



Badanie reaktywności wodoru z niemetalami

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Badanie reaktywności wodoru z niemetalami

Naturalnie występujący metan. Powstaje on w wyniku fermentacji beztlenowej, w której bakterie, bytujące w układach trawiennych przeżuwaczy, rozkładają materię organiczną, wytwarzając wodór, dwutlenek węgla oraz metan.

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Wodór jest najlżejszym pierwiastkiem zaliczanym do niemetalu. W warunkach normalnych występuje w stanie gazowym w postaci dwuatomowych cząsteczek H_2 . Zajmuje szczególne miejsce w układzie okresowym, ponieważ jest pierwiastkiem otwierającym pierwszą grupę układu okresowego, a kolejne pierwiastki znajdujące się w tej grupie różnią się od niego większością właściwości. Jaka jest aktywność chemiczna wodoru? Czy wchodzi w reakcje z niemetalami, tak łatwo jak inne pierwiastki z grupy pierwszej?

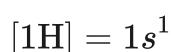
Twoje cele

- Omówisz zasady bezpiecznej pracy z wodorem w laboratorium szkolnym.
- Omówisz reaktywność wodoru względem wybranych niemetalu.
- Zaprojektujesz doświadczenie badające reaktywność wodoru wobec wybranych niemetalu, a następnie zapiszesz odpowiednie równania reakcji.
- Poznasz procesy przemysłowe, w których wykorzystuje się wodór.

Przeczytaj

Wodór jest pierwiastkiem o najmniejszej wartości średniej masy atomowej. Liczba atomowa, zwana również liczbą porządkową, wynosi dla wodoru 1, stąd pierwiastek ten zajmuje pierwsze miejsce w układzie okresowym.

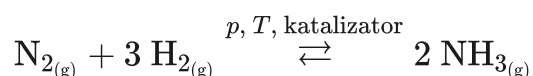
Wodór posiada tylko jeden elektron, który jest jego elektronem walencyjnym, a jego konfiguracja elektronowa w zapisie podpowłokowym przyjmuje następującą postać:



Wodór tworzy wiązania zarówno o charakterze jonowym, jak i kowalencyjnym. W reakcjach z metalami może zatem przyjmować elektron, zyskując konfigurację elektronową helu. Z kolei w reakcjach z niemetalami zwykle uwspólnia elektrony, a w czasie dysocjacji związków chemicznych, takich jak np. HCl, tworzy kationy wodoru, które w praktyce pozbawione są elektronu.

Reakcja wodoru z azotem

W reakcji syntezy wodoru z azotem powstaje związek o wzorze NH_3 , nazywany amoniakiem (lub azanem). Reakcja ta przebiega w wysokiej temperaturze, pod wysokim ciśnieniem i z udziałem katalizatora.



Dla zainteresowanych

Proces technologiczny przemysłowej syntezy amoniaku z azotu i wodoru: przy użyciu katalizatorów, wysokiej temperatury i wysokiego ciśnienia, jest znany jako [metoda Habera-Boscha](#).

Metoda ta została zaproponowana przez niemieckiego fizykochemika, Fritza Habera. W 1918 roku otrzymał za nią Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii. Metoda została wykorzystana na dużą skalę przez Carla Boscha, chemika przemysłowego, który otrzymał Nagrodę Nobla w 1931 roku wspólnie z Friedrichem Bergiusem, za badania nad reakcjami prowadzonymi w wysokich ciśnieniach.

Jednym z dwóch pionierskich zakładów produkujących przemysłowo amoniak za pomocą tej metody były Zakłady Azotowe w Chorzowie.



Aparatura, której użył Fritz Haber do przeprowadzania pierwszej w historii syntezy amoniaku metodą nazwaną później metodą Habera-Boscha. Urządzenie znajduje się w Muzeum Żydowskim w Berlinie.
Źródło: dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, domena publiczna.

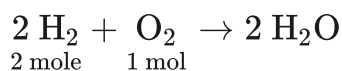


Stokaz (specjalistyczny magazyn) amoniaku w Grupie Azoty Zakłady Azotowe "Puławy" S.A.
Źródło: Kowal kowal, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY-SA 4.0.

Wprowadzenie przemysłowej technologii syntezy amoniaku opartej na metodzie Habera-Boscha miało dalekosiężne skutki dla przemysłu materiałów wybuchowych i nawozów sztucznych. Szacuje się, że od tego procesu, umożliwiającego produkcję sztucznych nawozów azotowych, zależna jest mniej więcej połowa produkcji żywności na świecie.

Reakcje wodoru z tlenowcami

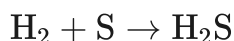
Reakcja zachodząca pomiędzy wodorem i tlenem wymaga zainicjowania np. poprzez iskrę. Jaki jest stosunek molowy substratów biorących udział w tej reakcji?



Stosunek objętościowy wodoru do tlenu w tej reakcji również wynosi 2 : 1. Mieszanina wodoru i tlenu o takim składzie, po zainicjowaniu reakcji, wybucha gwałtownie i nazywana jest mieszaniną piorunującą.

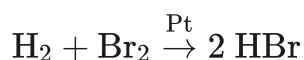
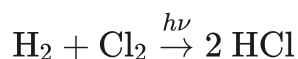
Wodór z tlenem tworzą także nadutlenek H_2O_2 , w którym tlen występuje na formalnym stopniu utlenienia $-I$, podczas gdy wodór pozostaje na stopniu utlenienia I podobnie jak to było w przypadku cząsteczki H_2O .

Również siarka reaguje z wodorem. Reakcja zachodzi w temperaturze 600°C (siarka występuje wtedy w gazowym stanie skupienia):

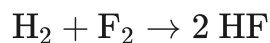


Reakcje wodoru z fluorowcami

Wodór reaguje ze wszystkimi fluorowcami. Do przebiegu reakcji konieczne jest jednak działanie światłem, płomieniem lub udział katalizatora. Produktem reakcji są **fluorowcowodory**, np. chlorowodór HCl , bromowodór HBr , jodowodór HI .



Wyjątkiem jest fluor, który jako jedyny z pierwiastków łączy się samorzutnie z wodorem. Jest to reakcja gwałtowna i wybuchowa. W jej wyniku powstaje fluorowodór.



Dla zainteresowanych



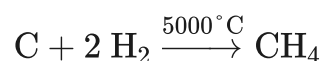
Cysterna do przewozu kwasu solnego

Źródło: Statistik, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

W przemyśle bardzo czysty chlorowódor otrzymuje się wyniku syntezy z wodoru i chloru. Kwas chlorowodorowy ma zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, m.in. włókienniczym, farmaceutycznym oraz tworzyw sztucznych.

Reakcja węgla z wodorem

Reakcja węgla z wodorem także przebiega opornie, bowiem zachodzi w temperaturze 5000 °C. Produktem reakcji jest metan.



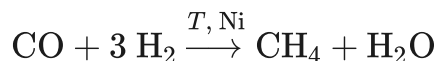
Metan występuje w przyrodzie jako podstawowy składnik gazu ziemnego, gazu „błotnego” oraz biogazu.

Dla zainteresowanych

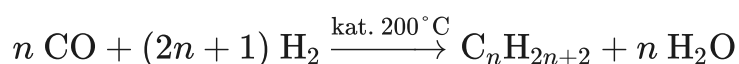
Na skalę przemysłową przeprowadza się syntezę Fischera-Tropscha. Jest to metoda polegająca na otrzymywaniu alkanów i alkenów z gazu syntezowego (mieszaniny tlenku

węgla(II) oraz wodoru). Reakcja ta wymaga wielu katalizatorów, które zazwyczaj zawierają w swojej strukturze atomy metali, takich jak żelazo, kobalt, ruten czy nikiel.

Przykładowo synteza metanu z gazu syntezowego może być przeprowadzona w obecności niklu w temperaturze 200–300 °C:



Zapis ogólny syntezy Fischera-Tropscha:



Większość wodorków popularnych niemetalii w temperaturze pokojowej występuje w formie gazowej. Wśród wyjątków znajdują się ciekłe wodorki – woda oraz fluorowodór ($T_w = 19,5^\circ\text{C}$). Znane są także związki wodoru z borem i krzemem, ale nie powstają one na drodze bezpośredniej syntezy. Wodorki niemetalii (lub ich wodne roztwory) to jedne z wielu odczynników stosowanych w szkolnym laboratorium. Czy potrafisz podać ich przykłady?

Słownik

amoniak

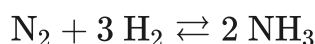
azan (NH_3); związek azotu z wodorem, bezbarwny gaz o ostrym, charakterystycznym zapachu, roztworom wodnym nadaje odczyn zasadowy

fluorowcowodory

halogenowodory; związki chemiczne fluorowców z wodorem o ogólnym wzorze HX (gdzie X – fluorowiec); fluorowodór (HF), chlorowodór (HCl), bromowodór (HBr) i jodowodór (HI)

Habera i Boscha metoda

(czyt. habera i bosza), metoda otrzymywania amoniaku przez bezpośrednią syntezę z pierwiastków:



Bibliografia

Czerwińska A., Jelińska-Kazimierczuk M., Kuśmierczyk K., *Chemia 2. Podręcznik*, Warszawa 2003, s. 297–327.

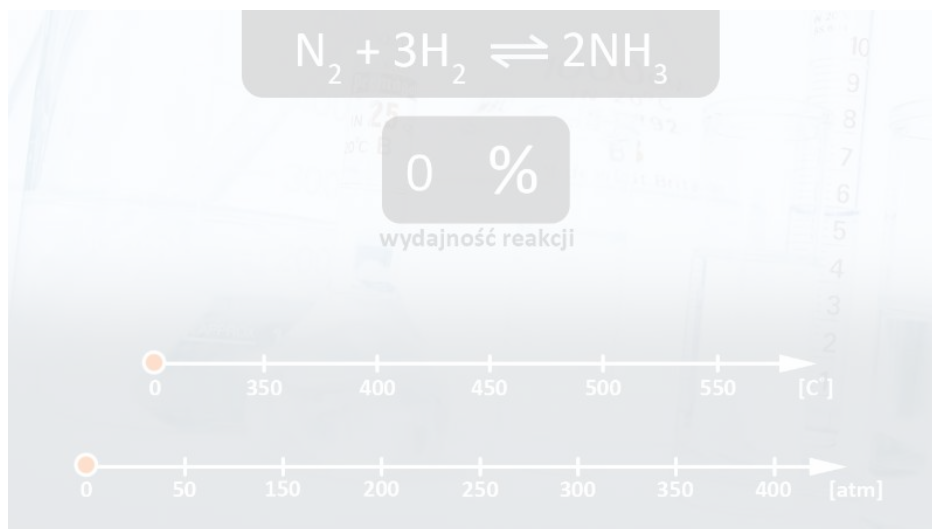
Lyn N., Ratcliffe M., *Chemistry AS*, Collins 2003, s. 111.

Rolecki M., *10 pożytków z nagród Nobla*, Polityka pl. 2018.

Symulacja interaktywna

Symulacja 1

Korzystając z symulacji, ustal, w jaki sposób zmiana temperatury i ciśnienia wpływa na wydajność syntezy amoniaku z pierwiastków. Następnie wykonaj polecenie znajdujące się w ćwiczeniu nr 1.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DM8D7GLSr>

Symulacja interaktywna pt. *Badanie reaktywności wodoru z niemetalami na przykładzie reakcji syntezy amoniaku*

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 1

Wskaż, jakie są optymalne warunki (w przedstawionej symulacji), jeśli weźmiemy pod uwagę ciśnienie i temperaturę, w których można uzyskać największą wydajność syntezy.

$$\Delta H = -92 \text{ kJ}$$

Odpowiedź:

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz prawidłowe stwierdzenie. Może być więcej niż jedna poprawna odpowiedź.

☐

Do przebiegu reakcji wodoru ze wszystkimi fluorowcami oprócz fluoru konieczne jest działanie światłem, płomieniem lub udział katalizatora.

☐

Wodór reaguje ze wszystkimi fluorowcami.

☐

Fluor i brom jako jedyne z pierwiastków łączą się samorzutnie z wodorem. Reakcja ta jest gwałtowna i wybuchowa.

☐

W przemyśle bardzo czysty chlorowódor otrzymuje się w wyniku syntezy wodoru, chloru i azotu.

Ćwiczenie 2



Połącz w pary nazwy wodorków niemetalu z odpowiadającymi im wzorami.

metan

PH_3

chlorowódor

HCl

jodowódor

HI

amoniak

CH_4

fosforowódor

NH_3

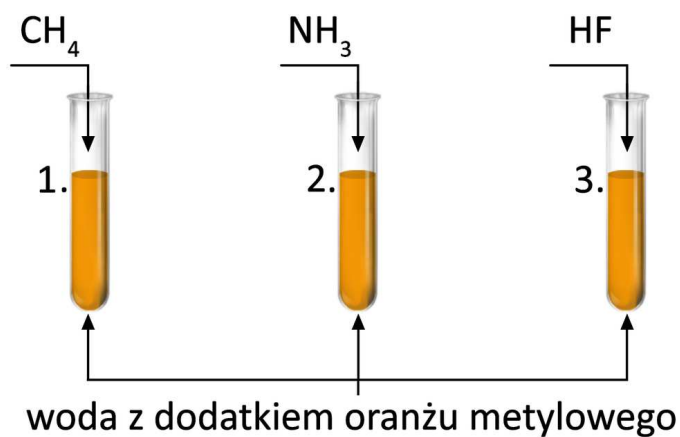
siarkowódor

H_2S

Ćwiczenie 3



W celu zbadania właściwości czterech wodorków przeprowadzono doświadczenie zgodnie ze schematem.



Schemat doświadczenia

Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Na podstawie doświadczenia wstaw numery probówek pod odpowiednimi stwierdzeniami.

Do probówki wprowadzono woderek, który w warunkach normalnych występuje w gazowym stanie skupienia.

2

3

1

Po wprowadzeniu wodorku roztwór w probówce przyjmuje czerwone zabarwienie.

Ćwiczenie 4



Czy wodór, podobnie jak większość niemetali, wykazuje tendencję do przyjmowania elektronów? Odpowiedz i uzasadnij.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 5



Zidentyfikuj produkty (podaj nazwy) i napisz zbilansowane równanie reakcji wodoru:

1. z siarką;

2. z jodem.

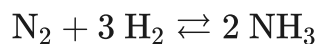
Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 6



Przeprowadzono syntezę amoniaku. Proces syntezy zapoczątkowano przez wprowadzenie do pustego zbiornika azotu i wodoru.



Oblicz stężenia początkowe wodoru i azotu, jeżeli stężenia równowagowe wynosiły:

- $21 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ dla wodoru;
- $7 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ dla azotu;
- $26 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ dla amoniaku.

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



Każdego roku produkuje się w USA $1,5 \cdot 10^9$ kg amoniaku. Ustal, jaką część rocznej produkcji wodoru w USA, równej $3 \cdot 10^9$ kg, wykorzystuje się do tego celu. Wynik podaj w procentach.

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Sporządzono stechiometryczną mieszaninę gazowego wodoru z gazowym chlorem, przeznaczoną do syntezy chlorowodoru. Oblicz jej gęstość w warunkach normalnych. Przyjmij, że gazy te to gazy doskonałe.

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 9



Jak można rozróżnić wodny roztwór chlorowodoru od wodnego roztworu amoniaku?

Zaprojektuj doświadczenie, opisz sposób wykonania, sformułuj przewidywane obserwacje oraz podaj wnioski.

Sprzęt laboratoryjny i odczynniki:

Opis wykonania ćwiczenia:

Obserwacje:

Wnioski:

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Anna Florek, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Badanie reaktywności wodoru z niemetalami

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

X. Metale, niemetale i ich związki. Uczeń:

5) pisze równania reakcji ilustrujące typowe właściwości chemiczne niemetalu, w tym między innymi równania reakcji: wodoru z niemetalami (Cl_2 , O_2 , N_2 , S), chloru, siarki z metalami (Na, K, Mg, Ca, Fe, Cu).

Zakres rozszerzony

X. Metale, niemetale i ich związki. Uczeń:

10) pisze równania reakcji ilustrujące typowe właściwości chemiczne niemetalu, w tym między innymi równania reakcji: wodoru z niemetalami (Cl_2 , Br_2 , O_2 , N_2 , S), chloru, bromu i siarki z metalami (Na, K, Mg, Ca, Fe, Cu); chloru z wodą.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- omawia zasady bezpiecznej pracy z wodorem w laboratorium szkolnym;
- podaje przykłady, jak wodór reaguje z niemetalami;

- projektuje badanie reaktywności wodoru wobec wybranych niemetalii;
- analizuje dane dotyczące chemicznych procesów przemysłowych.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- ćwiczenia uczniowskie;
- pogadanka;
- analiza materiału źródłowego;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- rzutnik multimedialny.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje informacje zawarte we wprowadzeniu do e-materiału.
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie: Jaka jest aktywność chemiczna wodoru?
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Pogadanka. Nauczyciel zadaje uczniom przykładowe pytania: Jakie informacje o niemetalach możemy odczytać z układu okresowego pierwiastków chemicznych? Jak możemy na tej podstawie przewidzieć, jak niemetale będą reagowały z wodorem?
2. Uczniowie samodzielnie analizują treści zawarte w e-materiale dotyczące syntezy amoniaku, jako przykładu reakcji nieodwracalnej i procesów przemysłowych. Po

wyznaczonym czasie chętni uczniowie na forum klasy odpowiadają na pytania nauczyciela.

3. Nauczyciel odsyła uczniów do symulacji interaktywnej. Uczniowie w parach zapoznają się z poleceniem i wykonują zawarte tam ćwiczenie. Po wyznaczonym czasie chętny uczeń z danej pary podaje na forum klasy swoją propozycję rozwiązania problemu. Pozostali uczniowie weryfikują wypowiedź kolegi i ewentualnie podają swoje propozycje.
4. Ćwiczenia w zapisywaniu, bilansowaniu i interpretacji ilościowej (stosunki molowe, objętościowe) reakcji niemetali z wodorem. Uczniowie na tablicy zapisują przykładowe równania reakcji wskazane przez nauczyciela.
5. Uczniowie pracują w parach z częścią „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują zadania. Nauczyciel może wyświetlić treść poleceń na tablicy multimedialnej. Po każdym przeczytanym poleceniu nauczyciel daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie chętny uczeń z danej pary udziela odpowiedzi/prezentuje rozwiązanie na tablicy. Pozostali uczniowie ustosunkowują się do niej, proponując ewentualnie swoje pomysły. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Kieszeń i szuflada. Nauczyciel rozdaje uczniom sklerotki. Prowadzący zajęcia rysuje na tablicy kieszeń, a obok niej zapisuje „Co zabieram ze sobą?”. Tutaj uczeń ma wpisać to, co wyniósł z zajęć, co do niego szczególnie przemówiło, co się spodobało lub co mu się przyda w przyszłości. Poniżej nauczyciel rysuje szufladę i białą plamę. Obok szuflady zapisuje „Co mi się nie przyda”, a obok białej plamy „Czego zabrakło?”. Poniższe rysunki uczeń wypełnia sklerotkami z zapisanymi krótkimi zdaniami, równoważnikami zdań lub kluczowymi słowami. Jest to okazja także do analizy przebiegu zajęć i szybkiej powtórki.
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam sobie, że...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Dziś nauczyłam/łem się...
 - Co sprawiało mi trudności...

Praca domowa:

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Symulacja interaktywna może zostać wykorzystana podczas przygotowywania się ucznia do sprawdzianu lub do zdobycia wiedzy w razie nieobecności ucznia na lekcji.

Materiały pomocnicze:

Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

„Jakie związki powstają w reakcji wodoru z niemetalami”?

- W jakich warunkach przebiega synteza amoniaku?
- Jakie muszą być spełnione warunki, by wodór przereagował z fluorowcami (z wyjątkiem fluoru)?