprowadzany, ale elektroliza wody jest robiona na elektrodach platynowych, co jest drogie, więc przemysłowo nie jest najkorzystniejsze. Natomiast disiarczek molibdenu jest półprzewodnikiem, który absorbuje część promieniowania słonecznego, a jego połączenie z nanomateriałami węglowymi zwiększa przewodnictwo elektryczne takiego katalizatora. Oznacza to, że dzięki energii z promieniowania słonecznego i prądu będziemy mogły wydzielać wodór z wody przy ograniczonym koszcie w stosunku do platyny.

**Teraz już bardziej rozumiem ten fragment dotyczący „niskich kosztów”. Skąd pomysł na tego typu rozwiązanie?**

MMP: Przede wszystkim stąd, że u nas na Wydziale pracuje grupa, która mocno rozwija temat reaktorów zderzeniowych: badane są przepływy, mieszanie, kinetyka reakcji. Pomysł na wykorzystanie reaktorów zderzeniowych do produkcji disiarczku molibdenu zaproponował nasz szef, profesor Łukasz Makowski po natknięciu się na artykuł na ten temat. Kiedy się udało, zaczęliśmy rozwijać tę metodę, np. poprzez przeprowadzenie syntezy w obecności nanomateriałów węglowych, ponieważ mam wiedzę z tego zakresu. Bardzo nas zaciekał ten temat i dlatego się tym zajęliśmy.

ZB: To też jest dosyć trudne dla nas, ponieważ na naszym Wydziale do tej pory nie było podobnych badań. Idąc na doktorat musiałam otrzymać zgodę od dr Mazurkiewicz-Pawlickiej i profesora Makowskiego, żebym podjęła się tematu, który jest dla nas nowy i istniało niebezpieczeństwo, że może się nie powieść. Akurat się udało, ale mogło być różnie. Jestem bardzo wdzięczna i szczęśliwa, że się udało, że się podjęliśmy takiego zadania.

**Podoba mi się w tej opowieści, jak oddaje proces naukowy: przeglądamy, co kto ciekawego bada, próbujemy powtórzyć dany eks-**

**peryment u siebie, a kiedy się udaje – szukamy zastosowań. Co jest największą innowacją w opracowanym przez Was rozwiązaniu?**

MMP: Materiały, nad którymi pracujemy są już stosowane do reakcji wydzielania wodoru. Nowością jest właśnie zastosowanie reaktorów zderzeniowych. Według naszej wiedzy jesteśmy jedyną grupą naukową, która stosuje reaktory zderzeniowe do produkcji takich materiałów. Przeszukaliśmy bardzo dużo literatury naukowej, długo to trwało, do tej pory nie natknęliśmy się na grupę, która by w ten sposób syntezowała takie materiały, z disiarczku molibdenu i nanomateriałów węglowych.

ZB: Inni naukowcy stosują metody, dzięki którym otrzymuje się na przykład czystszy lub lepszy produkt. Ale metodą produkcji jednego kryształu disiarczku molibdenu nie da się zrewolucjonizować przemysłu. To jest nasza mocna strona: skalowalność, cena i rezultaty.

**Czyli wróciłyśmy do hasła przewodniego: czysty wodór niskim kosztem.**

MMP: Tak. Pozostałe metody są kosztowne, wymagają np. wysokiego ciśnienia albo temperatury. U nas synteza się odbywa w temperaturze pokojowej. Nawet, jeżeli nasz produkt nie jest tak czysty jak pozyskany tymi metodami, to fakt, że trudno je

„Pozostałe metody są kosztowne, wymagają np. wysokiego ciśnienia albo temperatury. U nas synteza się odbywa w temperaturze pokojowej. Mamy możliwość wprowadzenia naszego rozwiązania na większą skalę, co może przyczynić się do obniżenia kosztów i zastąpienia platyny w reakcji wydzielania wodoru”.

przenieść do przemysłu stanowi naszą przewagę. My mamy możliwość wprowadzenia naszego rozwiązania na większą skalę, co może przyczynić się do obniżenia kosztów i zastąpienia platyny w reakcji wydzielania wodoru.

**W jaki sposób wyniki badań mogą się przysłużyć ludziom, wpłynąć na naszą codzienność? Wspominała Pani paliwo do samochodów, ogrzewanie domów. Czyli mówimy o zapewnieniu różnych źródeł energii?**

MMP: Tak, wynalazek docelowo umożliwi pozyskiwanie czystej energii: „czystej” czyli bez emisji dwutlenku węgla. Przyczyni się do tego, że nasze samochody jadąc nie będą wydzielały dwutlenku węgla, bo będą korzystały z wodoru w ogniwach paliwowych. Ale ogniwa paliwowe są różne: mogą zasilać telefony, domy, hale przemysłowe. Dlatego głównym zastosowaniem wodoru otrzymanego przy użyciu naszych katalizatorów są ogniwa paliwowe. Rozwiązanie przyda się również naukowcom, którym bardzo często potrzebny jest czysty wodór do analiz.

**No dobrze, mówimy „ogniwo paliwowe” i podajemy przykłady: telefony, samochody, hale przemysłowe. Ale hale przemysłowe mamy przecież podpięte do sieci energetycznej, telefony działają na baterie, a samochody na benzynę albo też na baterię.**

MMP: Obecnie w telefonie jest bateria, którą podpina się do prądu, by ją naładować. W przypadku ogniwa paliwowego niepotrzebne jest podłączenie do prądu, wystarczyłoby naładować paliwo, a prąd byłby wytwarzany. Były już takie konstrukcje, w większości prototypowe, gdzie do zasilania telefonu użyto ogniwa paliwowego. Wtedy telefon działałby bez ładowania, aż skończyłoby się paliwo. Oczywiście wodór jest tu problematyczny ze względu na sposób przechowywania paliwa, ale są też inne ogniwa pa-

**„Wynalazek docelowo umożliwi pozyskiwanie czystej energii: „czystej” czyli bez emisji dwutlenku węgla. Przyczyni się do tego, że nasze samochody jadąc nie będą wydzielały dwutlenku węgla, bo będą korzystały z wodoru w ogniwach paliwowych”.**

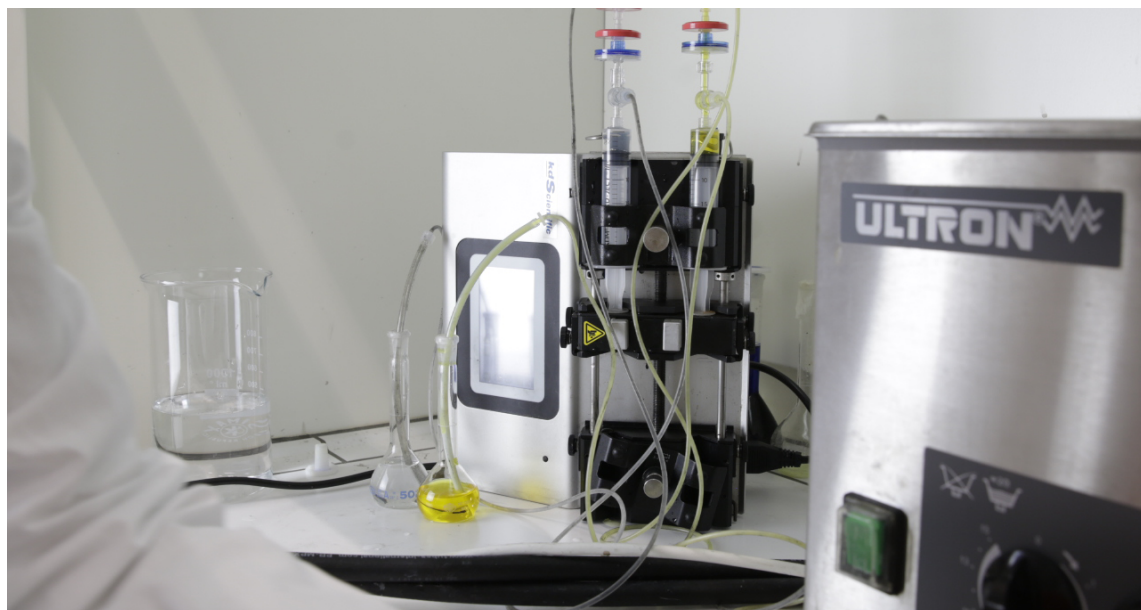
liwowe wykorzystujące np. metanol, etanol czy kwas mrówkowy.

ZB: Są też inne zastosowania naszego materiału, o których warto wspomnieć. Disiarczek molibdenu ma

bardzo dobre właściwości smarne, więc ma zastosowanie jako dodatek do olejów silnikowych, zapewniający zmniejszenie zużycia silników, elementów smarowanych i ich dłuższą żywotność. Podobnie jak grafen, disiarczek molibdenu tworzy płaskie powierzchnie i formuje stos, ale między powierzchniami są bardzo słabe wiązania, co powoduje, że poszczególne warstwy bardzo łatwo się rozjeżdżają. Dodatek nanomateriałów węglowych pomaga utworzyć stabilną zawieszoną cząstek smarnych w oleju, dzięki czemu możliwe będzie uzyskanie bardziej jednorodnego produktu. Może też być zastosowany jako smar stały w przestrzeni kosmicznej.

**Co spowodowało, że postanowiliście się zająć badaniami naukowymi?**

MMP: Na IV roku po obojętnych praktykach, które odbywałam w dużej firmie, stwierdziłam, że praca w przemyśle wiąże się z mnóstwem papierkowej roboty i powtarzaniem ciągle tych samych czynności. Nie dawało to zbyt szerokiego pola do rozwoju. Po rozpoczęciu pracy naukowej w laboratorium w ramach przygotowywania pracy magisterskiej na Wydziale Chemicznym PW stwierdziłam, że jest to idealne zajęcie dla mnie. Po obronie udało mi się dołączyć do dwóch dużych projektów realizo-



wanych na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW związanych z nanomateriałami węglowymi. Dzięki temu udało mi się zrobić tam doktorat i zająć się tematyką nanomateriałów węglowych i katalizatorów.

ZB: Bardzo podobnie zaczęłam. Po II roku poszłam na staż do firmy przemysłowej jako stażystka i praktycznie przez całe studia pracowałam w przemyśle. Mogłam dostrzec, że wszystko było w biegu, nie zawsze dopracowane, jak powinno. Trochę mnie to przeraziło, że może nie być czasu, by doszlifować dany produkt czy projekt. Pod koniec studiów zaczęłam współpracę z dr Mazurkiewicz-Pawlicką przy mojej pracy magisterskiej, przez co zobaczyłam zupełnie inny sposób pracy – że jak coś nam nie wychodzi, to cofamy się o krok i szukamy błędu. Tak, żeby faktycznie na koniec nie musieć świecić oczami, że coś jest nie tak, jak to jak się obiecywało.

### **Na czym polega rola naukowca?**

MMP: Na badaniu tajemnic wszechświata. Chociaż to badanie tajemnic wszechświata, to zostawiam fizykom cząstek elementarnych. Drugą rolę jest ułatwienie życia ludziom poprzez wprowadzanie różnych innowacji. No i trzecia rola: w prosty sposób przekazywać ludziom skomplikowaną wiedzę, żeby potrafili zrozumieć, co stoi za wynalazkami i innowacjami, które polepszają jakość naszego życia. Ale jak to zrobić? No to jest problematyczne.

### **A jak wybrnąć z takiej sytuacji, kiedy ktoś zobaczy materiał, nieoparty badaniami, w którym pojawia się mnóstwo naukowych terminów w paranaukowym lub wręcz nie-naukowym kontekście, a ten ktoś w to wierzy?**

ZB: Trudno jest z takimi osobami wchodzić w dialog, bo one są przeko-

nane do swoich rąk. Dla mnie bardzo istotne jest to, co już się dzieje: festiwal naukowy, dni otwarte dla dzieci, które mogą zainteresować najmłodszych, pokazać, że nauka nie jest nudna i skomplikowana. W kole naukowym często pracowałam z dziećmi - widziałam ich twarze przy eksperymentach naukowych, widziałam jak były zainteresowane, jak się cieszyły tym, że coś np. zmienia kolor. I myślę, że to jest bardzo ważne, żeby już na tak wczesnym etapie wzbudzić chęć szukania odpowiedzi.

MMP: Sądzę, że tutaj terminem jest „praca u podstaw”. Naprawdę trzeba od najmłodszych lat w dzieciach wzbudzać tę ciekawość, pokazywać różne eksperymenty i próbować je wytłumaczyć naukowo. Ja też brałam udział w projekcie popularyzującym nanotechnologie w szkołach podstawowych, w gimnazjach. Był taki rekwizyt: drucik z metalu z pamięcią kształtu, który się wyginało a on pod wpływem ciepła wracał do swojego kształtu. Małe dzieci podbiegały i na widok świeczki potrzebnej do podgrzania drucika reagowały żywiołowo: „wow, a co to?” To mi się tak podobało, ta ich ciekawość. Wszystkie dzieci od małego są tak ciekawe świata i najlepiej by było rozwijać to już od najmłodszych lat.

**Pokazywać, zachęcać, albo przynajmniej nie zabić entuzjazmu.**

ZB: Przykładowo, ja jestem wychowana w Warszawie, więc mogę powiedzieć że od początku miałam wiele możliwości, ale niektóre dzieci nie mają. Te-

raz, jak mam porównanie swojego pokolenia i tego, które jest w podstawówce to widzę, że za moich czasów nie było takiego zainteresowania nauką. Kiedyś, jak ktoś się dobrze uczył to automatycznie był niezbyt lubianą osobą. A teraz jest zupełnie odwrotnie. Może nie wszędzie, ale zaczyna być inaczej, coś się zmienia.

**Czy zdradzą Panie z jakiego osiągnięcia są najbardziej dumne?**

MMP: Ja jestem najbardziej dumna z tego, że udało mi się skończyć doktorat, że tematyka była bardzo ciekawa, że nie chciałam jej porzucić. Zajmowałam się katalizatorami do niskotemperaturowych ogniw paliwowych i mocno weszłam w tematykę nanomateriałów węglowych.

ZB: Może to zabrzmie dosyć sztampowo, ale najbardziej się cieszę z tego, że będę robić badania. Najbardziej to jestem dumna z tego, że udało nam się tworzyć grupę badawczą, która się lubi i współpracuje prężnie, bez żadnych problemów. Że lubię przychodzić do pracy.

MMP: Tak, ja też jestem z tego dumna.

**Rozmowę przeprowadziła:**  
dr Aleksandra Wycisk  
(DBA CZliTT PW)