



ZEROEMISYJNE POJAZDY NAPĘDZANE WODOREM

→ Wodór jest najczęściej występującym w Układzie Słonecznym, a zarazem najprostszym pierwiastkiem – składa się z jednego protonu (cząsteczka z ładunkiem dodatnim) i jednego elektronu (cząsteczka naładowana ujemnie). Na Ziemi wodór możemy spotkać w formie gazu oraz pierwiastku, który współtworzy inne związki, np. wodę, ropę naftową czy metan. Jest najlżejszym znanym pierwiastkiem (14 razy lżejszym od powietrza), do tego bezbarwnym, bezwonny i nietoksyczny.

Warto zapamiętać

Wodór nie jest źródłem energii, tylko jej nośnikiem.

Dlaczego wodór tak się nazywa?

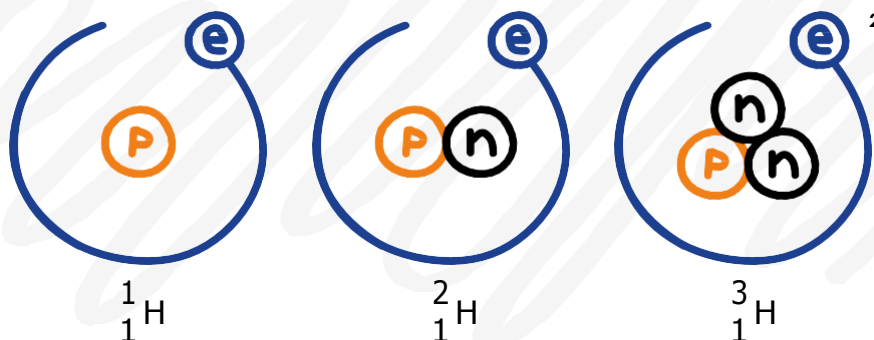
Łacińska nazwa tego pierwiastka to *hydrogenium*, czyli dosłownie „tworzący wodę”. Stąd też w wielu językach, nie tylko polskim, w nazwie pierwiastka „widzimy” i „słyszymy” wodę, np. w *hydrogen* (po angielsku), *Wasserstoff* (po niemiecku) czy *vodík* (po czesku).

Wodór występuje też w otaczającym nas powietrzu, ale jest go w nim bardzo mało. W 2 milionach różnych cząsteczek wchodzących w skład powietrza znajdziemy zaledwie jedną cząsteczkę wodoru¹.

¹ [b.a.], *Powietrze atmosferyczne*, https://zasoby1.open.agh.edu.pl/dydaktyka/chemia/a_e_chemia/9_ochrona_srodowiska/02_01_00.htm (dostęp: 7.10.2020 r.); zawartość wodoru w powietrzu to 0,5 ppm (*parts per milion*).

WODÓR W TRZECH POSTACIACH

→ Wiele pierwiastków może występować w różnych odmianach. Są to tak zwane izotopy. Różnią się one między sobą liczbą protonów i neutronów w jądrze atomowym. Wodór w naturalnych warunkach występuje pod postacią trzech izotopów, które nazywają się prot, deuter i tryt.



Prot występuje najczęściej i stanowi 99,98% wszystkich atomów wodoru na Ziemi. Deuteru są na naszej planecie śladowe ilości (nawet w zwykłej wodzie – ta, która zawierająca znaczne ilości atomów deuteru, nazywana jest ciężką wodą). Tryt z kolei jest bardzo rzadko spotykany, ale zdaje się, że to dobrze, bo jedna z jego właściwości to radioaktywność.

Wodór w statkach powietrznych

Pod koniec XVIII wieku świat zobaczył pierwszy balon wypełniony wodorem. Udało nim się nawet polecieć na wysokość ponad 500 metrów. Nieco później, na początku XX wieku, powstały sterowce wypełnione wodorem (ale napędzane silnikiem diesla). Największymi i najsłynniejszymi sterowcami przewożącymi ludzi były niemieckie maszyny nazwane Hindenburg i Graf Zeppelin. Katastrofa Hindenburga, podczas której doszło do wybuchu wodoru, spowodowała jednak porzucenie tego sposobu transportu ludzi.

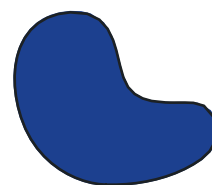


² [b.a.], Izotopy wodoru, https://pl.wikipedia.org/wiki/Izotopy_wodoru (dostęp: 7.10.2020 r.).



IDEA POJAZDU NAPĘDZANEGO WODOREM

- Pojazdy napędzane wodorem są bardzo podobne do pojazdów elektrycznych. W nich również najważniejszą rolę odgrywa prąd elektryczny. Różnica jest taka, że w pojazdach elektrycznych prąd pochodzi z baterii albo bezpośrednio z przewodów zasilających. W pojazdach zasilanych wodorem prąd wytwarzany jest bezpośrednio w pojeździe. Jakim cudem? Potrzebne są do tego ogniwa paliwowe.



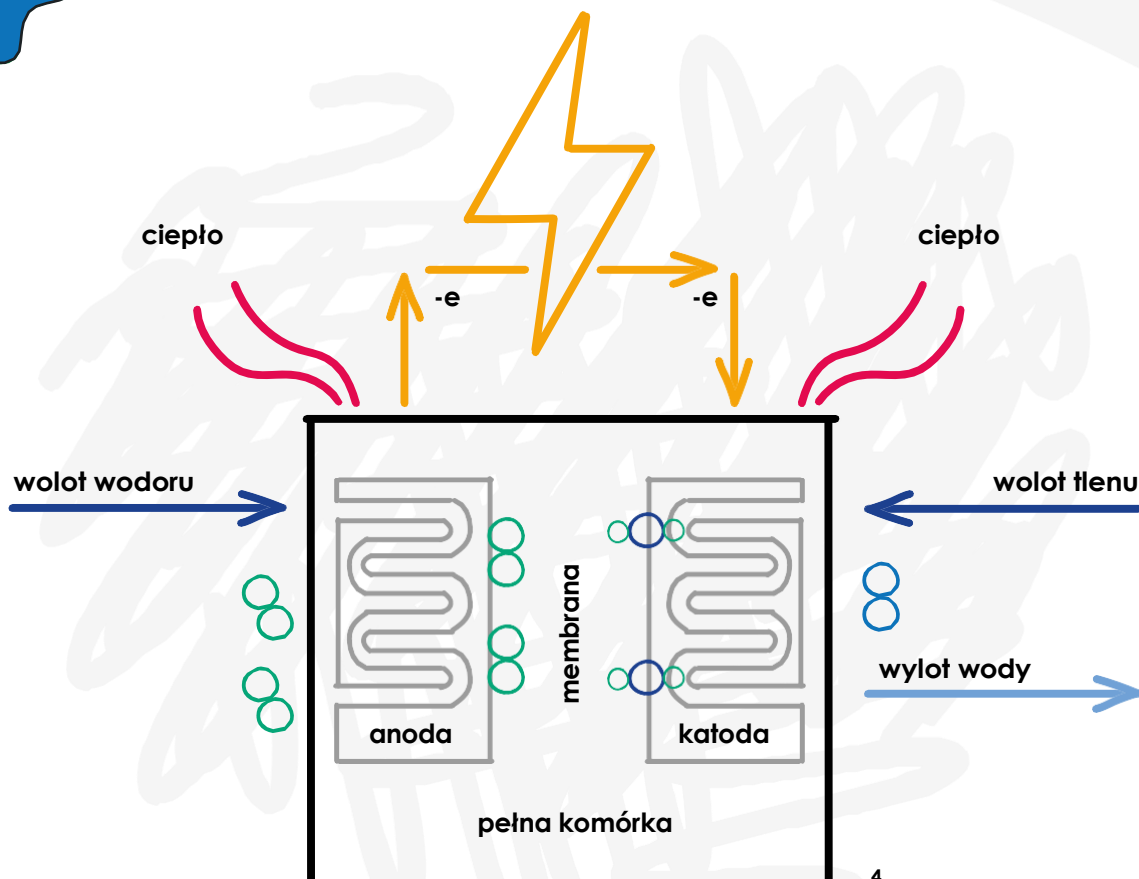
OGNIWA PALIWOWE – JAK DZIAŁAJĄ?

- Ogniwa paliwowe zostały wynalezione już w XIX wieku, ale dopiero podczas amerykańskiego programu kosmicznego w latach 60-tych XX wieku znalazły praktyczne zastosowanie. Jeszcze później zaczęto rozważać zastosowanie ich jako źródła energii w pojazdach³.

Ogniwo paliwowe składa się z dwóch elektrod – ujemnej anody i dodatniej katody.

Są one rozdzielone specjalną membraną, która przepuszcza protony (dodatnie cząstki), a nie pozwala przeniknąć elektronom. W wyniku reakcji chemicznej wodoru (pobranego ze zbiornika) z tlenem (pochodzącym z powietrza) powstaje energia elektryczna (czyli elektrony) oraz czysta woda (powstała z połączenia atomów tlenu z atomami wodoru). Brzmi to skomplikowanie, ale schemat pomoże to zrozumieć.fghdgjdgjmfh





Ciekawostka

Możliwe jest także spalanie wodoru, tak jak zwykłej benzyny, bezpośrednio w silniku. To nowatorskie rozwiązanie zastosowano w takich autach, jak BMW serii 7 Hydrogen oraz Mazda RX8 Hydrogen. Nie zyskały one jednak popularności ze względu na wysokie koszty i niską sprawność.

W pojeździe napędzanym wodorem znajduje się wiele ogniw paliwowych. Wygenerowany w nich prąd napędza silniki elektryczne w pojeździe i tym samym wprawia go w ruch. Pozostaje tylko pytanie: skąd wziąć wodór?



SKĄD WZIĄĆ WODÓR?

→ Jak już wiemy, wodór jest jedną z najczęściej występujących we wszechświecie cząsteczek. Nie oznacza to jednak, że można o tak zatankować go sobie do zbiornika paliwa i pojechać w siną dal. Wodór trzeba wyprodukować. Obecnie najpopularniejsze są dwie metody jego produkcji:

- **Reforming parowy** – proces, w którym w bardzo wysokiej temperaturze (700-1000°C) z metanu i pary wodnej uzyskuje się wodór. Metan pochodzi z gazu ziemnego, a więc nie jest to zbyt ekologiczne źródło. Na ten moment jest to jednak najtańsza metoda pozyskiwania wodoru⁵.
- **Elektroliza wody** – reakcja, która zachodzi pod wpływem energii elektrycznej w urządzeniu zwanym elektrolizerem. Woda jest w nim rozbijana na atomy wodoru oraz tlenu. Można uznać, że jest to odwrotny proces w stosunku do tego, który zachodzi w ogniwie paliwowym. Najbardziej ekologicznym rozwiązaniem przy produkcji wodoru podczas elektrolizy jest wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Niestety, technologia jest nadal bardzo droga⁶.

PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA WODORU DO NAPĘDZANIA POJAZDÓW

Pojazdy elektryczne z ogniwami paliwowymi zostały uznane za obiecującą technologię. Takie auta już istnieją i oferuje je kilka koncernów samochodowych.

Auta na wodór

Modele aut na wodór:

Toyota Mirai (II generacja): najpopularniejszy model w Polsce, sedan o zasięgu ok. 650 km, dostępny w salonach.

Hyundai Nexo: wodorowy SUV, zasięg ponad 600 km, sprzedawany w wybranych krajach europejskich.

Honda Clarity Fuel Cell : model dostępny w wersji azjatyckiej i amerykańskiej.

Mercedes-Benz GLC F-CELL : wtyczka hybrydowa (wodór + prąd z gniazdka), produkowana w ograniczonym zakresie.

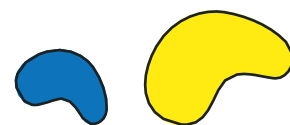
BMW iX5 Hydrogen: Model testowy/małoseryjny oparty na BMW X5.

Pojawiają się także pomysły na auta dostawcze zasilane wodorem. Takie auta były testowane w Stanach Zjednoczonych przez firmę kurierską UPS⁸. Powstała również wodorowa ciężarówka nazwana Nikola One. Może ona przejechać prawie 2000 kilometrów na jednym tankowaniu wodoru⁹.



NA ORYGINALNY POMYSŁ WPADŁA TEŻ AMERYKAŃSKA ARMIA, KTÓRA ZBUDOWAŁA PROTOTYPOWĄ TERENÓWKĘ Z WODOROWYMI OGNIWAMI PALIWOWYMI. W RAZIE POTRZEBY MOŻE ONO STAĆ SIĘ MOBILNĄ ELEKTROWNIĄ I ZASILAC MAŁĄ BAZĘ WOJSKOWĄ⁷

Wodorowe autobusy już jeżdżą



Projekty w Europie: Niemiecka firma Alstom¹⁰, która produkuje pojazdy szynowe, zbudowała w 2016 roku pierwszy na świecie pociąg na wodór. Nazywa się on Coradia iLint. Od września 2018 roku jeździ w Niemczech na trasie o długości 100 km pomiędzy miastami Buxtehude-Bremervörde-Bremerhaven-Cuxhaven.

Dobrym przykładem na wykorzystanie wodoru w transporcie są autobusy miejskie. Autobus na ogniwa paliwowe to autobus, który wykorzystuje ogniwo paliwowe wodorowe jako źródło zasilania kół napędzanych elektrycznie, czasami wspomagane w sposób hybrydowy bateriami lub superkondensatorem.

Ze względu na emisję gazów cieplarnianych i zanieczyszczenie cząstkami stałymi wytwarzane przez autobusy z silnikiem Diesla, operatorzy transportu publicznego od początku XXI wieku przechodzą na bardziej ekologiczne i czystsze autobusy (takie jak hybrydowe autobusy elektryczne i autobusy elektryczne zasilane bateriami).

W 2020 roku na świecie w użyciu było 5648 autobusów, z tego większość w Chinach. W 2020 roku chińskie miasto Nanning ogłosiło plan wymiany całej floty 7000 autobusów elektrycznych na autobusy hybrydowe zasilane ogniwami wodorowymi i akumulatorami o lepszej wydajności.

Kluczowe informacje o autobusach wodnych w Polsce:

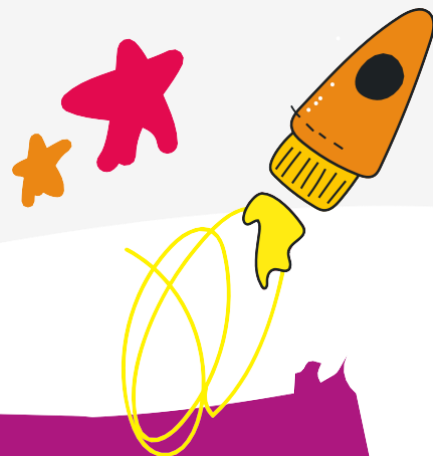
W Polsce na koniec września 2025 roku eksploatowano ponad 100 autobusów wodorowych, a ich liczba szybko rośnie dzięki dotacjom (KPO, program „Zielony Transport Publiczny”). Nowoczesne, zeroemisyjne autobusy kursują m.in. w Rybniku, Koninie, Poznaniu, Rzeszowie, Tychach i Wałbrzychu.

Produkcja: Autobusy wodne są produkowane już w Polsce: NesoBus w Świdniku, Solaris w Bolechowie, Autosan w Sanoku.

Infrastruktura (stacje tankowania): Rozwija się sieć stacji, m.in. w Poznaniu, Pile, Katowicach, Rybniku, Lublinie i Warszawie. W Krakowie funkcjonuje mobilna stacja, a Orlen intensywnie rozwija stacjonarne punkty np. w Płocku i Gdyni.

Zalety: Pojazdy te mają zasięg do 500 km na jednym tankowaniu, które trwa ok. 15 minut, emitują zaledwie parę wodną.

Wady: autobusy elektryczne zasilane bateriami mają jednak mniejszy zasięg niż autobusy z silnikiem Diesla, ładowanie trwa dłużej, a w niskich temperaturach magazynowana jest mniejsza ilość energii.



Auta dostawcze na wodór (FCEV) umożliwiają szybkie tankowanie (ok. 3-5 min) i zasięg do 400-500 km. Są bezemisyjną alternatywą dla pojazdów spalinowych. Wiodące modele: Opel Vivaro-e Hydrogen, Renault Master H2-Tech oraz nadchodzące konstrukcje Stellantis (Fiat Ducato, Citroen Jumper, Peugeot Boxer).

Dostępność stacji tankowania w Polsce jest obecnie bardzo ograniczona. Najwięcej stacji mają Niemcy (ponad 100), tworząc gęstą sieć zwłaszcza w zachodniej części kraju. Rozwój notują też Francja, Holandia, Dania, Norwegia i Wielka Brytania.

Pociąg na wodór

Pociągi wodorowe to ekologiczna alternatywa dla spalinowych składów na niezelektryfikowanych liniach, wykorzystująca ogniwa paliwowe do generowania prądu. Liderami są Niemcy.

Kluczowe informacje o pociągach wodorowych:

Technologia: Ogniwa paliwowe zamieniają wodór w prąd, napędzający silniki elektryczne, a jedyną emisją jest para wodna. Jedno tankowanie wodoru pozwala na przejechanie 1000 kilometrów.

Zastosowanie: Idealne dla tras regionalnych nieposiadających sieci trakcyjnej. Pociągi wodorowe pozwalają drastycznie zmniejszyć emisję CO₂.

Projekty w Polsce: PESA Bydgoszcz: Stworzyła pierwszą w Polsce wodorową lokomotywę manewrową SM42-6Dn.

ORLEN: Testuje wodorową lokomotywę PESY (SM42-6Dn). Pierwsze składy wodorowe mają wyjechać na tory na przełomie 2025/2026.



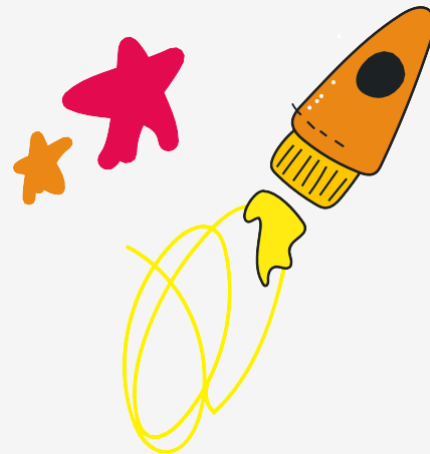
⁷ [b.a.], Armia amerykańska stawia na wodór, <https://www.green-projects.pl/armia-amerykanska-auto-wodor/> (dostęp: 7.10.2020 r.).

⁸ [b.a.], Wodorowe auto dostawcze UPS, <https://www.green-projects.pl/wodorowe-auto-dostawcze-ups/> (dostęp: 7.10.2020 r.).

⁹ [b.a.], Nikola One to Tesla wśród ciężarówek, <https://www.green-projects.pl/nikola-one-wodorowa-ciezarowka/> (dostęp: 7.10.2020 r.).

¹⁰ [b.a.], Coradia iLint - the world's 1st hydrogen powered train, <https://www.alstom.com/our-solutions/rolling-stock/coradia-ilint-worlds-1st-hydrogen-powered-train> (dostęp: 7.10.2020 r.).

¹¹ P. Orlikowski, Napęd wodorowy dla kolei. Pierwsze testy już w 2021, <https://www.money.pl/gospodarka/naped-wodorowy-dla-kolei-pierwsze-testy-juz-w-2021-6456633390479489a.html> (dostęp: 7.10.2020).



PLUSY I MINUSY POJAZDÓW NA WODÓR

+	-
szybkie tankowanie (3-5 min w przypadku auto osobowego, 10 min dla autobusu) dużo większy zasięg niż w autach elektrycznych z bateriami brak emisji zanieczyszczeń i dwutlenku węgla cicha jazda w porównaniu z pojazdami spalinowymi	brak stacji do tankowania – Polska posiada niewielką liczbę ogólnodostępnych stacji wysokie koszty zakupu pojazdów na wodór wysokie koszty budowy stacji tankowania wodoru wodór pozyskiwany jest przede wszystkim z paliw kopalnych

CZY WODÓR W POJAZDACH JEST NIEBEZPIECZNY?

→ Wodór w zbiornikach umieszczanych w pojazdach (np. pod siedzeniami, albo na dachu) znajduje się pod bardzo dużym ciśnieniem. Jest to potencjalne zagrożenie, jednak zbiorniki zostały tak konstruowane, żeby zapobiegać wybuchom (również po ich ostrzelaniu z broni palnej)¹³. Nawet jeśli zdarzyłoby się rozszczelnienie zbiornika, to z racji tego, że wodór jest lżejszy od powietrza, po prostu się on ulotni. Zdarzają się oczywiście eksplozje, ale to nie sam wodór najczęściej stanowi przyczynę, tylko błędy w konstrukcji bądź obsłudze czy użytkowaniu zbiorników z wodorem, czego przykładem jest ostatnia eksplozja na stacji w Norwegii, gdzie zwinęła konstrukcja zaworów i nieodpowiednie zabezpieczenia. Sam wybuch wywołał znacznie mniejsze zniszczenia niż inne paliwa ciekłe lub gazowe. Wodór ze względu na niską gęstość bardzo szybko ulatnia się do powietrza, tworząc jednostajnie palące się flary.

¹³ [b.a.], Stacje wodorowe w Polsce, <http://gashd.eu/wodor-h2/stacje-wodorowe-w-polsce/> (dostęp: 7.10.2020 r.).

¹⁴ [b.a.], Auta wodorowe – jak działają?, <https://www.green-projects.pl/auta-wodorowe-dzialaja/> (dostęp: 7.10.2020 r.).