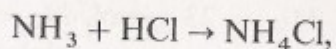


1. SOLE PROSTE I METODY ICH OTRZYMYWANIA

Solami prostymi nazywamy związki, których cząsteczki w roztworach dysocjują na kationy i aniony jednego rodzaju, z wyjątkiem jonów wodorowych i wodorotlenkowych. Do soli prostych należą więc chlorek potasu, węglan magnezu, siarczan(VI) żelaza(III) i inne. Najczęściej sole otrzymuje się działaniem kwasów na metale, ich tlenki lub wodorotlenki; tlenków kwasowych na tlenki zasadowe lub wodorotlenki; działaniem na sole innymi solami, kwasami lub tlenkami kwasowymi, wreszcie działaniem niemetali na metale. Stosowane są również reakcje specyficzne, których nie można zaliczyć do żadnej z wymienionych metod, jak np. otrzymywanie chlorku amonu przez bezpośrednią syntezę gazowego amoniaku z chlorowodorem:



która zachodzi w wyniku wytworzenia wiązania koordynacyjnego azot — wodór.

Sole w normalnych warunkach są na ogół ciałami stałymi. Rozpuszczalność soli w wodzie i innych rozpuszczalnikach jest ograniczona. Niektóre reakcje tworzenia się soli trudno rozpuszczalnych w wodzie są wykorzystywane w analizie chemicznej jakościowej do identyfikacji, lub w analizie chemicznej ilościowej do oznaczania zawartości składników. Reakcje takie najczęściej przeprowadza się w środowisku wodnym, mogą być również prowadzone w środowisku niewodnym, np. w gazach, w stanie stopionym lub w rozpuszczalnikach niewodnych.

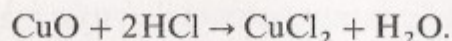
Otrzymywanie soli działaniem kwasów na metale, tlenki metali lub wodorotlenki

Reakcje otrzymywania soli niżej omówionymi metodami najczęściej są prowadzone w środowisku wodnym, gdyż najważniejsze mocne kwasy otrzymuje się w postaci roztworów wodnych.

Przykładami otrzymywania soli tą metodą są następujące reakcje:

- ✓ 1. $2\text{HCl} + \text{Zn} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
2. $8\text{HNO}_3 + 3\text{Cu} \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$
- ✓ 3. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CuO} \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- ✓ 4. $\text{HCl} + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$

Jak widać, we wszystkich czterech reakcjach produktami są sole. Jednakże pomyślny wynik reakcji zależy od właściwości chemicznych obydwu reagentów. Na przykład nie jest możliwe otrzymanie chlorku miedzi(II) przez działanie kwasem solnym na miedź, gdyż nie wypiera ona wodoru z roztworów kwasów (w szeregu aktywności metali miedź znajduje się na prawo od wodoru, jest więc od niego mniej aktywna, nie może więc zredukować jonu H^+ do atomu wodoru) kwas solny natomiast, a właściwie jon Cl^- , nie ma właściwości utleniających. Chlorek miedzi(II) można otrzymać natomiast w wyniku reakcji:

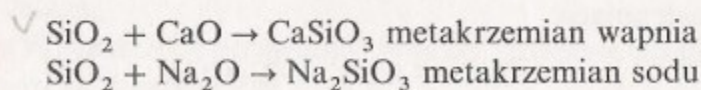


Ostatnia reakcja (4) nosi nazwę **reakcji zobojętniania** i zachodzi między każdym mocnym kwasem i zasadą.

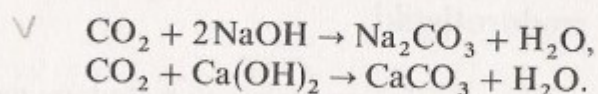
Otrzymywanie soli działaniem tlenków kwasowych na tlenki zasadowe lub wodorotlenki

Jako przykłady takich reakcji można podać:

1. Reakcje stapiania dwutlenku krzemu z tlenkiem wapnia lub tlenkiem sodu:

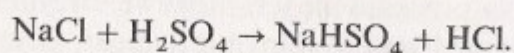


2. Reakcję dwutlenku węgla z wodorotlenkiem sodu lub wapnia:

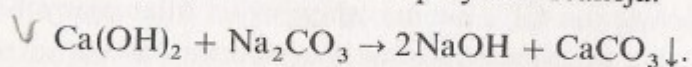


Otrzymywanie soli w wyniku reakcji soli z kwasami i zasadami lub solami z wykorzystaniem różnic w lotności, mocy lub rozpuszczalności produktów

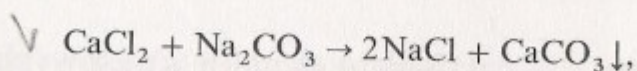
W rozdziale IV i V stosowano reakcje zasad lub kwasów z odpowiednimi solami, w wyniku których otrzymywano inne zasady lub kwasy. I tak działanie na chlorek sodu kwasem siarkowym(VI) powodowało wypieranie chlorowodoru i powstawanie wodorosiarczanu(VI) sodu:



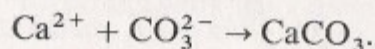
Metoda ta może być z powodzeniem stosowana do otrzymywania soli. Analogicznie, reakcje wodorotlenków z solami innych metali mogą prowadzić do otrzymywania soli. Na przykład reakcja:



Oczywiście reakcja ta nie jest wykorzystywana do otrzymywania soli. Zachodzi ona dlatego, że spośród wszystkich substratów i produktów tej reakcji węglan wapnia jest najtrudniej rozpuszczalny i strąca się z roztworu w postaci osadu. Na tej samej zasadzie polega otrzymywanie soli przez działanie na siebie dwóch soli. Na przykład po zmieszaniu roztworów chlorku wapnia i węglanu sodu zachodzi reakcja zgodnie z równaniem:

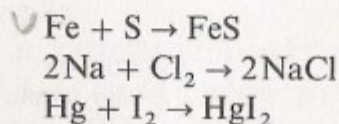


gdyż najtrudniej rozpuszczalną solą jest węglan wapnia, który natychmiast wytrąca się z roztworu w postaci osadu. Istotą powyższych reakcji otrzymywania węglanu wapnia zachodzących w roztworach jest to, że substraty są zdysocjowane i powstanie węglanu wapnia polega na łączeniu się jonów wapniowych i węglanowych. Możemy więc zapisać tę reakcję następująco:



Otrzymywanie soli przez działanie metali na niemetały

Metoda ta polega na syntezie metalu z niemetałem, która przebiega najczęściej w środowisku niewodnym. Przykładem takiej syntezy jest otrzymywanie soli kwasów beztlenowych, a więc chlorków, bromków, siarczków itd. Tą metodą można otrzymać siarczek żelaza(II), chlorek sodu, jodek rtęci(II) i inne.



ĆWICZENIA

Jodek ołowiu(II) PbI_2

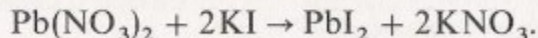
Jodek ołowiu(II) tworzy żółte blaszkowate kryształy trudno rozpuszczalne w zimnej wodzie, nieco lepiej w gorącej. W 100 g wody w temperaturze 20°C rozpuszcza się 0,069 g PbI_2 , a w 100°C — 0,463 g PbI_2 . Sól ta rozpuszcza się w nadmiarze jodku potasu oraz w stężonych roztworach mocnych zasad.

Jodek ołowiu(II) najłatwiej można otrzymać w wyniku reakcji jodku potasu lub sodu z rozpuszczalnymi w wodzie solami ołowiu(II), np. azotanem(V), octanem, chloranem(VII).

Otrzymywanie jodku ołowiu(II) z azotanu(V) ołowiu(II)

Azotan(V) ołowiu(II) jest solą ołowiu dobrze rozpuszczalną w wodzie. Ze względu na toksyczność (**właściwości trujące**) wszystkich związków ołowiu przy pracy z azotanem(V) ołowiu(II) należy zachować ostrożność.

Reakcja otrzymywania jodku ołowiu(II) przebiega zgodnie z równaniem:



Sprzęt:

Zlewka na 100 cm³
2 zlewki na 150 cm³
Zlewka na 250 cm³
2 zlewki na 600 cm³

Cylinder miarowy na 100 cm³
Zestaw do sączenia zwykłego z karbowanymi sączkami

<https://www.youtube.com/watch?v=WjMLfMc7uWo>

https://www.youtube.com/watch?v=E3Th3Tr_Nkc

https://www.youtube.com/watch?v=Hv7XsKNu_w0

Zestaw do sączenia pod zmniejszonym ciśnieniem

Lejek sitowy lub lejek z płytką z porowatego szkła

Zestaw do ogrzewania

Bibuła filtracyjna

Probówki

Odczynniki:

Jodek potasu — 10 g

Azotan(V) ołowiu(II) — 10 g

Alkohol etylowy 96% lub metylowy — 100 cm³

Jodek potasu, roztwór 1-molowy

Wodorotlenek sodu, roztwór 20%

Wykonanie:

Jodek potasu rozpuścić w 50 cm³ wody i w razie potrzeby przesączyć przez karbowany sączek do zlewki o poj. 250 cm³. Azotan(V) ołowiu(II) rozpuścić w 100 cm³ wody i jeśli zachodzi konieczność, przesączyć do zlewki o poj. 150 cm³, a następnie powoli wlewać, mieszając, do roztworu jodku potasu.

Otrzymany żółty osad oddzielić od roztworu przez dekantację, a następnie odsączyć na lejku sitowym i przepłukać na sączku ok. 100 cm³ zimnej wody.

Otrzymany osad jest drobnokrystaliczny. Aby otrzymać produkt grubokrystaliczny, należy odsączony osad z lejka przenieść do zlewki o poj. 600 cm³, dodać 400 cm³ wody i ogrzać prawie do wrzenia, mieszając od czasu do czasu zawartość zlewki. Gorący roztwór znad osadu zdekantować do drugiej zlewki i pozostawić w ciemnym miejscu do wykryształizowania. Wydzielone kryształy odsączyć, przemyć na sączku 5 cm³ alkoholu i wysuszyć na bibule w temperaturze 30°C w ciemności, a przesączyć włąć ponownie do pierwszej zlewki. Zlewkę wraz z osadem i roztworem, jak poprzednio, ogrzać prawie do wrzenia. Następnie zlać roztwór znad osadu i pozostawić ponownie do wykryształizowania. Otrzymane kryształy odsączyć, przepłukać alkoholem, wysuszyć i dołączyć do poprzedniej porcji. Proces powtarzać dopóki cały preparat zostanie przekryształizowany. Następnie otrzymany preparat zważyć i obliczyć wydajność.

Jeżeli preparat nie musi być koniecznie w postaci grubokrystalicznej, dla zaoszczędzenia czasu można go po odsączeniu na lejku sitowym przemyć 2—3 razy 50 cm³ porcjami wody, a następnie 2 razy 20 cm³ porcjami etanolu. Po wyplukaniu w alkoholu wysuszyć w 30°C, zważyć i obliczyć wydajność.

Badanie właściwości otrzymanego preparatu

1. Do próbówki zawierającej niewielką ilość preparatu dodawać kroplami 1-molowy roztwór jodku potasu aż osad rozpuści się.

2. Do próbówki zawierającej niewielką ilość preparatu dodawać kroplami 20% roztwór wodorotlenku sodu. Obserwować, czy osad się rozpuszcza.

3·Hydrat azotanu(V) miedzi(II) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

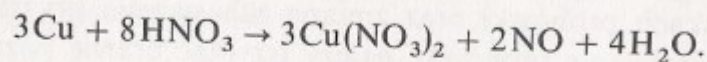
3·Hydrat azotanu(V) miedzi(II), zwany azotanem(V) miedzi(II), tworzy niebieskie, higroskopijne kryształy o gęstości $\rho = 2,05 \text{ g/cm}^3$ i temperaturze topnienia $114,5^\circ\text{C}$. Ogrzewany do temperatury 170°C rozkłada się na tlenek miedzi(II) i tlenki azotu. Doskonale rozpuszcza się w wodzie w temperaturze bliskiej 0°C , krystalizuje jako sól $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, która powyżej 27°C przechodzi w 3·hydrat azotanu(V) miedzi(II).

Azotan(V) miedzi(II), podobnie jak wszystkie dobrze rozpuszczalne sole miedzi, jest **silną trucizną**, dlatego podczas otrzymywania go lub pracy z tą solą należy zachować ostrożność.

Azotan(V) miedzi(II) można otrzymać przez działanie rozcieńczonym kwasem azotowym(V) na tlenek lub wodorotlenek miedzi(II) albo przez działanie na metaliczną miedź rozcieńczonym w stosunku 1 : 1 stężonym kwasem azotowym(V).

Otrzymywanie azotanu(V) miedzi(II) z metalicznej miedzi

Podczas działania rozcieńczonego w stosunku 1 : 1 stężonego kwasu azotowego(V) o gęstości $\rho = 1,4 \text{ g/cm}^3$ na metaliczną miedź reakcja przebiega według równania:



Ze względu na wydzielanie się tlenku azotu(II), który jest **silnie trujący**, podobnie jak powstający z niego w obecności tlenu powietrza tlenek azotu(IV) NO_2 , reakcję należy wykonywać pod sprawnie działającym wyciągiem. Aby przyspieszyć roztwarzanie miedzi, można ją odtłuścić, używając do tego celu jednego z powszechnie stosowanych w gospodarstwie domowym środków do mycia naczyń lub preparatów do odtłuszczania metali, a następnie płucząc w dużej ilości wody wodociągowej. Odtłuszczanie miedzi można też przeprowadzić za pomocą płukania w benzynie ekstrakcyjnej (patrz otrzymywanie siarczanu(VI) żelaza(II)), a następnie po odparowaniu rozpuszczalnika wypłukać w stężonym amoniaku i w wodzie. W tym przypadku czynności te należy wykonać pod wyciągiem.

Sprzęt:

Zestaw do sączenia pod zmniejszonym ciśnieniem
Zestaw do sączenia zwykłego z sączkiem karbowanym
Cylinder miarowy na 100 cm³
Parownica porcelanowa lub szklana
Szkielko zegarkowe
Zestaw do ogrzewania
Łaźnia wodna
Eksykator
Probówki

Odczynniki:

Miedź metaliczna odtłuszczona (opiłki, wiórki, cienki drut pocięty na małe ok. 1 cm kawałki itp.) — 10 g
Kwas azotowy(V), roztwór 1 : 1 — 100 cm³

Wykonanie:

Pod sprawnie działającym wyciągiem ustawić na siatce (przypis s. 8) leżącej na trójnogu zlewkę o poj. 250 cm³, zawierającą 10 g odtłuszczonej miedzi. Do zlewki wlać 100 cm³ kwasu azotowego(V) 1 : 1 i wraz z zawartością ogrzewać małym płomieniem do rozpuszczenia miedzi. Otrzymany roztwór po ostudzeniu przesączyć przez sączek karbowany do parownicy i odparować do rozpoczęcia się krystalizacji zwracając

uwagę, aby nie przegrzać preparatu, a następnie odstawić do krystalizacji w chłodnym miejscu.

Wydzielone kryształy odsączyć na lejku z porowatą płytką szklaną i wysuszyć w eksykatorze na wytarowanym szkiełku zegarkowym. Po wysuszeniu otrzymany preparat zważyć i obliczyć wydajność.

Badanie właściwości otrzymanego preparatu

Niewielką ilość preparatu umieścić w probówce, następnie ogrzewać pod wyciągiem na małym płomieniu palnika do stopienia kryształów. Następnie ogrzewając silniej doprowadzić do rozkładu azotanu(V) miedzi(II). Napisać równanie reakcji rozkładu azotanu(V) miedzi(II) oraz podać zabarwienia produktów reakcji.

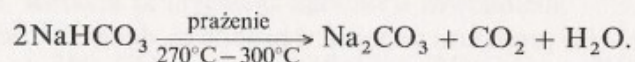
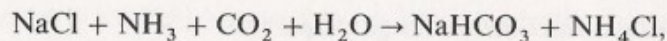
Węglan sodu Na_2CO_3

Węglan sodu jest jedną z pospolitych soli sodowych. Potocznie nazywany jest sodą, występuje w postaci uwodnionej jako soda krystaliczna $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Soda krystaliczna tworzy przezroczyste, bezbarwne, wietrzejące na powietrzu kryształy o gęstości $\rho = 1,44 \text{ g/cm}^3$. Topi się we własnej wodzie krystalizacyjnej w temperaturze $33,5^\circ\text{C}$, tracąc stopniowo wodę krystalizacyjną. Całkowite odwodnienie węglanu sodu zachodzi w temperaturze 100°C .

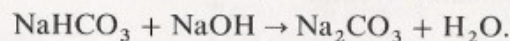
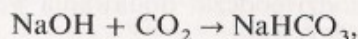
Bezwodny węglan sodu nosi nazwę sody kalcynowanej. Jest to biały proszek o temperaturze topnienia 851°C i gęstości $\rho = 2,5 \text{ g/cm}^3$. Dobrze rozpuszcza się w wodzie. Podczas rozpuszczania bezwodnego węglanu sodu w wodzie wydziela się ciepło.

Węglan sodu jest solą słabego kwasu węglowego i mocnej zasady sodowej, dlatego roztwory wodne tej soli mają odczyn wyraźnie zasadowy. Reaguje również z kwasami mocniejszymi od kwasu węglowego (oraz z dwutlenkiem węgla), tworząc początkowo jony wodorowęglanowe, a następnie kwas węglowy.

Na skalę techniczną węglan sodu otrzymuje się tzw. metodą amoniakalną (Solwaya), w której surowcami są roztwór chlorku sodu (solanka), amoniak i dwutlenek węgla. W procesie tym produktem pośrednim jest wodorowęglan sodu, który podczas prażenia rozkłada się na węglan sodu, dwutlenek węgla i wodę. Reakcje otrzymywania sody tą metodą można przedstawić następująco:



W laboratorium węglan sodu otrzymuje się najczęściej przez prażenie wodorowęglanu sodu (patrz rozdz. VIII — *Sole bezwodne*) lub przez działanie na roztwór wodorotlenku sodu gazowym dwutlenkiem węgla aż do wytworzenia wodorowęglanu sodu, który zadaje się stechiometryczną ilością wodorotlenku sodu, w wyniku czego powstaje węglan sodu. W tym przypadku przebieg reakcji jest następujący:



Otrzymywanie węglanu sodu z wodorotlenku sodu

Sprzęt:

Kolba kulista lub stożkowa na 200 cm^3

Zestaw do sączenia pod zmniejszonym ciśnieniem

Lejek sitowy z sączkiem

Krystalizator

Cylinder miarowy na 100 cm^3

Rurka szklana

Wąż gumowy do doprowadzenia gazu

Odczynniki:

Wodorotlenek sodu — 20 g

Dwutlenek węgla z aparatu Kippa lub z butli

Kwas solny 1-molowy

Wykonanie:

Z 20 g wodorotlenku sodu przygotować 100 cm³ roztworu. Połowę przygotowanego roztworu nasycać w kolbie, ciągle mieszając, dwutlenkiem węgla aż do momentu, gdy przestanie wytrącać się osad wodorowęglanu sodu. Następnie do mieszaniny reakcyjnej wlać pozostałą część roztworu wodorotlenku sodu, w wyniku czego powstały osad NaHCO₃ rozpuści się. Otrzymany roztwór zatężyć przez ogrzewanie do połowy objętości i pozostawić do krystalizacji. Otrzymane kryształy odsączyć i wysuszyć w zwykłej temperaturze.

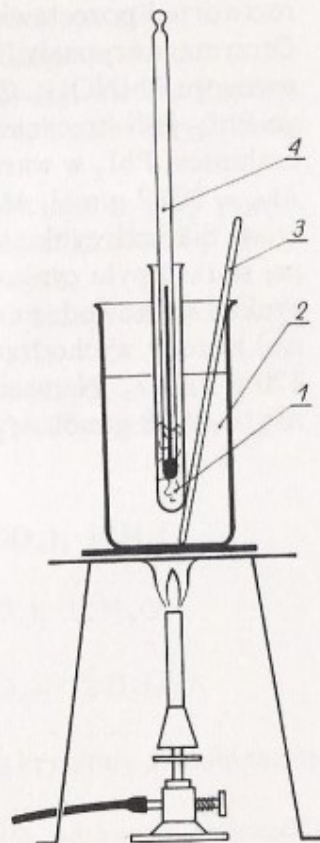
Badania właściwości otrzymanego preparatu

1. Do probówki włożyć termometr o skali 0—100°C i obsypać go drobnymi kryształami preparatu, tak aby całkowicie pokryły zbiornik rtęci (rys. VI-2). Następnie zlewkę na 250 cm³ napełnić w 2/3 objętości w zlewce. Mieszając intensywnie bagietką, ogrzewać wodę w zlewce małym płomieniem, obserwując zmiany temperatury.

W momencie gdy kryształy zaczną się topić, odczytać temperaturę i zapisać. Ogrzewanie kontynuować aż do stopienia ostatniego kryształu i ponownie zanotować temperaturę.

2. Do probówki ze stopionym preparatem dolać kilka cm³ wody, a następnie zbadać odczyn otrzymanego roztworu za pomocą papierka fenoloftaleinowego lub wskaźnika uniwersalnego, albo za pomocą roztworu fenoloftaleiny.

3. Roztwór zakwaszać powoli wkraplając 1-molowy kwas solny. Obserwować zmiany zachodzące w roztworze. Napisać równanie reakcji.



Rys. VI-2. Badanie temperatury topnienia krystalicznego węgla sodu: 1 — probówka z węglanem sodu, 2 — zlewka z wodą, 3 — bagietka szklana, 4 — termometr