



Jak zbudowane są cząsteczki wodorków pierwiastków 17. grupy układu okresowego?

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



Jak zbudowane są cząsteczki wodorków pierwiastków 17. grupy układu okresowego?

HF jest stosowany m.in. w reakcjach addycji z udziałem węglowodorów nienasyconych, w przeróbce ropy naftowej, wytrawianiu napisów na szkłe czy produkcji aluminiowych puszek.

Źródło: www.piqsels.com, domena publiczna.

Właściwości chemiczne i fizyczne związków chemicznych wynikają z budowy ich cząsteczek. Szczególnie widać te zależności w przypadku szeregu związków o analogicznej budowie, złożonych z pierwiastków z jednej grupy układu okresowego. Ilustracją takich tendencji jest seria wodorków pierwiastków grupy 17., które pomimo pewnych cech wspólnych – takich jak gazowy stan skupienia w temperaturze pokojowej oraz kwasowy odczyn ich wodnych roztworów – wykazują także stopniową zmianę innych właściwości, do których należą temperatura wrzenia czy moc kwasu, utworzonego przez rozpuszczenie wodorku w wodzie.

Twoje cele

- Zapiszesz wzory sumaryczne wodorków grupy 17.
- Uszeregujesz kwasy HX według wzrostu ich mocy.
- Wyjaśnisz anomalnie wysoką temperaturę wrzenia HF w porównaniu z innymi wodorkami grupy 17.

Przeczytaj

Fluorowcowodory (halogenowodory)

Wodorki stanowią jedną z najbardziej zróżnicowanych grup związków chemicznych, wykazując silną zmienność właściwości fizycznych i chemicznych, w zależności od położenia w układzie okresowym pierwiastka związanego z atomem wodoru. Jedną z najbardziej interesujących grup wodorków są wodorki pierwiastków 17. grupy układu okresowego, czyli fluorowców.

Diagram illustrating the periodic table of elements, highlighting the 17th group (halogens) in yellow. The table includes element symbols, atomic numbers, and names. Labels point to specific elements: 'liczba atomowa' (atomic number) points to Carbon (C), 'masa atomowa' (atomic mass) points to Carbon (C), 'symbol' (symbol) points to Carbon (C), and 'nazwa' (name) points to Carbon (C).

Legend:

- metale (metals)
- niemetale (nonmetals)
- gazy szlachetne (noble gases)

Do 17. grupy układu okresowego pierwiastków należą: fluor, chlor, brom, jod i astat

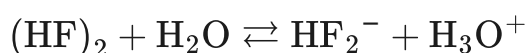
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wodorki grupy 17. to związki zbudowane z atomu wodoru i atomu fluorowca. W tych związkach wodór występuje na +I stopniu utlenienia, natomiast atom fluorowca na stopniu utlenienia –I.

Pod względem właściwości fizycznych i chemicznych, stanowią one jedną z najbardziej jednorodnych grup związków pierwiastków z wodorem. Wszystkie [halogenowodory](#) w warunkach normalnych są gazami dobrze rozpuszczalnymi w wodzie. Ich wodne roztwory są kwasami, przy czym moc kwasów rośnie w kierunku $\text{HF} \rightarrow \text{HI}$. Wzrost mocy kwasów beztlenowych jest zgodny ze spadkiem wartości elektroujemności fluorowca. Głównym jednak czynnikiem odpowiedzialnym za moc kwasów beztlenowych, a więc tendencję do zachodzenia procesu dysocjacji elektrolitycznej, jest promień atomowy – wraz ze wzrostem promienia atomowego fluorowca moc kwasu rośnie. W praktyce wodne roztwory HI, HBr oraz HCl są bardzo mocnymi kwasami, natomiast HF jest kwasem słabym.

Ze względu na bardzo wysoką elektroujemność fluoru – najwyższą spośród wszystkich pierwiastków – oraz jego niewielki promień atomowy, wiązania wodorowe, występujące pomiędzy cząsteczkami HF, należą do wyjątkowo silnych. Znajduje to potwierdzenie w bardzo wysokiej, w porównaniu do innych halogenowodorów, temperaturze wrzenia, wynoszącej $+20^\circ\text{C}$.

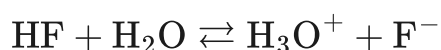
Stwierdzono obecność [asocjatów](#) $(\text{HF})_n$, gdzie $n = 2 \dots 6$. Ponadto w roztworze występują jony HF_2^- , powstałe wskutek dysocjacji $(\text{HF})_2$, wg równania:



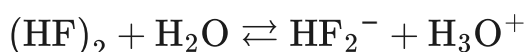
Wiązania wodorowe

Cząsteczki wodorków grupy 17. są polarne. W warunkach standardowych wszystkie są gazami. Wartości temperatur wrzenia rosną w szeregu HCl—HI od wartości -84°C do -35°C . Pomiedzy cząsteczkami tych wodorków występują oddziaływania dipol–dipol, co powoduje systematyczny wzrost temperatur wrzenia wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej wodorku.

W przypadku fluorowodoru, posiadającego najmniejszą masę cząsteczkową spośród wszystkich wodorków grupy 17., wartość temperatury wrzenia osiąga rekordowo 20 °C. Tak wysoka temperatura wrzenia jest konsekwencją występowania wiązań wodorowych pomiędzy cząsteczkami HF. Ze względu na bardzo wysoką elektroujemność oraz mały promień atomowy fluoru, wiązania wodorowe pomiędzy cząsteczkami HF należą do najsilniejszych wiązań wodorowych. Wysoka temperatura wrzenia wynika z obecności asocjatów zbudowanych z kilku – od dwóch do sześciu – cząsteczek HF. Wodny roztwór fluorowodoru jest słabym kwasem. Ze względu na występowanie wiązań wodorowych pomiędzy cząsteczkami HF, w roztworze kwasu fluorowodorowego, oprócz jonów fluorkowych, które powstają w procesie dysocjacji:



zachodzi także proces:



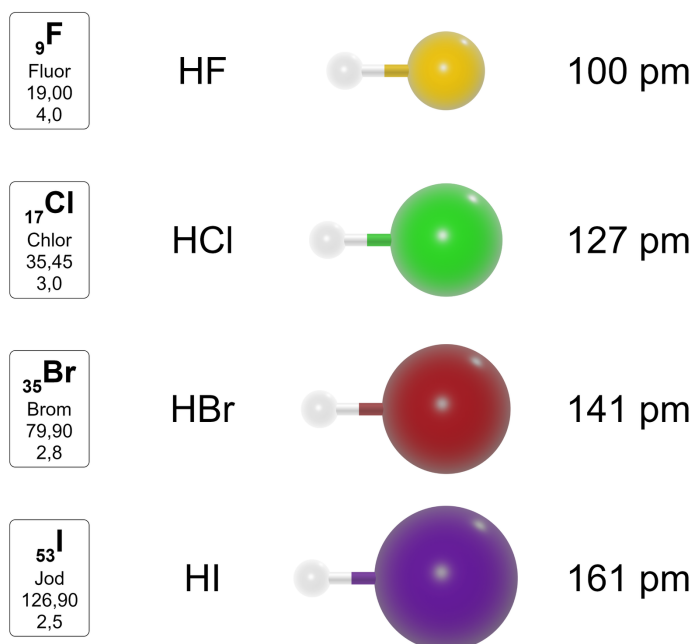
Jony HF_2^- mają kształt liniowy.

Wodorki definiuje się jako związki wodoru z innymi pierwiastkami. Chociaż nazwa „wodorek” w swoim dosłownym znaczeniu określa jon H^- , to przyjęto określać wszystkie dwupierwiastkowe związki wodoru z innymi pierwiastkami jako „wodorki”, niezależnie od tego, czy wodór występuje w nich na +I czy –I stopniu utlenienia. W przypadku wodorków grupy 17., wiązanie można scharakteryzować jako kowalencyjne spolaryzowane, przy czym polarny charakter wiązania maleje w kierunku od HF do HI.

Jak zbudowane są cząsteczki wodorków 17. grupy układu okresowego

Cząsteczki dwuatomowe wodorków fluorowców

Wszystkie fluorowce tworzą wodorki o wzorze HX.



Cząsteczki dwuatomowe wodorków fluorowców

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

Budowa cząsteczek halogenowodorów:

Pierwiastek	Udział charakteru jonowego w wiązaniu	Energia wiązania H—X [$\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$]
Fluor	45%	570
Chlor	18%	432
Brom	12%	366
Jod	5%	298

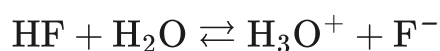
Wodne roztwory halogenowodorów

Wodne roztwory halogenowodorów wykazują właściwości kwasowe.

- Słaby kwas

Pierwiastek	Stężenie procentowe nasyconego roztworu wodnego
Fluor	~100%

HF rozpuszcza się w każdej ilości w wodzie, lecz tylko niewielka część cząsteczek HF dysocjuje:



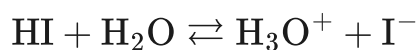
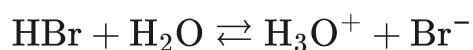
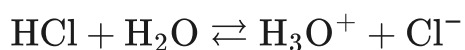
Wskazuje na to niska wartość stałej dysocjacji kwasu (K_a) dla tego związku.

$$K_a^{\text{HF}} = 6,3 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \text{HF}_{(\text{aq})} \text{ to słaby kwas.}$$

- Mocne kwasy

Pierwiastek	Stężenie procentowe nasyconego roztworu wodnego
Chlor	37%
Brom	66%
Jod	70%

Wodne roztwory HCl, HBr i HI są mocnymi kwasami. Dysocjacja tych halogenowodorów jest całkowita:

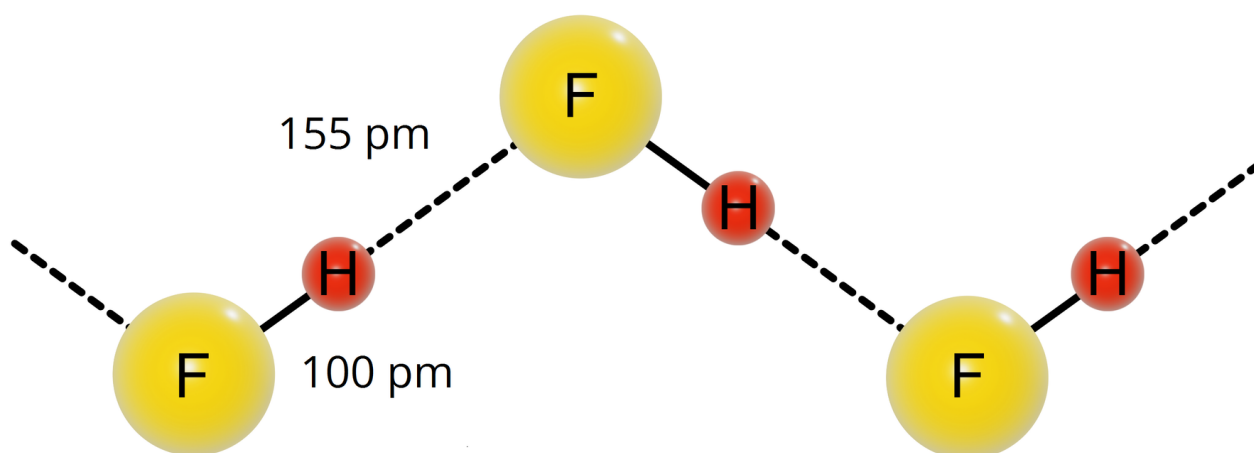


Moc kwasów beztlenowych, utworzonych przez wodorki grupy 17., rośnie w dół grupy, czyli przeciwnie do różnicy elektroujemności.

Pierwiastek	Różnica elektroujemności H – X	Energia wiązania H – X [$\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$]	Stała dysocjacji kwasowej	Moc kwasu
Fluor	H – F 1,9	570	$6,3 \cdot 10^{-4}$	Słaby kwas
Chlor	H – Cl 0,9	432	$1,0 \cdot 10^7$	Bardzo mocne kwasy
Brom	H – Br 0,7	366	$3,0 \cdot 10^9$	
Jod	H – I 0,4	298	$1,0 \cdot 10^{10}$	

Wiązania wodorowe występujące we fluorowodorze

Ze względu na dużą różnicę elektroujemności między wodorem a fluorem, pomiędzy cząsteczkami HF występują wiązania wodorowe.

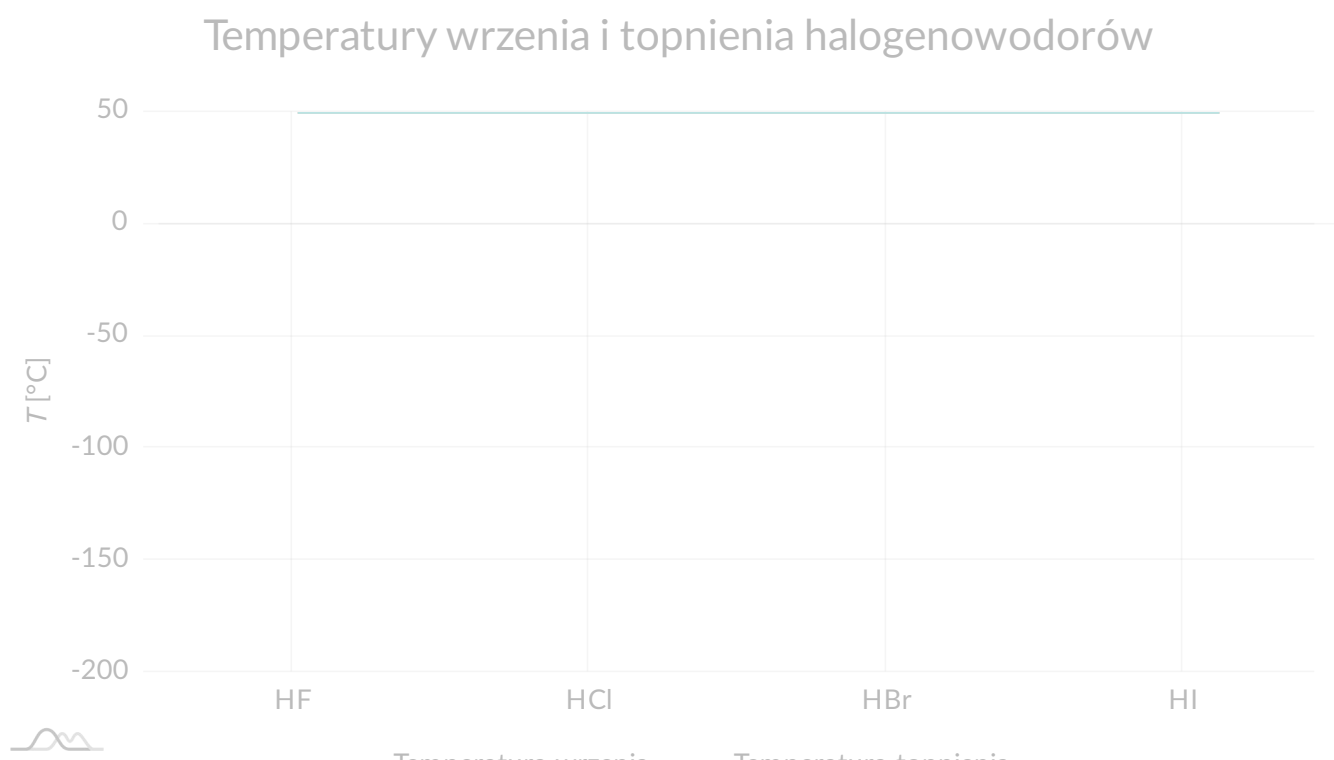


Wiązania wodorowe występujące pomiędzy cząsteczkami HF

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

Wiązanie wodorowe pomiędzy cząsteczkami HF to najsilniejsze wiązanie wodorowe ($150 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$). Konsekwencjami tego są:

- nieograniczona rozpuszczalność HF w wodzie;
- obecność jonów HF_2^- w wodnym roztworze HF; $(\text{HF})_2$ dysocjuje na HF_2^- i H_3O^+ ;
- wysoka – w porównaniu do innych fluorowodorów – temperatura wrzenia i topnienia HF;
- w przypadku ciała stałego występują zygzakowate łańcuchy $(\text{HF})_n$;
- w przypadku cieczy są mniejsze jednostki: od $(\text{HF})_2$ do $(\text{HF})_6$.



Temperatury wrzenia i topnienia halogenowodorów

Słownik

halogen

pierwiastek grupy 17.; inaczej fluorowiec, zazwyczaj atom fluorowca oznacza się symbolem X

halogenowodór

związek fluorowca z wodorem o wzorze HX

asocjacja

łączenie się cząsteczek danego związku w większe ugrupowania (asocjaty) dzięki oddziaływaniom międzycząsteczkowym, w tym wodorowym

Bibliografia

Bielański A., *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 1997 r. i wyd. następne.

Animacja

Polecenie 1

Co wiesz o wodorkach fluorowców? Który z nich tworzy najsilniejsze wiązania wodorowe pomiędzy swoimi cząsteczkami? Zapoznaj się z animacją i wykonaj poniższe ćwiczenia.

**JAK ZBUDOWANE SĄ CZĄSTECZKI WODORKÓW
PIERWIASTKÓW 17. GRUPY UKŁADU OKRESOWEGO?**

Film dostępny pod adresem [/preview/resource/RI5TiBodj3lbw](https://www.gromar.pl/preview/resource/RI5TiBodj3lbw)

Animacja pt. *Jak zbudowane są cząsteczki wodorków pierwiastków 17. grupy układu okresowego?*

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

Animacja dotyczy budowy cząsteczek wodorków siedemnastej grupy układu okresowego. Omówiono budowę atomów fluorowców, halogenowodorów, różnicę elektroujemności w tych cząsteczkach i ich właściwości.

Ćwiczenie 1

Zaznacz, który z wodoroków niemetali grupy 17. tworzy wiązanie wodorowe pomiędzy swoimi cząsteczkami.

☐ HF

☐ HBr

☐ HI

☐ HCl

Ćwiczenie 2

Moc kwasów beztlenowych tworzonych przez halogenowodory:

☐ rośnie wraz ze wzrostem elektroujemności pierwiastka.

☐ maleje wraz ze wzrostem elektroujemności pierwiastka.

☐ maleje wraz ze wzrostem promienia atomowego fluorowca.

☐ rośnie wraz ze wzrostem promienia atomowego fluorowca.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



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

☐

Za moc kwasów beztlenowych odpowiedzialna jest temperatura wrzenia danego kwasu. Im wyższa temperatura, tym słabszy kwas.

☐

Wszystkie halogenowodory w normalnych warunkach są gazami dobrze rozpuszczalnymi w wodzie. Ich wodne roztwory są kwasami.

☐

Moc kwasów rośnie w kierunku $\text{HF} \rightarrow \text{HI}$.

☐

Wodorki grupy 17. zbudowane są z atomu wodoru i atomu fluorowca. Wodór występuje na $+II$ stopniu utlenienia, a atom fluorowca na $-IV$ stopniu utlenienia.

Ćwiczenie 2



Uzupełnij poniższe zdanie odpowiednimi wyrażeniami.

Wodny roztwór fluorku sodu posiada odczyn , ponieważ jon fluorkowy jest zasadą Brønsteda sprzężoną kwasem HF .

słabą

kwasowy

mocną

z mocnym

ze słabym

zasadowy

Ćwiczenie 3



W oparciu o szereg właściwości utleniających pierwiastków grupy 17., wybierz określenia spośród zamieszczonych w nawiasach.

Otrzymanie gazowego chloru z HCl jest możliwe przy użyciu , ponieważ posiada silniejsze właściwości od .

Cl₂

redukujące

utleniające

fluoru

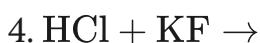
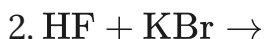
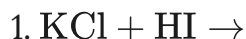
HCl

jodu

Ćwiczenie 4



Dokończ równania bądź zaznacz, że reakcja nie zachodzi.



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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 5



Rozpuszczono 45 dm³ gazowego chlorowodoru (objętość odmierzone w warunkach normalnych) w 2,5 dm³ wody. Oblicz stężenie molowe otrzymanego kwasu solnego.

Odpowiedź: Stężenie molowe otrzymanego kwasu solnego wynosi $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$.

Ćwiczenie 6



Oblicz stężenie procentowe nasyconego roztworu HI w wodzie, wiedząc, że jego rozpuszczalność w temperaturze 20°C wynosi $210\text{ g}/100\text{ g}$ wody. Wynik zaokrąglaj do jedności.

Odpowiedź: Stężenie procentowe roztworu wynosi %.

Ćwiczenie 7



Oblicz stężenie molowe 47% roztworu HBr o gęstości $1,49\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Wynik podaj z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.

Odpowiedź: Stężenie molowe roztworu wynosi $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$.

Ćwiczenie 8



Oblicz pH roztworu, otrzymanego przez rozpuszczenie 10 dm^3 gazowego chlorowodoru (objętość odczytana w warunkach normalnych) w 10 dm^3 wody. Wynik podaj z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku.

Odpowiedź: pH = .

Ćwiczenie 9



Oblicz masę chlorowodoru, który znajduje się w pojemniku o objętości 50 dm^3 pod ciśnieniem 15 atm w temperaturze 25°C . Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

Odpowiedź: W pojemniku znajduje się kg.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Elżbieta Korzeniak, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jak zbudowane są cząsteczki wodorków 17. grupy układu okresowego

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

VII. Systematyka związków nieorganicznych. Uczeń:

6) klasyfikuje wodorki ze względu na ich charakter chemiczny (kwasowy, zasadowy i obojętny); wnioskuje o charakterze chemicznym wodorku na podstawie wyników doświadczenia; pisze odpowiednie równania reakcji potwierdzające charakter chemiczny wodorków; opisuje typowe właściwości chemiczne wodorków pierwiastków 17. grupy, w tym ich zachowanie wobec wody i zasad.

Zakres rozszerzony

VII. Systematyka związków nieorganicznych. Uczeń:

6) klasyfikuje wodorki ze względu na ich charakter chemiczny (kwasowy, zasadowy i obojętny); projektuje i przeprowadza doświadczenie, którego przebieg pozwoli

wykazać charakter chemiczny wodorku; wnioskuje o charakterze chemicznym wodorku na podstawie wyników doświadczenia; pisze odpowiednie równania reakcji potwierdzające charakter chemiczny wodorków; opisuje typowe właściwości chemiczne wodorków pierwiastków 17. grupy, w tym ich zachowanie wobec wody i zasad.

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:

- pisze wzory sumaryczne wodorków grupy 17.;
- układa wodne roztwory wodorków grupy 17. w szereg ze wzrostem kwasowości;
- wyjaśnia anomalną wysoką temperaturę wrzenia HF w porównaniu z innymi wodorkami grupy 17.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- burza mózgów;
- ćwiczenia uczniowskie;

- analiza materiału źródłowego;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca zbiorowa.

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 treści zawarte we wprowadzeniu e-materiału, po czym zadaje pytanie: Co to są halogeny i dlaczego taka nazwa?
2. Rozpoznawanie wiedzy potocznej uczniów. Burza mózgów wokół budowy cząsteczek wodorków 17. grupy układu okresowego.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel odsyła uczniów do e-materiału – samodzielna analiza tekstu źródłowego, związanego z budową fluorowcowodorów/halogenowodorów. Po pracy własnej, nauczyciel inicjuje dyskusję, zadając przykładowe pytania:

Dlaczego halogenowodory pod względem właściwości fizycznych i chemicznych stanowią jedną z najbardziej jednorodnych grup związków pierwiastków z wodorem? Od czego zależy moc kwasów tworzonych przez wodorki grupy 17.? Jak kształtują się wartości elektroujemności u fluorowców?

Dlaczego wiązania wodorowe występujące pomiędzy cząsteczkami HF należą do wyjątkowo silnych? Jak można wyjaśnić anomalną wysoką temperaturę wrzenia HF w porównaniu z innymi wodorkami grupy 17.?

2. Nauczyciel proponuje uczniom pracę w parach z animacją. Uczniowie przygotowują pytania do treści z animacji, które następnie zadają sobie nawzajem na forum klasy i udzielają odpowiedzi, a pozostali weryfikują poprawność merytoryczną wypowiedzi. W następnym kroku uczniowie dalej w parach wykonują zawarte w medium ćwiczenia.
3. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów. Przykładowe pytanie skierowane do uczniów: jaki odczyn mają roztwory wodne wodorków grupy 17. układu okresowego? Dlaczego HF pomimo małej masy cząsteczkowej ma wyższą temperaturę wrzenia niż HCl? Dlaczego kwas HF jest kwasem słabym? Co to jest halogenowodór?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam sobie, że...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Czego dziś się nauczyłem/łam...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

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

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Animacja/model 3D może być użyta jako forma utrwalająca w podsumowaniu lekcji lub jako forma wprowadzająca przed przystąpieniem do wykonywanych zadań.

Materiały pomocnicze:

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

- Jaki odczyn mają wodorki grupy 17. układu okresowego?
- Dlaczego HF pomimo małej masy cząsteczkowej ma wyższą temperaturę wrzenia niż HCl?
- Dlaczego kwas HF jest kwasem słabym?
- Co to jest halogenowodór?

2. Tablice maturalne: układ okresowy pierwiastków z elektroujemnością pierwiastków, stałe dysocjacji.