



# 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 nietoksycznym.

## 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).

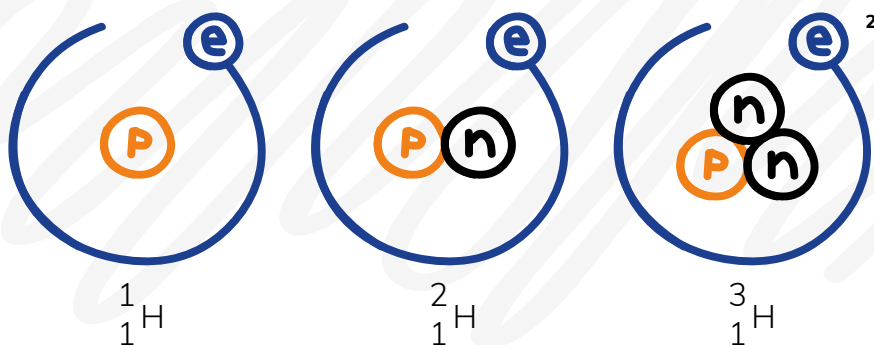
Wodór występuje też w otaczającym nas powietrzu, ale jest go w nim bardzo mało. W 2 milionach różnych cząsteczek wchodzących w skład powietrza znajdziemy zaledwie jedną cząsteczkę wodoru<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> [b.a.], Powietrze atmosferyczne, [https://zasoby1.open.agh.edu.pl/dydaktyka/chemia/a\\_e\\_chemia/9\\_ochrona\\_srodowiska/02\\_01\\_00.htm](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.

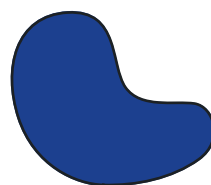


<sup>2</sup> [b.a.], Izotopy wodoru, [https://pl.wikipedia.org/wiki/Izotopy\\_wodoru](https://pl.wikipedia.org/wiki/Izotopy_wodoru) (dostęp: 7.10.2020 r.).



# 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.



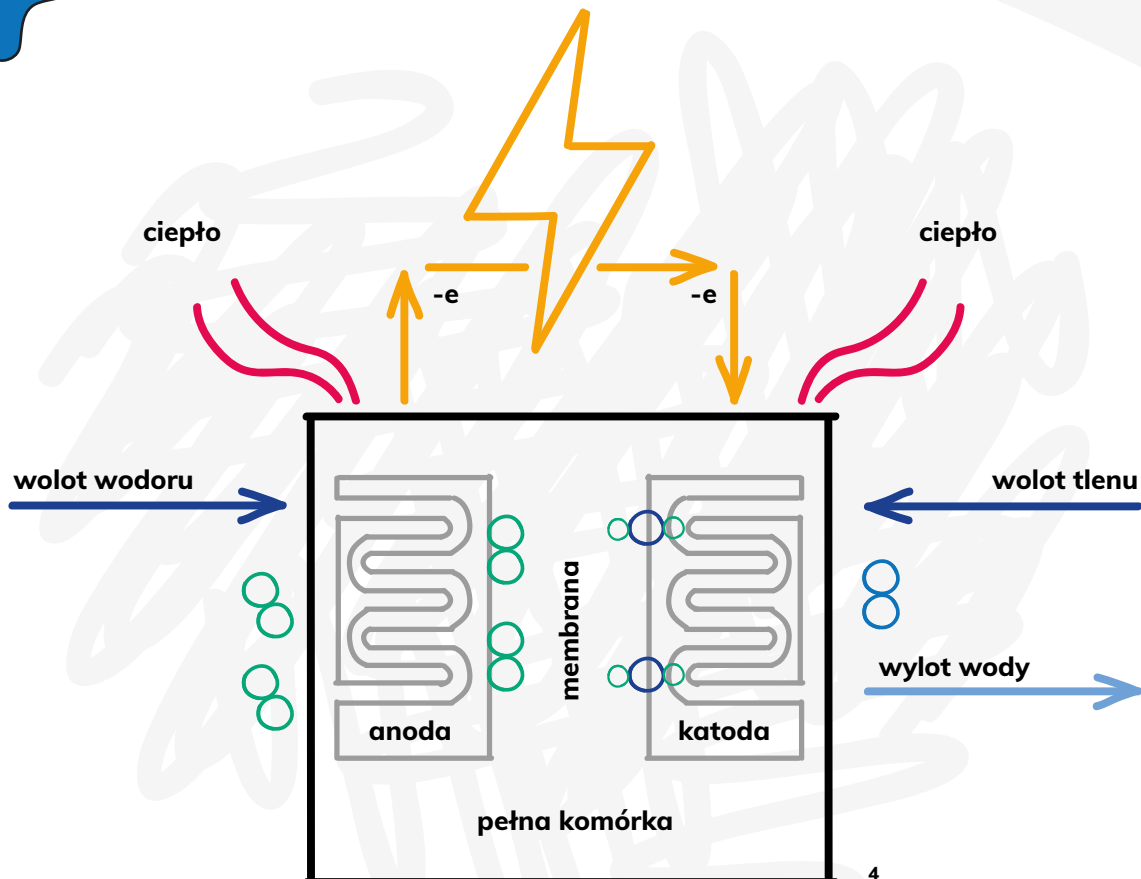
## OGNIWA PALIWOWE - JAK DZIAŁAJĄ?

- 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 źródło energii w pojazdach<sup>3</sup>.

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.



<sup>3</sup> [b.a.], Ogniwo paliwowe, [https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Ogniwo\\_paliwowe](https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Ogniwo_paliwowe) (dostęp: 7.10.2020 r.).



### 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 WZIAĆ WODÓR?

- Jak już wiemy, wodór jest jedną z najczęściej występujących we wszechświecie cząsteczek. Nie oznacza to jednak, że można ot 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 wodoru<sup>5</sup>.
  - 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 droga<sup>6</sup>.

## PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA WODORU DO NAPĘDZANIA POJAZDÓW

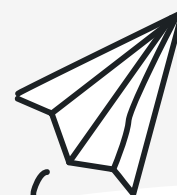
### Auta na wodór

- Pojazdy elektryczne z ogniwami paliwowymi zostały uznane za obiecującą technologię. Takie auta już istnieją i oferuje je kilka koncernów samochodowych. Obecnie można kupić takie auta, jak:
- Toyota Mirai,
  - Honda Clarity,
  - Hyundai Nexa.

W Polsce jednak są one praktycznie niedostępne, więc należy je traktować jako ciekawostkę.

<sup>5</sup> [b.a.], Reforming parowy, [https://pl.wikipedia.org/wiki/Reforming\\_parowy](https://pl.wikipedia.org/wiki/Reforming_parowy) (dostęp: 7.10.2020 r.).

<sup>6</sup> [b.a.], Auta wodorowe – jak działają?, <https://www.green-projects.pl/auta-wodorowe-dzialaja/> (dostęp: 7.10.2020 r.).



**NA ORYGINALNY POMYSŁ WPADŁA TEŻ AMERYKAŃSKA ARMIA, KTÓRA ZBUDOWAŁA PROTOTYPOWĄ TERENÓWKĘ Z WODOROWYMI OGNIWAMI PALIWOWYMI. W RAZIE POTRZEBY MOŻE ONA STAĆ SIĘ MOBILNĄ ELEKTROWNIĄ I ZASILĄĆ MAŁĄ BAZĘ WOJSKOWĄ<sup>7</sup>.**

Pojawiają się także pomysły na auta dostawcze zasilane wodorem. Takie auta były testowane w Stanach Zjednoczonych przez firmę kurierską UPS<sup>8</sup>. Powstała również wodorowa ciężarówka nazwana Nikola One. Może ona przejechać prawie 2000 kilometrów na jednym tankowaniu wodoru<sup>9</sup>.

## Pociąg na wodór

Niemiecka firma Alstom<sup>10</sup>, 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. Jedno tankowanie wodoru pozwala na przejechanie 1000 kilometrów. Ostatnio w Polsce też pojawił się pomysł, żeby zbudować takie wodorowe pociągi<sup>11</sup>. Może za parę lat zobaczymy je na szynach, także w naszym kraju.

## Wodorowe autobusy już jeżdżą

Dobrym przykładem na wykorzystanie wodoru w transporcie są autobusy miejskie. W całej Europie jeździ ich 77, ale będzie ich zdecydowanie więcej<sup>12</sup>. Co ciekawe, produkuje je także polska firma Solaris.

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

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

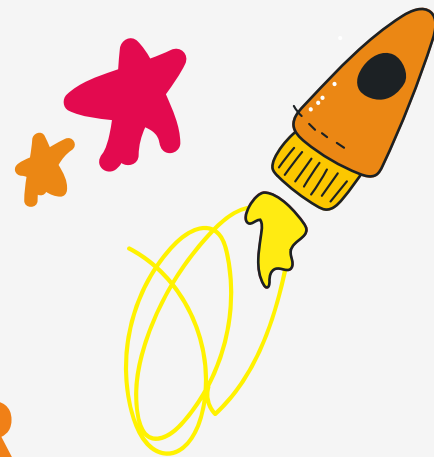
<sup>9</sup> [b.a.], Nikola One to Tesla wśród ciężarówek, <https://www.green-projects.pl/nikola-one-wodorowa-ciezarowka/> (dostęp: 7.10.2020 r.).

<sup>10</sup> [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.).

<sup>11</sup> 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 r.).

<sup>12</sup> <https://fuelcellbuses.eu/> (dostęp: 7.10.2020 r.).





## PLUSY I MINUSY POJAZDÓW NA WODÓR

+	-
<p>szybkie tankowanie (3-5 min w przypadku auto osobowego, 10 min dla autobusu)</p> <p>dużo większy zasięg niż w autach elektrycznych z bateriami</p> <p>brak emisji zanieczyszczeń i dwutlenku węgla</p> <p>cicha jazda w porównaniu z pojazdami spalinowymi</p>	<p>brak stacji do tankowania – w Polsce mamy ich tylko 9<sup>13</sup> (ale póki co nie są powszechnie dostępne); w całej Europie takich stacji jest ponad 170</p> <p>wysokie koszty zakupu pojazdów na wodór</p> <p>wysokie koszty budowy stacji tankowania wodoru</p> <p>wodór pozyskiwany jest przede wszystkim z paliw kopalnych</p>

## 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)<sup>14</sup>. 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 zawiniła 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.

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

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