

Scenariusz zajęć lekcyjnych nr 8

TEMAT LEKCJI:

Bezpieczeństwo

POZIOM EDUKACYJNY: podstawowy

GRUPA DOCELOWA: uczniowie szkół ponadpodstawowych (15-19 lat)

CZAS ZAJĘĆ: 45 minut (jednostka lekcyjna)

PRZEDMIOT: fizyka, chemia, inne zajęcia związane z tematyką energetyki i infrastruktury



Projekt dofinansowany ze środków budżetu państwa,
przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach
Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II”

MNiSW



INFORMACJE DLA NAUCZYCIELA

Co musisz wiedzieć przed zrealizowaniem zajęć?

PRZEBIEG LEKCJI

CZĘŚĆ 1

OKOŁO 15 MINUT



1. Nauczyciel rozdziela uczniów na drużyny 4-5 osobowe i przekazuje plansze z pytaniami oraz kartę odpowiedzi.
2. Uczniowie rozwiązują quiz notując odpowiedzi.
3. Nauczyciel pokazuje poprawne odpowiedzi i zlicza punkty każdej z drużyn.
4. Nauczyciel prowadzi dyskusję i zadaje pytania.

ALTERNATYWA

1. Nauczyciel rozdziela uczniom karty odpowiedzi.
2. Nauczyciel wyświetla pytania i odmierza 30 sek. na każde pytanie.

CZĘŚĆ 2

OKOŁO 15 MINUT



- Nauczyciel prowadzi dyskusję wykorzystując przykładowe pytania:
- Co to jest paliwo?
 - Jakie są zagrożenia wynikające z szybkiego uwalniania energii paliwa?
 - Jakie są zagrożenia związane z wodorem?
 - Jakie paliwa mamy w domu? (butla z gazem, gaz ziemny, węgiel, benzyna)
 - Czy butla z gazem w kuchni jest bezpiecznym rozwiązaniem?
 - Czy zbiorniki paliwa w samochodzie są bezpieczne?
 - Jakie procedury bezpieczeństwa stosowane są na stacjach paliw?
 - Czym różni się spalanie od wybuchu?

CZĘŚĆ 3

OKOŁO 15 MINUT



- Nauczyciel przeprowadza krótki wykład na bazie przygotowanej prezentacji, który pokazuje właściwości wodoru i środki bezpieczeństwa związane z technologiami wodorowymi.

GRUPA DOCELOWA:

uczniowie szkół ponadpodstawowych (15-19 lat)

CZAS ZAJĘĆ:

45 minut



PRZEDMIOT:

fizyka, chemia, inne zajęcia związane z tematyką energetyki i infrastruktury.

CEL LEKCJI / EFEKTY EDUKACYJNE:

- uczniowie poznają właściwości wodoru,
- poznają zagrożenia związane z technologiami wodorowymi,
- poznają rozwiązania stosowane w technologiach wodorowych.

MATERIAŁY:

- plansze z quizem
- karta odpowiedzi
- prezentacja

METODY PRACY:

- praca w grupach
- dyskusja z nauczycielem
- wykład

UCZEŃ

Zadania dla uczestników zajęć lekcyjnych

KARTA PRACY // Quiz z odpowiedziami

ZADANIE 1

Wypełnij quiz.



1.

Obecna produkcja wodoru opiera się głównie na:

- Paliwach kopalnych
- Źródłach odnawialnych
- Miksie paliw kopalnych i źródeł odnawialnych
- Wodzie

2.

Które elementy zapewnione musi mieć ogniwo paliwowe?

- Stały dopływ wodoru
- Stały dopływ tlenu
- Elektrolit pomiędzy dwoma elektrodami
- Wszystkie z powyższych

3.

Jaka reakcja zachodzi w ogniwie paliwowym?

- $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O + \text{energia elektryczna}$
- $H + H + O \rightarrow H_2O + \text{ciepło}$
- $H_2 + O_2 \rightarrow \text{energia elektryczna}$
- $2H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow 2H_2O$

4.

Jakie są największe wyzwania w stosowaniu wodoru?

- Wodór jest radioaktywny
- Jest gazem cieplarnianym
- Występuje tylko w kilku miejscach na świecie
- Konieczne jest wybudowanie infrastruktury

5.

Który związek chemiczny poza wodorem jest potrzebny w ogniwie paliwowym?

- Azot - N
- Tlen - O
- Metan - CH₄
- Dwutlenek węgla - CO₂

6.

Które zdanie opisujące Odnawialne Źródła Energii (OZE) jest prawdziwe?

- OZE są dostępne tylko w niektórych rejonach świata
- OZE wymagają więcej energii niż produkują
- OZE są drogie
- OZE są pogodozależne

KARTA PRACY // Quiz z odpowiedziami

ZADANIE 1

Wypełnij quiz.

**7.****Wodór jest...**

- Paliwem pierwotnym, jak węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny
- Wtórnią formą energii
- Nośnikiem energii
- Żadne z powyższych

8.**8. Nośnikiem energii jest:**

- Metan
- Elektryczność
- Wodór
- Wszystkie powyższe

9.**Wodór nie jest źródłem energii ponieważ:**

- Ma za małą gęstość energii
- Należy go najpierw pozyskać z innej substancji
- Musi być podgrzany przed użyciem
- Potrzebuje tlenu do produkcji energii

10.**Aby pozyskać wodór, możemy wykorzystać pierwotne źródło energii:**

- Energię słoneczną
- Energię jądrową
- Paliwa kopalne
- Wszystkich z wymienionych

11.**Wodór możemy produkować przez:**

- Reforming parowy metanu
- Elektrolizę
- Konwersję biochemiczną
- Wszystkie powyższe

12.**W jaki sposób można wykryć nieszczelności wodoru?**

- Można wyczuć zapach wodoru
- Można zobaczyć wodór
- Można dostrzec wodę w miejscu wycieku
- Za pomocą detektora elektronicznego

KARTA PRACY // Quiz z odpowiedziami

ZADANIE 1

Wypełnij quiz.

**13.**

W przypadku wycieku wodoru uruchamiane są wentylatory w celu wydmuchania gazu. Jaki to rodzaj zabezpieczenia?

- Wentylacja aktywna
- Wentylacja krzyżowa
- Wentylacja pasywna
- Nieodpowiednia wentylacja

14.

Która procedura uruchamiana jest w przypadku wycieku wodoru?

- Systemy wentylacji awaryjnej
- Automatycznie zamykany doptyw wodoru
- Sygnalizacja świetlna
- Wszystkie z powyższych

15.

Wymagania stawiane gazociągom uwzględniają:

- Oznakowane zawory bezpieczeństwa
- Stosowanie szczelnych połączeń ograniczających przecieki
- Posiadanie dobrze widocznych złączy w celu kontroli
- Wszystkie z powyższych

16.

Które procedury związane są z detektorami wodoru?

- Żadne z powyższych
- Muszą być regularnie testowane
- Muszą być zamontowane na standardowej wysokości
- Detektory muszą posiadać sygnalizację dźwiękową

17.

W przypadku nieszczelności zbiornika, wodór:

- Stworzy trujące opary
- Szybko ulotni się do atmosfery
- Zgromadzi się pod samochodem
- Rozprzestrzeni się w samochodzie

18.

Reforming parowy metanu to najpowszechniej stosowana metoda wytwarzania wodoru. Ile wodoru produkowane jest tą metodą?

- 97%
- 75%
- 50%
- 18%

KARTA PRACY // Quiz z odpowiedziami

ZADANIE 1

Wypełnij quiz.

**19.****Jak magazynowany jest wodór?**

- W postaci sprężonego gazu
- W postaci ciekłej
- Chemicznie w stanie stałym
- Wszystkie z powyższych

20.**„Zielony” wodór bazuje na:**

- Elektrolizie z wykorzystaniem odnawialnego źródła energii
- Wszystkich formach elektrolizy
- Reformingu parowym metanu
- Spalaniu biomasy

21.**Wykorzystanie niskich temperatur i wysokich ciśnień do magazynowania wodoru to:**

- Skraplanie
- Megakompresja
- Kriokompresja
- Odparowanie

22.**Dlaczego w przemyśle nie stosuje się zaawansowanych zbiorników ciśnieniowych IV typu?**

- Są za drogie
- Nie ma potrzeby magazynowania dużych ilości wodoru
- Zastosowania stacjonarne dają możliwość użycia niższych ciśnień i większych objętości do magazynowania wodoru
- Wszystkie z powyższych

23.**Do przechowywania znacznych ilości wodoru pod ziemią można wykorzystać:**

- Kopuły solne
- Pozostałości po złożach ropy naftowej
- Pozostałości po wydobyciu gazu ziemnego
- Wszystkie z wymienionych

24.**Jakie zjawisko odpowiedzialne jest za gwałtowne odparowanie ciekłego wodoru?**

- Skraplanie
- Wrzenie
- Topnienie
- Zamarzanie

KARTA PRACY // Quiz z odpowiedziami

ZADANIE 1

Wypełnij quiz.

**25.**

Istnieją cztery rodzaje wysokociśnieniowych zbiorników do przechowywania H₂. Dlaczego?

- Ze względu na różnorodność kosztową
- Do przechowywania różnych mieszanek gazów
- Różny poziom ciśnienia wymagają różnych materiałów
- Wszystkie z powyższych

26.

Wodór jest korzystny dla energetyki rozproszonej, ponieważ:

- Może być wykorzystywany do magazynowania energii
- Umożliwia oddzielenie miejsca produkcji i wykorzystania energii
- Pozwala zoptymalizować miejsca produkcji energii z OZE
- Wszystkie z powyższych

27.

Który zawór automatycznie odcina przepływ wodoru po osiągnięciu krytycznej temperatury?

- Magnetyczny
- Zawór bezpieczeństwa
- Elektrozawór
- Termiczny

28.

Wodór jest schładzany przed tankowaniem, ponieważ:

- Podczas tankowania wodór się ogrzewa
- Przyspiesza to procedurę tankowania
- Łatwiej jest go dozować
- Więcej wodoru zmieści się w zbiorniku

29.

Standardowe ciśnienie wodoru w samochodach osobowych wynosi:

- 200 bar
- 350 bar
- 500 bar
- 700 bar

NAUCZYCIEL

Materiały z informacjami dla nauczyciela o wodorze. *Slajdy można zaprezentować uczniom w trakcie zajęć.*

KARTA PRACY // Quiz z odpowiedziami

ZADANIE 1 – ODPOWIEDZI

PYTANIE	ODPOWIEDŹ	PYTANIE	ODPOWIEDŹ	PYTANIE	ODPOWIEDŹ
1	A	11	D	21	C
2	D	12	D	22	C
3	A	13	A	23	D
4	D	14	D	24	B
5	B	15	D	25	C
6	D	16	B	26	D
7	C	17	B	27	D
8	D	18	A	28	A
9	B	19	D	29	D
10	D	20	A		

KARTA WIEDZY //

Wodór jako paliwo

Wodór jako nośnik energii gromadzi w sobie duże wolumeny energii w pozornie małej objętości. To przekłada się na jego właściwości, np. jest łatwo wybuchowy. Na przestrzeni lat inżynierowie „okiełznali właściwości” wodoru, zapewniają jego bezpieczne stosowanie w gospodarce. Obecnie istnieją szereg regulacji i standardów dotyczących bezpieczeństwa technologii wodorowych.

- Zbiorniki wodoru są wykonane z włókna węglowego, jednego z najbardziej wytrzymałych materiałów na świecie. Materiały kompozytowe są bardzo szczelne i dużo bardziej wytrzymałe niż stal.
- Pojazdy wodorowe mają czujniki zderzeń, które działają tak, jak poduszka powietrzna. W przypadku kolizji zawory bezpieczeństwa w zbiornikach zamykają się automatycznie, zabezpieczając wodór przed wyciekami.
- Wodór jest 14 razy lżejszy od powietrza. W rzadkim przypadku nieszczelności zbiornika, wodór szybko ulatnia się do atmosfery.
- Nawet w przypadku zapłonu bezpieczeństwo jest zachowane. Wodór spala się w formie małego, wąskiego słupa ognia, co ogranicza jego rozprzestrzenianie się.
- Wodór jest używany od 50 lat w różnych sektorach przemysłu. Wodór magazynowany pod wysokim ciśnieniem jest dobrze przebadany, a systemy bezpieczeństwa sprawdzone w każdym zakresie.

KARTA WIEDZY //

Wodór bezpieczny jak inne paliwa

Wodór, tak jak każde inne paliwo, to duża ilość energii w małej objętości. Tak jak w przypadków innych, stosowanych obecnie paliw, jest bezpieczny pod warunkiem zachowania odpowiednich procedur.

Wodór może zmagazynować znacznie trzy razy więcej energii, niż inne paliwa. Gęstość energii wodoru to aż 142 MJ/kg. Wskaźnik ten dla benzyny wynosi 47 MJ/kg, natomiast dla metanu – 55 MJ/kg. Tabela obok przedstawia porównanie paliw pod względem ich właściwości.

Wniosek jest prosty – im więcej wodoru w danej substancji, tym wyższa kaloryczność.

CIEKAWOSTKA

Wskaźnik kaloryczności czekolady wynosi ok. 25 MJ/kg! Oznacza to, że kaloryczność metanu jest tylko dwa razy większa od czekolady.

Właściwości	Wodór	Metan	Metanol	Etanol	Propan	Benzyna
Masa molowa [g/mol]	2,016	16,043	32,04	46,0634	44,10	~107,0
Gęstość [kg/m ³] 20°C oraz 1 atm	0,08375	0,6682	791	789	1,865	751
Temperatura wrzenia [°C]	-252,8	-161,5	64,5	78,5	-42,1	27-255
Temperatura zaptonu [°C]	<-253	-188	11	13	-104	-43
Graniczna zawartość w powietrzu powodująca zaptun [%]	2,0-75,0	5,0-153,0	6,7-36,0	3,3-19	2,1-10,1	1,0-7,6
Produkcja CO ₂ na jedn. energii	0	1,00	1,50	1,60	1,70	1,80
Temperatura samozaptonu w powietrzu [°C]	585	540	385	423	490	230-480
Najwyższa wartość opałowa [MJ/kg]	142,0	55,5	22,9	29,8	142,0	47,3
Najniższa wartość opałowa [MJ/kg]	120,0	50,0	0	27,0	46,3	44,0

Źródło: Odnawialne źródła energii, Horizon Fuel Cell Technologies (2009)

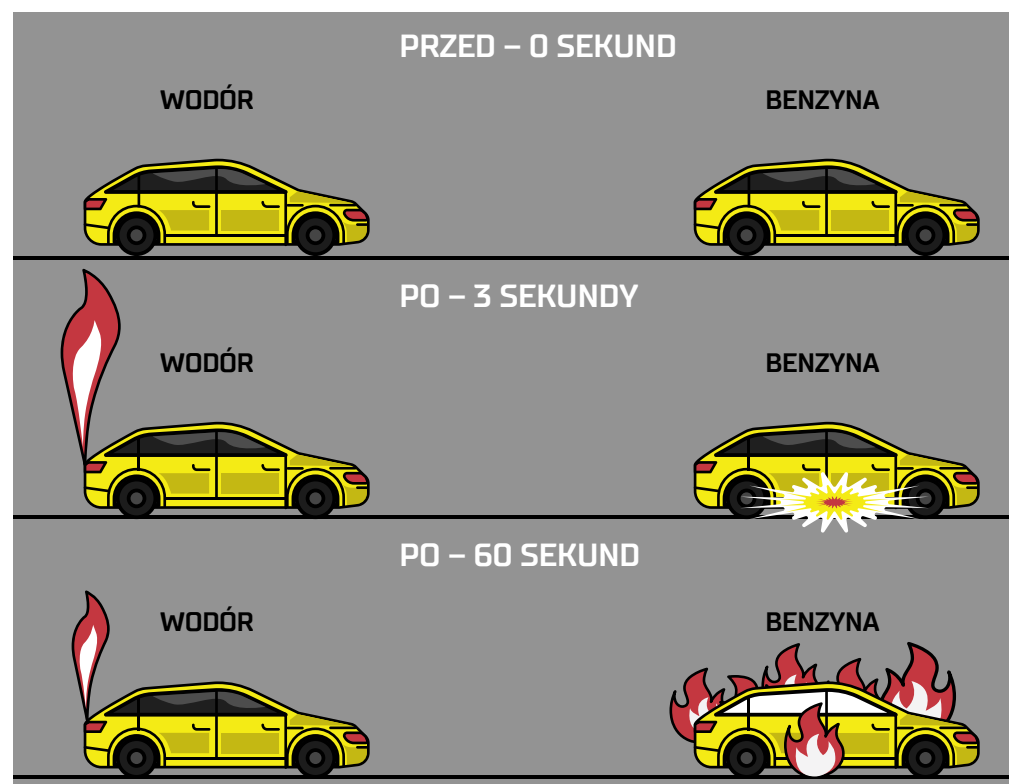
KARTA WIEDZY //

Wodór to najlżejszy pierwiastek

Wodór to najmniejszy, najlżejszy pierwiastek o masie 2 g/mol. Jest to jedenaście razy mniejsza masa, niż w przypadku powietrza (29 g/mol), oraz ponad pięćdziesiąt razy mniejsza w porównaniu do benzyny (107 g/mol).

Niska masa wodoru sprawia, że:

- należy magazynować wodór pod wysokim ciśnieniem, by uzyskać odpowiednią ilość energii,
- łatwo przenika przez ścianki zbiorników – należy stosować specjalne powłoki uszczelniające,
- zgodnie z prawem Archimedesesa, szybko unosi się w powietrzu i nie gromadzi się pod pojazdami,
- w przypadku zapłonu wodoru, występuje wysoki słup płomienia o niewielkiej średnicy. Temperatura wewnątrz samochodu pozostaje niezmienną.



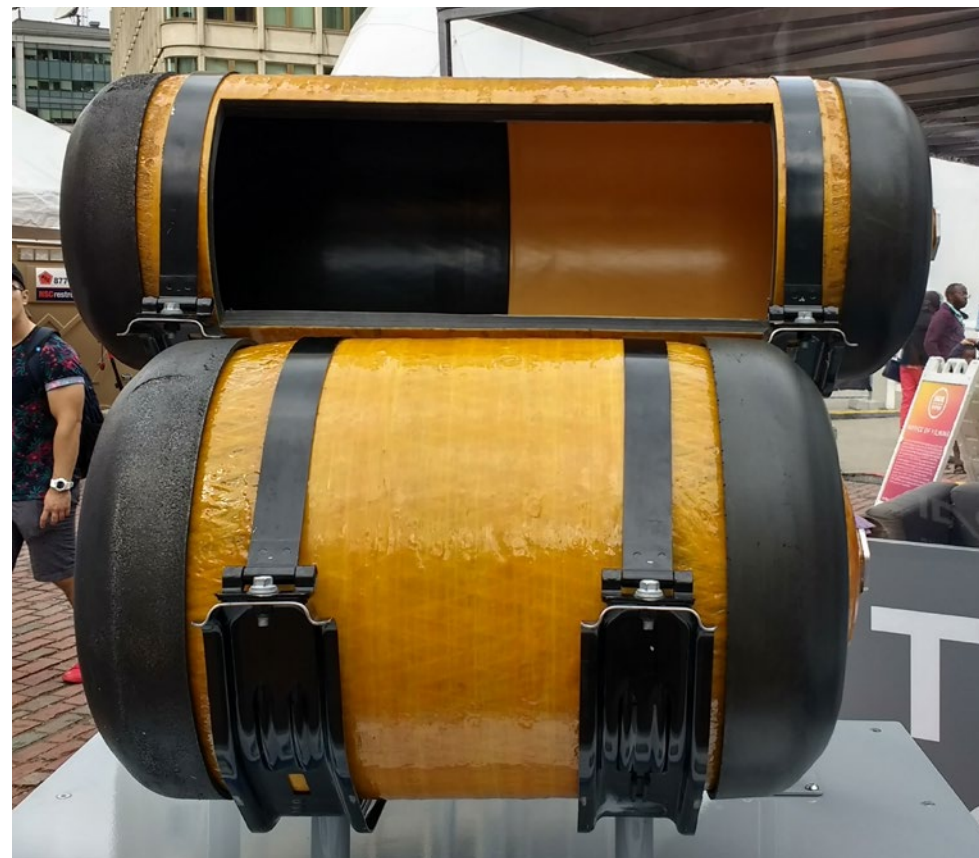
KARTA WIEDZY //

Ciśnieniowe zbiorniki wodoru

Zmagazynowanie dużej ilości wodoru wymaga stosowania wysokich ciśnień, niskich temperatur lub obu technik. Przyjęte są dwa standardy ciśnień – 350 oraz 700 bar [atmosfer].

Zbiorniki wykonane są z kompozytów z wzmocnieniem z włókna węglowego, jednego z najbardziej wytrzymałych materiałów na świecie. Materiał ten jest 5-7-krotnie bardziej wytrzymały na rozciąganie niż stal, oraz 4-krotnie bardziej wytrzymały niż tytan.

Zbiorniki posiadają czujniki zderzeń, które w przypadku kolizji zamykają się automatycznie, zabezpieczając wodór przed wyciekiem.



KARTA WIEDZY //

Niskie temperatury

Wodór można przechowywać w postaci ciekłej. Temperatura skraplania wynosi wówczas $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$, więc należy stosować odpowiednie materiały izolacyjne, zabezpieczenia i procedury związane z niską temperaturą.

Należy uważać na zagrożenia związane z ekstremalnym zimnem. Ciekły wodór i związane z nimi zimne opary i gazy, mogą powodować na skórze efekty podobne do oparzeń termicznych. Krótkie ekspozycje, które nie miałyby wpływu na skórę twarzy lub dłoni, mogą uszkodzić delikatne tkanki skórne lub np. oczy. Długotrwałe narażenie skóry lub kontakt z zimnymi powierzchniami, może spowodować odmrożenia. W przypadku kontaktu skóra przybiera odcień woskowo-żółty.

Istnieje też zagrożenie uduszeniem. Kiedy ciekły wodór tworzy gaz, staje się bardzo zimny i zwykle cięższy od powietrza. Gaz ten nie rozprasza się zbyt dobrze i może gromadzić się we wszelkiego rodzaju zagłębieniach. Wodór nie jest toksyczny, jednak w miejscach, gdzie nie ma wystarczającej ilości powietrza lub tlenu, może dojść do uduszenia, a w konsekwencji – śmierci.



Źródło: https://www.cryogenicsociety.org/index.php?option=com_dailyplanetblog&view=entry&year=2022&month=12&day=07&id=130:eta-space-commissions-liquid-hydrogen-test-facility

KARTA WIEDZY //

Palność i wybuchowość wodoru

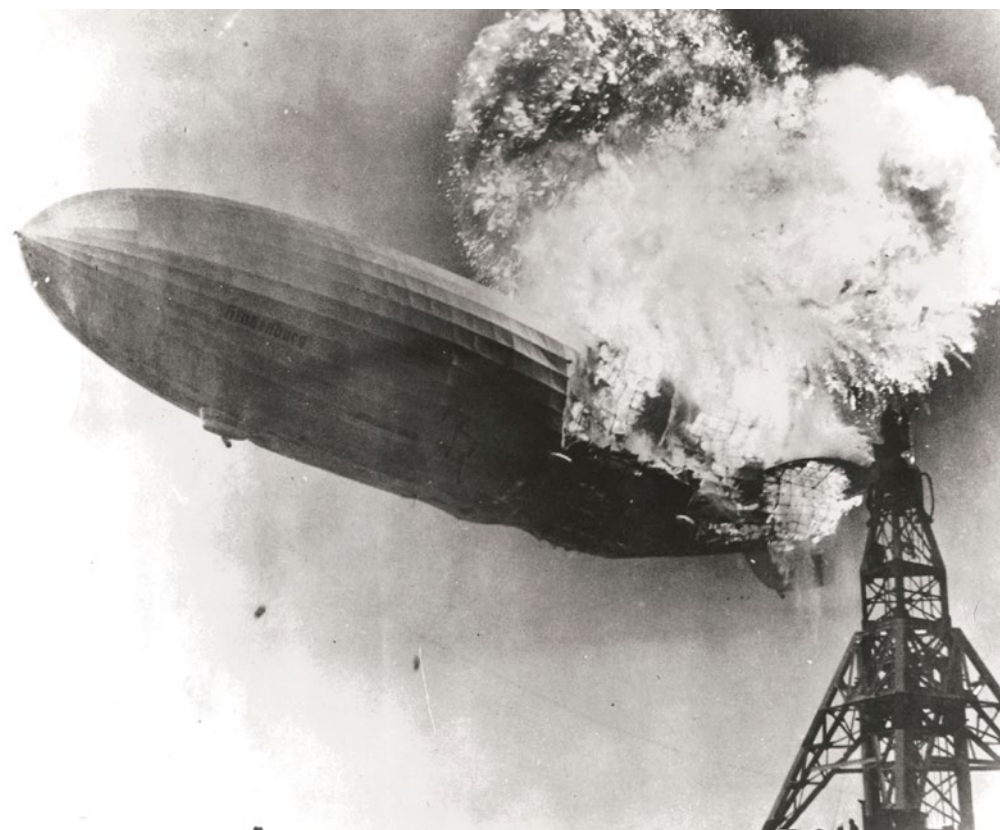
Wodór ma niską temperaturę zapłonu (-253°C) oraz bardzo niską energię zapłonu (0,02 mJ), co czyni go materiałem łatwopalnym i wybuchowym. Dla porównania, gaz ziemny (metan) ma także niską temperaturę zapłonu (-188°C), ale już energia zapłonu wynosi 0,29 mJ. Niska masa i szybki strumień parowania sprawiają jednak, że trudno osiągnąć mieszanekę wybuchową w powietrzu, która wynosi od 18-59% (dla gazu ziemnego jest to 6-14 %).

KATASTROFA STEROWCA HINDENBURG

6 maja 1937 roku sterowiec, który został wypełniony 200 tys m^3 wodoru, spłonął na lotnisku New Jersey. W wyniku pożaru, a nie wybuchu, wodór uległ spaleniowi wraz z łatwopalnym poszyciem oraz elementami konstrukcyjnymi. Katastrofę przeżyły 62 osoby z 97 znajdujących się na pokładzie. Gdyby nastąpił wybuch wodoru, cały sterowiec, uległby kompletnemu zniszczeniu.

Obejrzyj wideo: <https://www.youtube.com/watch?v=7clAJJNsdmQ>

Wodór jako łatwopalny i wybuchowy gaz, wymaga stosowania odpowiednich środków bezpieczeństwa!



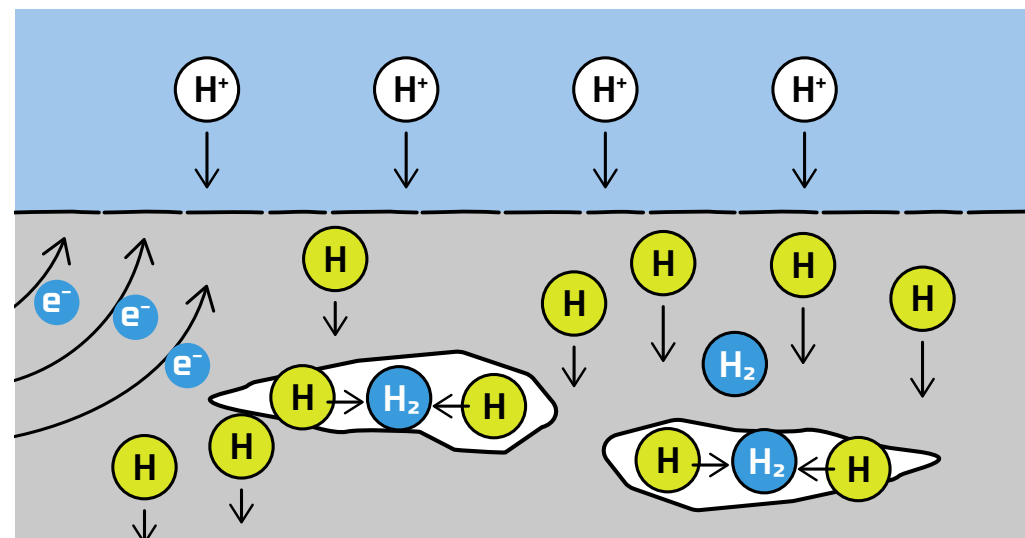
KARTA WIEDZY //

Kruchość wodorowa

Niewielki rozmiar cząsteczki wodoru oraz związane z nim zjawiska korozyjne, tj. kruchość wodorowa, są konsekwencją silnych właściwości dyfuzyjnych tego pierwiastka, który ma tendencję do przenikania m.in. przez ściany zbiorników.

Mechanizm kruchości wodorowej polega na tym, że atomy wodoru osadzające się wewnątrz stali tworzą pęcherzyki, które prowadzą do pęknięcia ziarna metalu.

Rozwiązaniem jest zastosowanie stali nierdzewnej oraz materiałów polimerowych. Nowe urządzenia projektowane są z odpowiednich materiałów, jednak stosowanie wodoru w istniejących instalacjach wymaga wcześniejszego zbadania wpływu wodoru. Dotyczy to szczególnie sieci gazociągów, którymi rozważane jest transportowanie wodoru.



ŹRÓDŁA DANYCH

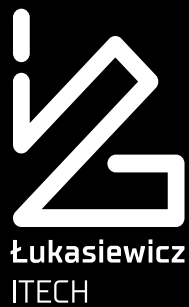
1. Odnawialne źródła energii, Horizon Fuel Cell Technologies [2009],
2. M. Swain, Fuel Leak Simulation, Proceedings of the 2001, U.S. DOE Hydrogen Program Review, [2201] NREL/CP-610-30535,
3. Hydrogen Tank, Doosan, <https://www.doosanmobility.com/en/products/hydrogen-tank>

MATERIAŁY UZUPEŁNIAJĄCE

1. Sieć Łukasiewicz, ITECH, Strategia bezpieczeństwa technologii wodorowych w Polsce na lata 2023-2030, ISBN 978-83-60561-19-5 <https://itech.lukasiewicz.gov.pl/wp-content/uploads/2024/03/Strategia-bezpieczenstwa-technologiei-wodorowych-w-Polsce-na-lata-2023-2030.pdf> ,
2. Biennial Report on Hydrogen Safety, Hysafe, <http://www.hysafe.org>,
3. The International Association for Hydrogen Safety <http://www.hysafe.org>,
4. Safety Aspects of Green Hydrogen Production on Industrial Scale, Hydrohub Innovation Program, https://www.h2-mobile.fr/uploads/doc_20231114192000.pdf

WIEDZA O WODORZE

1. Strategia Bezpieczeństwa Technologii Wodorowych w Polsce na lata 2023-2030 <https://itech.lukasiewicz.gov.pl/wp-content/uploads/2024/03/Strategia-bezpieczenstwa-technologiei-wodorowych-w-Polsce-na-lata-2023-2030.pdf>
 2. Bezpieczeństwo w technologiach wodorowych <https://itech.lukasiewicz.gov.pl/2023/10/11/bezpieczenstwo-w-technologiach-wodorowych-w-8-raportach/>
 3. H₂: Opinie i preferencje Polek i Polaków <https://itech.lukasiewicz.gov.pl/2023/05/10/h2-opinie-i-preferencje-polek-i-polakow/>
 4. Wodór w Polsce w perspektywie 2030+ <https://itech.lukasiewicz.gov.pl/2023/06/09/wodor-polsce-w-perspektywie-2030/>
-



POPH2
Wiesz więcej!



Projekt dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II”

MNiSW
