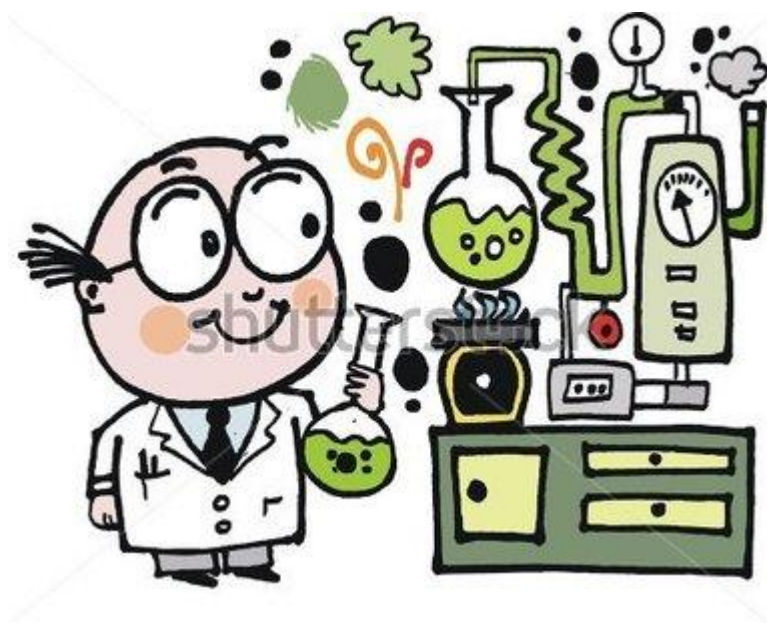


## Materiały dodatkowe do zajęć z chemii dla studentów



*Opracowała dr Anna Wiśła-Świder*

# REAKCJE CHEMICZNE ORAZ KLASYFIKACJA ZWIĄZKÓW NIEORGANICZNYCH

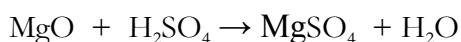
**Reakcja chemiczna** (przemiana chemiczna) - przemiana, w czasie której z jednych substancji powstają inne, o odmiennych właściwościach fizycznych i chemicznych.

Jako przykłady można wymienić:

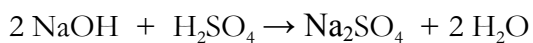
- rdzewienie żelaza i jego stopów - powierzchnia żelaza w wilgotnej atmosferze pokrywa się jego tlenkami w postaci brunatnych plam (powstają nowe związki chemiczne - tlenki żelaza).
- kwaśnienie mleka - w czasie fermentacji niektórych cukrów zawartych w mleku powstaje kwas mlekowy (nowy związek chemiczny) nadający mleku kwaśny smak.

**Równanie reakcji chemicznej** to umowny zapis przebiegu reakcji chemicznej. Równanie reakcji informuje nas o ilości i rodzaju substancji użytych do reakcji, tzw. substratów (substancje zapisane po lewej stronie równania, przed strzałką) oraz o ilości i rodzaju substancji powstałych w jej wyniku, tzw. produktów (substancje zapisane po prawej stronie równania, za strzałką). Substraty i produkty noszą nazwę reagentów. Strzałka ( $\rightarrow$ ) wskazuje kierunek przebiegu reakcji.

Równanie reakcji zapisuje się za pomocą symboli i wzorów:



Podobnie jak w równaniu matematycznym, liczba i rodzaj atomów po prawej stronie równania musi być taka sama jak po lewej stronie. Dlatego też należy uzgodnić równanie reakcji czyli wpisać przed symbolami lub wzorami odpowiednie liczby, tzw. **współczynniki stechiometryczne** (gdy współczynnik stechiometryczny jest równy 1, nie piszemy go w równaniu), np.



Aby liczba atomów sodu była taka sama, przed NaOH wpisujemy współczynnik 2

Aby „uzgodnić” atomy wodoru (taka sama ich liczba po lewej i prawej stronie równania), wpisujemy liczbę dwa przed H<sub>2</sub>O; po prawej stronie równania mamy teraz również 4 atomy wodoru:

Następnie sprawdzamy, czy liczba atomów tlenu jest taka sama po obu stronach równania. W ten sposób równanie zostało uzgodnione.

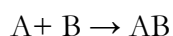
Jak prawidłowo należy odczytać równanie reakcji?

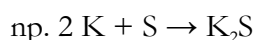
Dwie cząsteczki wodorotlenku sodu reagują z jedną cząsteczką kwasu siarkowego (VI), a w wyniku reakcji powstaje jedna cząsteczka siarczanu (VI) sodu i dwie cząsteczki wody.

## Typy reakcji chemicznych:

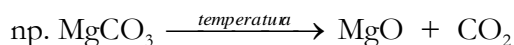
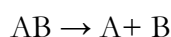
Ze względu na ilość substratów (substancje użyte do reakcji) i produktów (substancje powstające w wyniku reakcji) reakcje dzielimy na:

**a) reakcje syntezy** (łączenia) - reakcje, w których z dwu lub więcej substancji prostych powstaje jeden produkt.



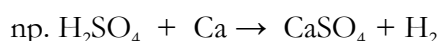
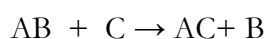


**b) reakcje analizy** (rozkładu) - reakcje, w których z jednego złożonego substratu powstają dwa lub więcej produktów.

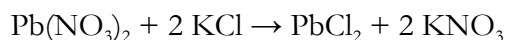
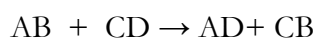


**c) reakcje wymiany** - reakcje, w których następuje wymiana składników między reagującymi substancjami.

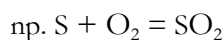
- **wymiany pojedynczej** - dwie lub więcej substancji (prostych i złożonych) przekształca się w dwie lub więcej nowych substancji, z których jedna jest prosta.



- **wymiany podwójnej** - w reakcji dwie lub więcej substancji złożonych przekształca się w inne substancje złożone.

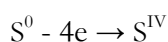


**d) reakcje redoks** - są to reakcje jednoczesnego utleniania i redukcji, w których pierwiastki występujące w tych przemianach zmieniają swoją wartościowość, a dokładniej mówiąc stopień utlenienia.



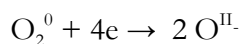
Jest to prosta reakcja utlenienia. W jej trakcie atom siarki zmienił stopień utlenienia z 0 na +IV, a atom tlenu z 0 na -II.

Utlenianiem- proces wzrostu stopnia utlenienia pierwiastka. Towarzyszy mu zawsze oddawanie elektronów:



Równocześnie tlen łącząc się z siarką obniżył swój stopień utlenienia. Uległ redukcji

pobierając elektrony:



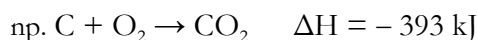
Substancja ulegająca redukcji nosi nazwę utleniacza, a reduktorem jest substancja, która się utlenia. Zapis procesów utleniania i redukcji pozwala na przeprowadzenie bilansu elektronowego i łatwe uzgodnienie reakcji redoks.

### Inne kryteria podziału reakcji chemicznych

#### a) Reakcje egzo- i endotermiczne

Pod względem energetycznym reakcje chemiczne dzielimy na egzotermiczne i endotermiczne:

- egzotermiczne: przebiegające z wydzielaniem ciepła z reagującego układu



- endotermiczne: przebiegające z pochłonięciem ciepła do reagującego układu



### b) Podział według doprowadzonej energii

W zależności od rodzaju doprowadzonej energii reakcje chemiczne można podzielić następująco:

- reakcje termiczne, zachodzące pod wpływem doprowadzonego ciepła
- reakcje elektrochemiczne, zachodzące pod wpływem energii elektrycznej, np.: reakcje utleniania na anodzie i reakcje redukcji na katodzie
- reakcje fotochemiczne, zapoczątkowane lub przyspieszane wskutek działania pola elektromagnetycznego, np. procesy fotograficzne
- reakcje fonochemiczne (sonochemiczne) zachodzące pod wpływem ultradźwięków, np. reakcje polimeryzacji lub depolimeryzacji
- reakcje radiacyjnochemiczne, zachodzące w substancji pod wpływem działania promieniowania jonizującego.

### c) Reakcje homo- i heterogeniczne

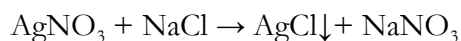
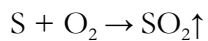
W zależności od ilości faz, w których występują reagenty reakcje chemiczne dzielimy na:

- - homogeniczne, czyli jednofazowe, zachodzące w jednej tylko fazie  
np. w fazie gazowej:  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{HCl}(\text{g})$   
w roztworze:  $\text{HNO}_3 + \text{NaOH} = \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- heterogeniczne, czyli wielofazowe zachodzące na granicy kilku faz, np. ciała stałego i cieczy lub ciała stałego i gazu  
np.  $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) = \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$

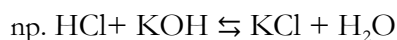
### d) Reakcje odwracalne i nieodwracalne

Reakcje chemiczne, które dobiegają do końca, tzn. aż do całkowitego zużycia się któregoś z substratów, nazywamy reakcjami nieodwracalnymi lub jednokierunkowymi

np. reakcje spalania lub wytrącania się osadu:



Reakcje odwracalne natomiast mogą przebiegać zarówno w jednym, jak i w przeciwnym kierunku według tego samego równania. Reakcja odwracalna w żadnym kierunku nie przebiega do końca, powstające produkty reagują ze sobą i zmieniają się z powrotem w substraty. Między substratami i produktami ustala się stan równowagi dynamicznej. Zależność między stężeniami reagujących substancji w stanie równowagi jest określona przez prawo działania mas Guldberga i Waagego.



## Klasyfikacja związków nieorganicznych.

Związki nieorganiczne dzielimy na pięć podstawowych grup: tlenki, wodorki, wodorotlenki, kwasy i sole.

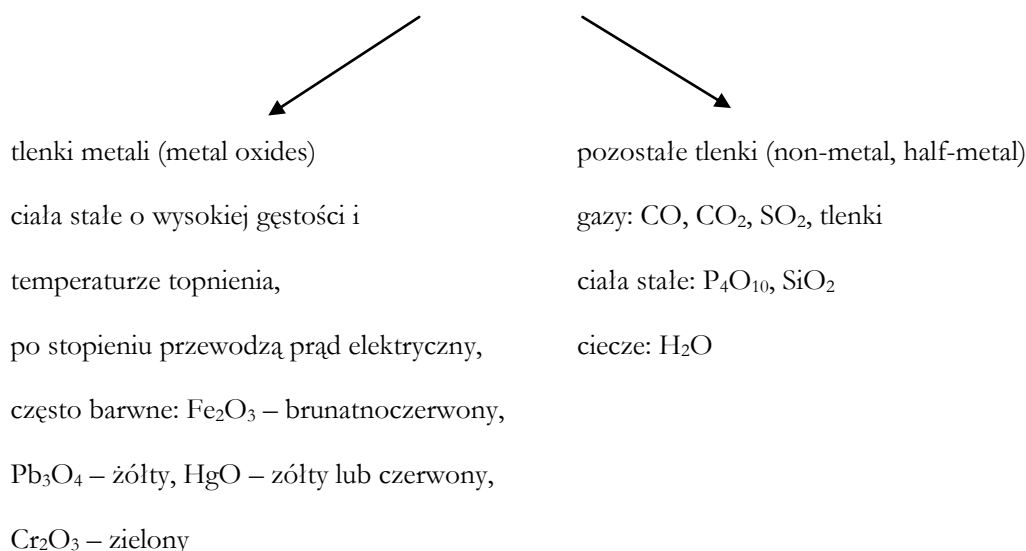
**TLENKI** - związki pierwiastków z tlenem o ogólnym wzorze:



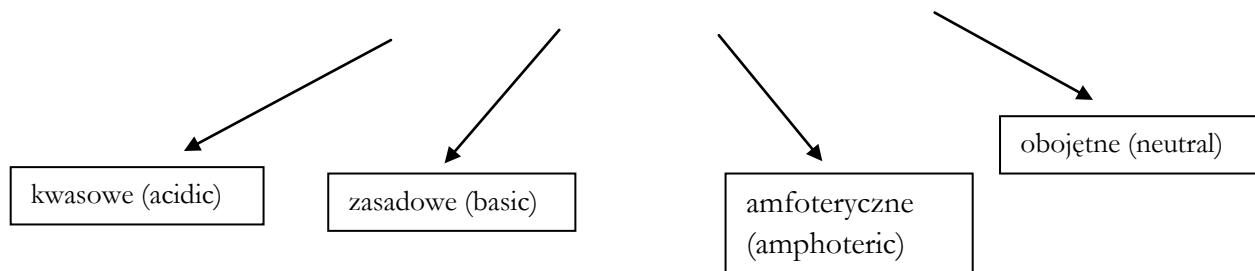
gdzie: E - dowolny pierwiastek, n, m - współczynniki. (tlen występuje zawsze na - II stopniu utlenienia).

### Podział i właściwości tlenków

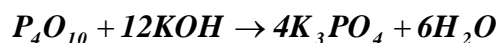
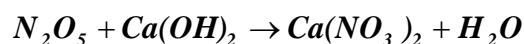
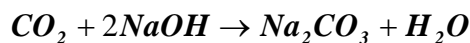
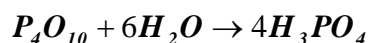
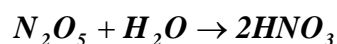
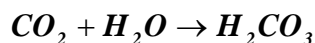
#### Podział tlenków ze względu na właściwości fizyczne



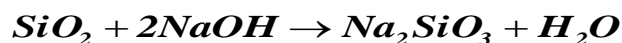
#### Podział tlenków ze względu na właściwości chemiczne



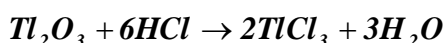
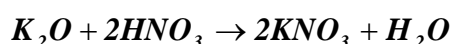
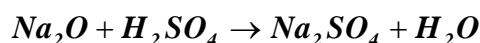
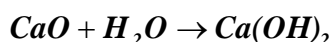
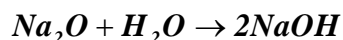
**tlenki kwasowe** (kwasotwórcze) – reagują z wodą dając kwasy i z zasadami dając sole: B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>, P<sub>4</sub>O<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, OF<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>O, Cl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:



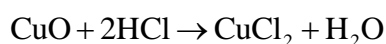
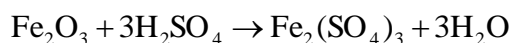
pozostałe tlenki kwasowe – reagują z zasadami dając sole, nie reagują z wodą; np. SiO<sub>2</sub>:



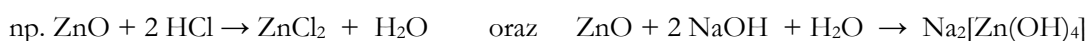
**tlenki zasadowe** (zasadotwórcze) – reagują z wodą dając zasady oraz z kwasami dając sole: tlenki I i II grupy układu okresowego oraz talu, poza tlenkiem berylu:



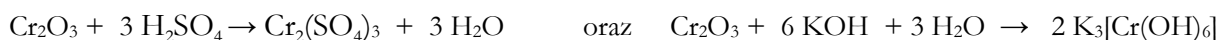
**pozostałe tlenki zasadowe** – reagują z kwasami dając sole, nie reagują z wodą: np.  $Fe_2O_3$ ,  $CuO$ ,  $NiO$ ,  $CoO$



**tlenki amfoteryczne** – reagują z kwasami i zasadami dając sole, nie reagują z wodą: np.  $ZnO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $As_2O_3$ ,  $BeO$ ,  $SnO$ ,  $PbO$ ,  $PbO_2$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $SnO$ ,  $SnO_2$ :



tetrahydroksocynkan sodu

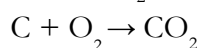
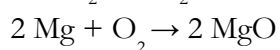
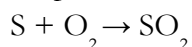


heksahydroksochromian(III) sodu

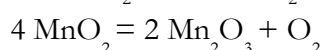
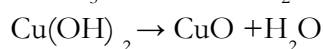
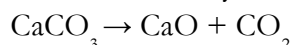
**tlenki obojętne** – nie reagują z kwasami, zasadami i wodą:  $CO$ ,  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $SiO$

**Tlenki** otrzymuje się najczęściej poprzez:

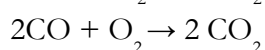
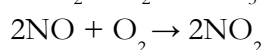
bezpośrednią syntezę:



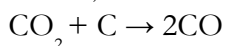
rozkład termiczny soli lub wodorotlenków i tlenków:



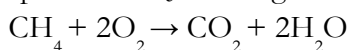
utlenianie tlenków na niższych stopniach utlenienia:



redukcje tlenków na wyższych stopniach utlenienia:



spalanie związków organicznych:



**Wodorki** - to związki chemiczne wodoru z dowolnym pierwiastkiem. Wzór ogólny wodorków możemy zapisać w zależności od tego, w której grupie znajduje się pierwiastek (E) tworzący związek:

- wodorki pierwiastków należących do grup od 1. do 15 o wzorze ogólnym:



np.  $\text{NH}_3$

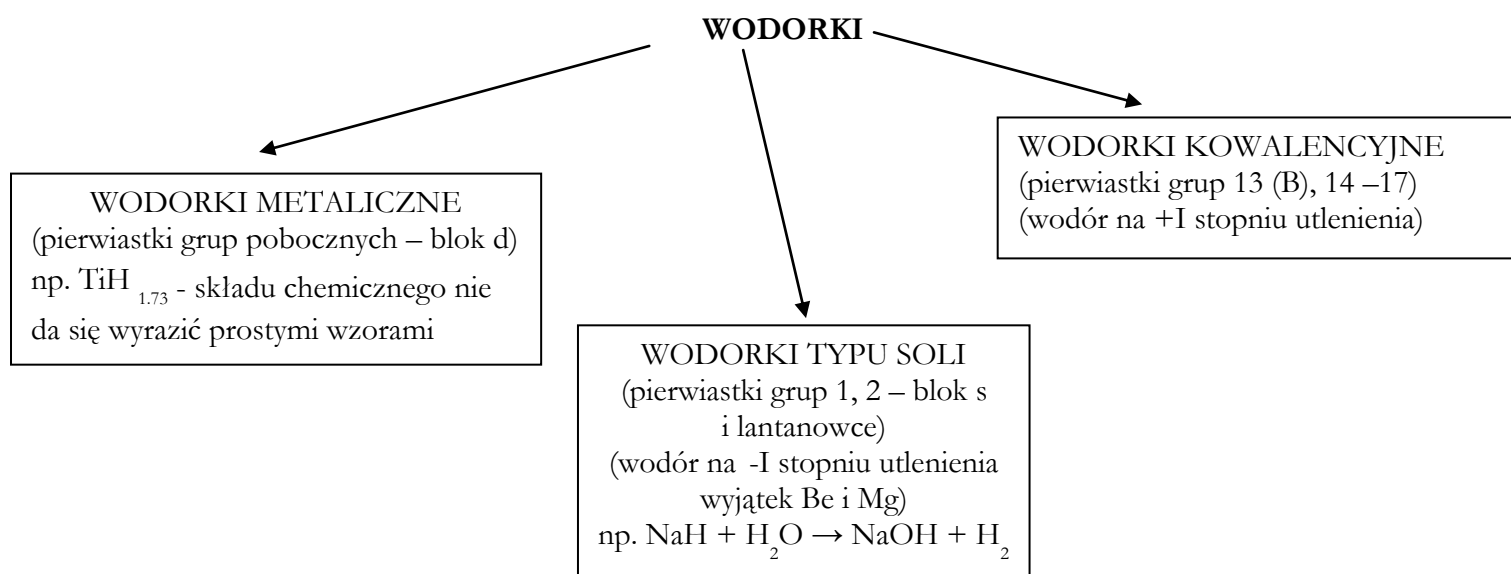
- wodorki pierwiastków należących do grup 16. i 17., których wzór ogólny przedstawia się następująco:



np.  $\text{H}_2\text{S}$ .

Charakter chemiczny wodorków jest silnie zróżnicowany; wodorki dzieli się ze względu na charakter wiązania pomiędzy pierwiastkiem a wodorem na trzy główne grupy:

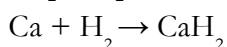
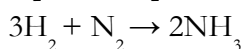
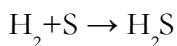
- wodorki typu soli
- wodorki kowalencyjne
- wodorki metaliczne



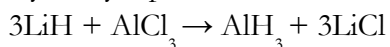
Wodorki ze względu na własności chemiczne - biorąc pod uwagę zachowanie się w stosunku do kwasów i zasad wodorki niemetalu dzieli się na wodorki:

- obojętne - nie reagują z wodą i są słabo rozpuszczalne np.  $\text{CH}_4$
- kwasowe - reagują z wodą tworząc kwasy a reagują z zasadami tworząc sole np.  $\text{HCl}$ ,  $\text{HI}$
- zasadowe - reagują z wodą tworząc zasady oraz reagują z kwasami tworząc sole np.  $\text{NH}_3$

Wodorki otrzymuje się najczęściej poprzez reakcję syntezy, np.:



reakcję wymiany, np.:



## Kwasy

to związki nieorganiczne zbudowane z kationów wodoru i reszty kwasowej, o ogólnym wzorze:



gdzie R oznacza resztę kwasową

### KWASY

#### beztlenowe (hydracids):

$HCl_{(aq)}$  – kwas chlorowodorowy (solny);  
hydrochloric acid

$H_2S_{(aq)}$  – kwas siarkowodorowy;  
hydrosulfuric acid

$HI_{(aq)}$  – kwas jodowodorowy; hydroiodic  
acid

$HF_{(aq)}$  – kwas fluorowodorowy;  
hydrofluoric acid

$HBr_{(aq)}$  – kwas bromowodorowy;  
hydrobromic acid

$HCN_{(aq)}$  – kwas cyjanowodorowy;  
hydrocyanic acid

#### tlenowe (oxoacids):

$H_2SiO_3$  – kwas metakrzemowy; metasilicic  
acid

$H_4SiO_4$  – kwas ortokrzemowy; orthosilicic  
acid

$H_2S_2O_3$  – kwas tiosiarkowy(VI); thiosulfuric  
acid

$HClO$  – kwas chlorowy(I); hypochlorous  
acid

$HClO_2$  – kwas chlorowy(III); chlorous acid

$HClO_3$  – kwas chlorowy(V); chloric acid

$HClO_4$  – kwas chlorowy(VII); perchloric  
acid

#### tlenowe:

$HNO_3$  – kwas azotowy(V); nitric acid

$HNO_2$  – kwas azotowy(III); nitrous  
acid

$H_2SO_4$  – kwas siarkowy(VI); sulfuric  
acid

$H_2SO_3$  – kwas siarkowy(IV); sulfurous  
acid

$H_2CO_3$  – kwas węglowy; carbonic acid

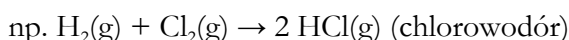
$H_3PO_4$  – orthophosphoric acid

$HPO_3$  – metaphosphoric acid

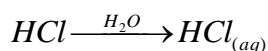
$H_4P_2O_7$  – pyrophosphoric acid

### Otrzymywanie kwasów beztlenowych - dwuetapowo

1) bezpośrednia synteza z pierwiastków:

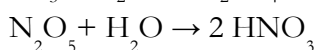
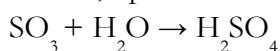


2) rozpuszczanie gazowego produktu w wodzie

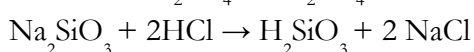
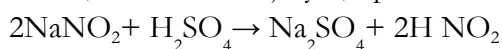


### Otrzymywanie kwasów tlenowych

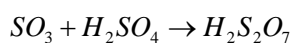
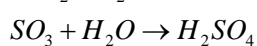
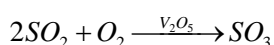
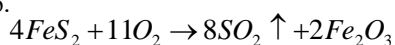
Kwasy tlenowe otrzymuje się poprzez rozpuszczenie odpowiedniego tlenku - bezwodnika kwasowego w wodzie, np.:



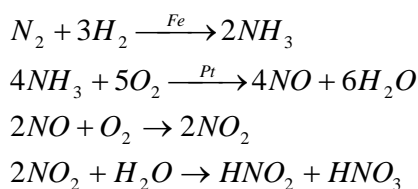
Kwasy beztlenowe jak i tlenowe można również otrzymać poprzez działanie na sól otrzymanego kwasu, kwasem silniejszym, np.:



lub np.

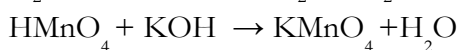
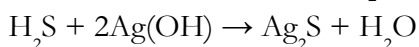
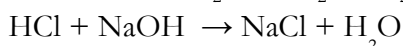
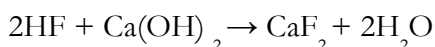
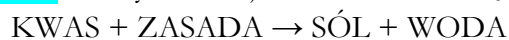




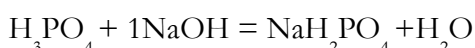


## TYPOWE REAKCJE KWASÓW

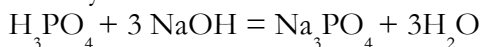
**Z zasadami:** kwasy w reakcji z zasadami tworzą sole - reakcje zobojętniania



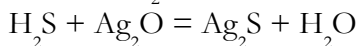
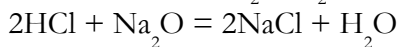
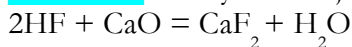
Reakcje zobojętniania: kwasy wieloprotonowe reagują z zasadami stopniowo, np.:



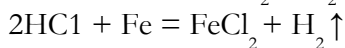
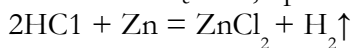
Sumarycznie:



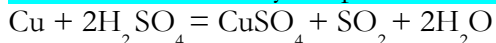
**Z tlenkami:** kwasy w reakcji z tlenkami tworzą sole, np.:



**Z metalami nieszlachetnymi:** kwasy w reakcji z metalami nieszlachetnymi wypierając wodór tworzą sole, np.:



**Z metalami szlachetnymi i półszlachetnymi:** reagują kwasy utleniające, np.:



**Wodorotlenki** - związki, które są zdolne do przyjmowania protonów, lub związki, które są zdolne do odszczepiania grup hydroksylowych.

Wodorotlenki to związki o ogólnym wzorze:

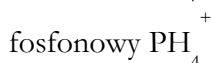
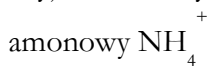


gdzie: E - pierwiastek;

OH<sup>-</sup> - grupa wodorotlenowa jednoujemna,

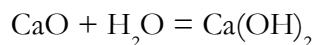
n - ilość grup wodorotlenowych = wartościowość kationu

Wyjątki: kationy:

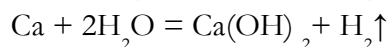
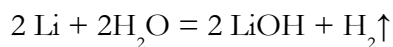


### Wodorotlenki otrzymuje się z reguły poprzez:

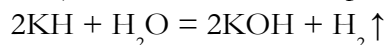
- rozpuszczenie odpowiedniego tlenku (bezwodnika zasadowego) w wodzie, np.:



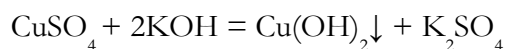
- w wyniku reakcji pierwiastka z wodą – pierwiastki grup 1 i 2, np.:



- w wyniku reakcji wodoroków z wodą, np.:



- w reakcji wymiany: działając silną zasadą na sól pierwiastka, którego tlenek jest nierozpuszczalny w wodzie, np.:



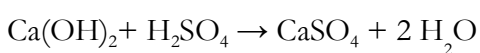
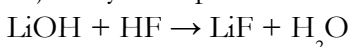
Do najważniejszych właściwości chemicznych wszystkich wodorotlenków należy:

- tworzenie z kwasami soli w reakcjach zobojętniania
- zdolność przyłączania protonów

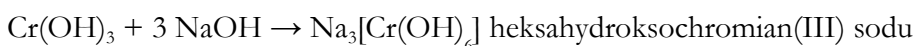
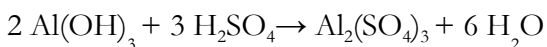
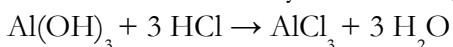
Ze względu na właściwości chemiczne wodorotlenki dzieli się na dwie grupy, a mianowicie na wodorotlenki zasadowe i amfoteryczne.

Wodorotlenki dzieli się na dwie grupy, a mianowicie na wodorotlenki zasadowe (wodorotlenki metali grup 1 i 2 oraz metali grup pobocznych na najniższym stopniu utlenienia) i amfoteryczne (wodorotlenki metali np.:  $\text{Be}(\text{OH})_2$ , metali grup pobocznych na pośrednich stopniach utlenienia oraz półmetali np.:  $\text{Si}(\text{OH})_4$ ,  $\text{As}(\text{OH})_3$ ).

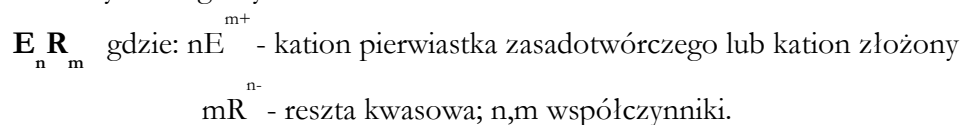
Wodorotlenki zasadowe - wodorotlenki metali grup 1, 2 (z wyjątkiem Be i Mg) i metali bloku d na najniższych stopniach utlenienia w reakcjach z kwasami tworzą sole, np.:



Wodorotlenki amfoteryczne: tworzą sole z kwasami jak i z zasadami, np.:

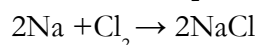
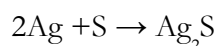


**Sole** związki chemiczne powstałe w wyniku reakcji zobojętnienia wodorotlenków kwasami tlenowymi i beztlenowymi o ogólnym wzorze:



**Otrzymywanie soli** - sole można otrzymać w następujących reakcjach:

1. Metal + niemetal - otrzymywanie soli kwasów beztlenowych, np.:



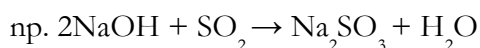
2. Bezwodnika kwasowego (tlenku niemetalu) z bezwodnikiem zasadowym (tlenku metalu)



3. Bezwodnika zasadowego (tlenku metalu) z kwasem



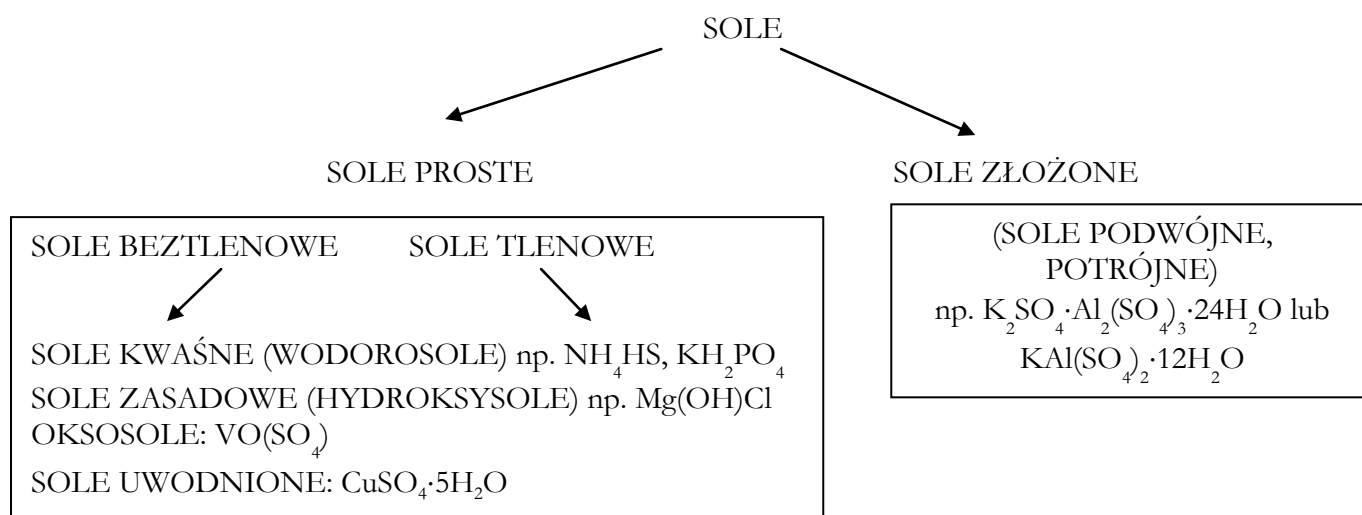
4. Zasady z bezwodnikiem kwasowym



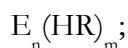
5. Metalu aktywnego z kwasem



6. Zobojętniania wodorotlenku kwasem



**Wodorosole** są to sole o ogólnym wzorze



gdzie:  $nE^{m+}$  - kation pierwiastka zasadotwórczego lub kation złożony

$mHR^{n-}$  - reszta kwasowa;  $n, m$  współczynniki.

**Wodorosole** - produkty niepełnego podstawienia wodorów w kwasach wielowodorowych (wieloprotonowych)

np. wodorooortofosforan(V) sodu  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$   
dwuwodorooortofosforan(V) sodu  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  
wodorowęglan amonu  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$

Hydroksosole są to sole o ogólnym wzorze:

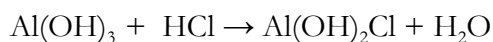


gdzie:  $n\text{E}^{m+}$  - kation pierwiastka zasadowczego lub kation złożony

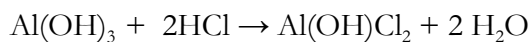
$m\text{R}^{n-}$  - reszta kwasowa; k, n, m współczynniki.

**Hydroksosole** - powstają w wyniku niezupełnego zobojętnienia grup hydroksylowych wodorotlenków

np. dwuchlorek wodorotlenek glinu  $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$ ,  
chlerek dwuwodorotlenek glinu  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$



lub



W cząsteczkach tych soli oprócz kationu metalu i reszty kwasowej znajdują się także grupy  $\text{OH}^-$  (sole te mogą powstawać w reakcji zobojętniania wodorotlenków zawierających więcej niż jedną grupę  $\text{OH}^-$ )

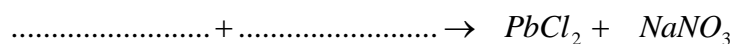
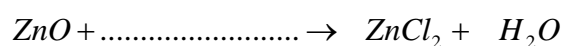
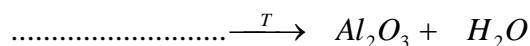
**Oksosole** - są to sole, w których w składzie występuje tlen nie będący częścią anionu,  
np.  $\text{VOSO}_4$

**Oksosole** można je traktować jako połączenie soli i tlenku, stąd ich nazwy siarczan(VI) tlenek wanadu (IV)

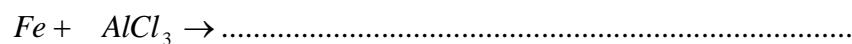
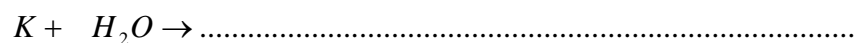
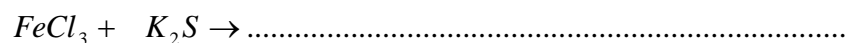
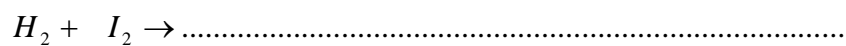
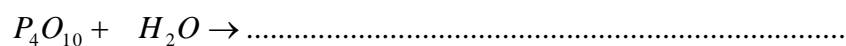
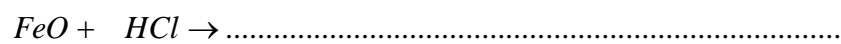
**Sole podwójne** - powstają poprzez równoczesną krystalizację dwu soli o wspólnym anionie  
np.  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  - 12 hydrat siarczanu(VI) glinu i potasu

### Przykładowe zadania - sprawdź się!!!

1. Uzupełnij następujące równania reakcji:



2. Dokończ równania następujących reakcji lub zaznacz, że reakcja nie zachodzi:



3. Zaproponuj zapisując równania odpowiednich reakcji chemicznych **pięć** metod otrzymywania **siarczanu(VI) magnezu**.

.....

.....

.....

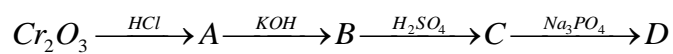
.....

.....

4. Na podstawie danych w tabeli, określ charakter chemiczny tlenków.

Tlenek	Wynik reakcji z:			Charakter chemiczny
	HCl	NaOH	H <sub>2</sub> O	
SeO <sub>3</sub>	—	+	+	
NO	—	—	—	
Ag <sub>2</sub> O	+	+	—	
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+	—	—	

5. Zapisz **oddzielnie** równania poszczególnych reakcji w podanym cyklu następujących przemian (substancje A, B, C, D są związkami chromu):



.....  
.....  
.....  
.....

6. Zaproponuj zapisując równania reakcji w formie cząsteczkowej cykl przemian prowadzący do otrzymania wodorotlenku żelaza(II), jeśli substancją wyjściową jest żelazo.

.....  
.....