



Kraków, 24 stycznia 2024

Magnez nadal ma szansę stać się wydajnym magazynem wodoru

Łatwo jest z optymizmem patrzeć na wodór jako paliwo idealne. Znacznie trudniej jest zaproponować rozwiązanie problemu absolutnie podstawowego: jak to paliwo efektywnie magazynować? Szwajcarsko-polski zespół fizyków doświadczalnych i teoretycznych znalazł odpowiedź na pytanie, dlaczego dotychczasowe próby wykorzystania w tym celu obiecującego wodoru magnezu okazały się niezadowolające – i dlaczego w przyszłości mogą się zakończyć sukcesem.

Wodór od dawna jest postrzegany jako nośnik energii przyszłości. Nim stanie się teraźniejszością energetyki, niezbędne jest jednak opracowanie wydajnych metod jego magazynowania. Optymalnym rozwiązaniem wydają się materiały dobrane w taki sposób, aby przy niewielkich kosztach energetycznych wodór można było najpierw w nie wtlaczać, a następnie odzyskiwać na żądanie, najlepiej w warunkach zbliżonych do typowych dla naszego codziennego środowiska. Obiecującym kandydatem na magazyn wodoru wydaje się magnez. Przekształcenie go w wodorek magnezu wymaga jednak użycia odpowiednio wydajnego katalizatora, którego dotychczas nie udało się znaleźć. Z prac zespołu naukowców ze Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology Empa w Dübendorf i Wydziału Chemii Uniwersytetu w Zurychu oraz Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie wynika, że przyczyna dotychczasowych, wieloletnich niepowodzeń leżała w niepełnym rozumieniu zjawisk zachodzących w magnezie podczas wtlaczenia wodoru.

Główną przeszkodą w upowszechnieniu wodoru jako źródła energii są trudności w jego magazynowaniu. We wciąż rzadko spotykanych samochodach z napędem wodorowym przechowuje się go sprężonego pod ciśnieniem około 700 atmosfer. Nie jest to metoda ani tania, ani najbezpieczniejsza, niewiele ma też wspólnego z efektywnością: w jednym metrze sześciennym znajduje się tu zaledwie 45 kg wodoru. W tej samej objętości można zmieścić 70 kg wodoru – jeśli wcześniej zostanie on skroplony. Niestety, proces skraplania wymaga dużych ilości energii, a ekstremalnie niską temperaturę, na poziomie około 20 kelwinów, trzeba później utrzymywać przez cały czas magazynowania. Alternatywą mogłyby być odpowiednie materiały, na przykład wodorek magnezu, w którym metrze sześciennym może się znaleźć nawet 106 kg wodoru.

Wodorek magnezu należy do najprostszych materiałów spośród badanych pod kątem możliwości magazynowania wodoru. Zawartość tego pierwiastka może tu osiągnąć wartość 7.6% (wagowo). Urządzenia z wodorkiem magnezu są więc dość ciężkie i dlatego nadają się głównie do zastosowań stacjonarnych. Ważny jest jednak fakt, że wodorek magnezu jest substancją bardzo bezpieczną i może być bez ryzyka przechowywany na przykład w piwnicy, a sam magnez jest metalem łatwo dostępnym i tanim.

„Badania nad wprowadzaniem wodoru do magnezu trwają od dekad, mimo to nie zaowocowały rozwiązaniami mogącymi liczyć na szersze użycie”, mówi prof. dr hab. Zbigniew Łodziana (IFJ PAN), fizyk-teoretyk będący współautorem artykułu w czasopiśmie „Advanced Science”, gdzie za-

prezentowano najnowsze odkrycie. „Jednym ze źródeł kłopotów jest sam wodór. Pierwiastek ten potrafi efektywnie wnikać w strukturę krystaliczną magnezu, ale tylko wtedy, gdy występuje w postaci pojedynczych atomów. Żeby je otrzymać z typowego, cząsteczkowego wodoru, niezbędny jest katalizator wystarczająco wydajny, by proces migracji wodoru w materiale był szybki i energetycznie opłacalny. Wszyscy szukali więc katalizatora spełniającego powyższe warunki, niestety bez większych sukcesów. Dziś wreszcie wiemy, dlaczego te próby były skazane na niepowodzenie”.

Prof. Łodziana opracował nowy model procesów termodynamicznych i elektronowych zachodzących w magnezie w kontakcie z atomami wodoru. Model przewiduje, że w trakcie migracji atomów wodoru w materiale powstają lokalne, termodynamicznie stabilne klastry wodoru magnezu. Na granicach między metalicznym magnezem a jego wodorkiem dochodzi wówczas do zmian w strukturze elektronowej materiału i to właśnie one mają znaczący udział w redukowaniu mobilności jonów wodoru. Innymi słowy, o kinetyce formowania się wodoru magnezu decydują przede wszystkim zjawiska na jego granicy z magnezem. Efekt ten dotychczas nie był uwzględniany przy poszukiwaniach wydajnych katalizatorów.

Prace teoretyczne prof. Łodziana są dopełnieniem eksperymentów wykonanych w szwajcarskim laboratorium w Dübendorfie. W komorze ultrawysokiej próżni badano tu migrację atomowego wodoru w warstwie czystego magnezu napyłonego na pallad. Aparatura pomiarowa była zdolna rejestrować zmiany stanu kilku zewnętrznych warstw atomowych badanej próbki, spowodowane tworzeniem się nowego związku chemicznego i związanymi z tym transformacjami struktury elektronowej materiału. Model zaproponowany przez badacza z IFJ PAN pozwolił w pełni zrozumieć wyniki doświadczeń.

Osiągnięcia szwajcarsko-polskiej grupy fizyków nie tylko wytyczają ścieżkę nowych poszukiwań optymalnego katalizatora dla wodoru magnezu, ale także tłumaczą, dlaczego niektóre z wcześniej znalezionych katalizatorów wykazywały się większą wydajnością niż oczekiwana.

„Wiele wskazuje na to, że brak znaczących postępów w magazynowaniu wodoru w magnezie i jego związkach wynikał po prostu z naszego niepełnego rozumienia procesów zachodzących w tych materiałach w trakcie transportu wodoru. Przez dziesiątki lat wszyscy szukaliśmy lepszych katalizatorów, tyle że nie tam, gdzie powinniśmy szukać. Teraz nowe wyniki teoretyczne i doświadczalne pozwalają znów z optymizmem myśleć o dalszym udoskonalaniu metod wprowadzania wodoru do magnezu”, podsumowuje prof. Łodziana.

Po stronie polskiej badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki, po stronie szwajcarskiej przez Swiss National Science Foundation.

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 MEIN Instytut został zaliczony do najwyższej kategorii naukowej A+ w obszarze nauk fizycznych.

KONTAKT:

prof. dr hab. **Zbigniew Łodziana**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628267
email: zbigniew.lodziana@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

„Why Hydrogen Dissociation Catalysts do not Work for Hydrogenation of Magnesium”
S. Kazaz, E. Billeter, F. Longo, A. Borgschulte, Z. Łodziana
Advanced Science, 2304603, 2023
DOI: [10.1002/advs.202304603](https://doi.org/10.1002/advs.202304603)

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:

IFJ240124b_fot01s.jpg **HR:** http://press.ifj.edu.pl/news/2024/01/24/IFJ240124b_fot01.jpg
Migrację wodoru w warstwie czystego magnezu badano spektroskopią elektronową w komorze ultrawysokiej próżni w Dübendorfie. (Źródło: Empa / AB / IFJ PAN)

IFJ240124b_fot02s.jpg **HR:** http://press.ifj.edu.pl/news/2024/01/24/IFJ240124b_fot02.jpg
Wizualizacja rozmieszczenia wodoru (niebieski) w sieci krystalicznej magnezu: obszary magnezu i wodoru magnezu są wyraźnie rozgraniczone. Kolorem beżowym wyróżniono atomy magnezu po zjonizowaniu. (Źródło: IFJ PAN / ZŁ)