

### [Akceptuję](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)  
[.net](#)  
[Innowacje](#)  
[Nauka](#)  
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Edukacja](#)

## Użyteczne związki organiczne z gazów cieplarnianych

Dwutlenek węgla i metan to duet, który najczęściej pojawia się w rozmowach o ociepleniu klimatu. Naukowcy z Polski, Czech i Francji pokazują jednak, że w odpowiednich warunkach oba gazy mogą stać się surowcem. Potrzebny jest katalizator, który uruchomi reakcję CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub> we właściwym kierunku i pozostanie trwały.

CO<sub>2</sub> jest związkiem bardzo stabilnym chemicznie, dlatego trudno go aktywować i skłonić do reakcji w łagodnych warunkach. Metan (CH<sub>4</sub>) również jest mało reaktywny, ponieważ ma silne wiązania

C-H. Łatwo go spalić, ale znacznie trudniej selektywnie przekształcić w bardziej wartościowe produkty bez pełnego utlenienia. Z tego powodu jednoczesne zagospodarowanie CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub> w kierunku użytecznych związków należy do trudniejszych problemów współczesnej katalizy.

W najnowszej pracy w *Applied Catalysis B: Environment and Energy* naukowcy z Uniwersytetu Jagiellońskiego we współpracy z kolegami z Czech i Francji proponują reakcję, w której metan jest źródłem atomów wodoru, a CO<sub>2</sub> dostarcza atomów węgla i tlenu. W obecności odpowiedniego katalizatora te dwa gazy mogą zostać przekształcone w tlenowe związki organiczne o wartości przemysłowej, takie jak metanol i kwas octowy, zamiast szkodzić klimatowi w formie gazów cieplarnianych.

Kluczem jest zeolit o nazwie ferrieryt (FER). Zeolity to minerały o bardzo uporządkowanej, porowatej strukturze. Można myśleć o nich jak o kamiennych gąbkach z kanałami i wnękami o określonych rozmiarach. W tych wnękach da się umieścić atomy metali, które pełnią rolę aktywnych centrów katalitycznych. W tym badaniu takim metalem jest żelazo, a katalizator nazywa się Fe-FER. Kluczowa teza badaczy jest prosta: katalizator musi być dwufunkcyjny. Z jednej strony ma umożliwić reakcje utleniania i zmiany stanu żelaza (to część redoks), a z drugiej ma zapewnić miejsca w strukturze (tzw. miejsca kwasowe Bronsteda), potrzebne do kolejnych etapów wytwarzania wartościowych produktów.

Aktywne miejsce katalityczne nie ma jednej, stałej postaci. W zeolicie FER atomy żelaza mogą zmieniać swoją lokalną koordynację i położenie w kanale. W obecności CO<sub>2</sub> przemieszczają się między sąsiednimi pozycjami w obrębie pierścieni tworzących kanały, a jednocześnie zmienia się ich stan elektronowy (np. stopień utlenienia i rozkład ładunku). Dzięki tym zmianom atom żelaza w centrum aktywnym może lepiej uczestniczyć w kolejnych etapach reakcji.

Naukowcy pokazują to kilkoma niezależnymi metodami. Widzą produkty i pośrednie etapy reakcji na żywo, w trakcie działania katalizatora (in situ FTIR-MS), a jednocześnie obserwują stan żelaza i jego otoczenie dzięki spektroskopii Mössbauera oraz dyfrakcji neutronowej. Równolegle prowadzą obliczenia wspierane modelami uczenia maszynowego (potencjały międzyatomowe), które pomagają wskazać, jakie formy pośrednie są najbardziej prawdopodobne.

Co z tego wynika? Fizycy i chemicy proponują sekwencję zdarzeń, która tłumaczy logikę katalizatora. Najpierw CO<sub>2</sub> oddziałuje z centrami żelaza i sprzyja powstaniu pośrednich form w rodzaju (wodoro)węglanów. Zmieniają one lokalne otoczenie atomu żelaza w zeolicie i przesuwiają go do konfiguracji, w której łatwiej zachodzi aktywacja metanu. W tak przygotowanym centrum metan może zostać przekształcony do metanolu. Następnie metanol, na sąsiednich miejscach kwasowych Bronsteda w zeolicie, może ulegać karbonylacji (wprowadzeniu grupy karbonylowej CO do cząsteczki) i prowadzić do powstawania kwasu octowego. Przy wyższych temperaturach część metanolu zamiast tego przechodzi w reakcje typu MTO, co zwiększa udział olefin, takich jak etylen i propen. W części podsumowującej swojego artykułu autorzy wskazują, że metanol pojawia się jako pierwszy (około 170 st. C), a kwas octowy później (około 230 st. C). Powyżej 300 st. C coraz istotniejsze stają się przemiany prowadzące do olefin.

Wyniki prac dowodzą, że jeśli chcemy przerabiać stabilne cząsteczki (CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub>) na użyteczne chemikalia, musimy rozumieć katalizator jako dynamiczny układ, który dopasowuje się do reagujących cząsteczek. Im lepiej umiemy uchwycić te drobne zmiany - przesunięcie atomu żelaza, lekkie utlenienie, pojawienie się pośredniego węglanowego etapu - tym rozsądniej możemy projektować materiały, które będą działały selektywnie (czyli produkowały to, co chcemy), przy łagodniejszych warunkach i z większą kontrolą reakcji.

Z perspektywy ekologii ważne jest to, że praca pokazuje możliwą ścieżkę chemicznego

wykorzystania dwóch gazów cieplarnianych: CO<sub>2</sub> i metanu. Zamiast traktować je wyłącznie jako odpady, można myśleć o nich jak o surowcach do wytwarzania związków o wartości przemysłowej, co w dłuższym horyzoncie może wspierać gospodarkę obiegu zamkniętego w chemii. Trzeba jednak pamiętać, że bilans środowiskowy zależy od warunków procesu: źródła energii, czystości strumieni gazów i tego, czy metan nie ucieka po drodze do atmosfery. Jeśli te elementy są dopracowane, takie katalityczne procesy mogą jednocześnie ograniczać emisje i zmniejszać presję na surowce kopalne w produkcji podstawowych chemikaliów.

Źródło: pap.pl

<https://laboratoria.net/edukacja/32743.html>

**Informacje dnia:** [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#) [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#) [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#)

## **Partnerzy**