

OTRZYMYWANIE I BADANIE WŁAŚCIWOŚCI KWASÓW NIEORGANICZNYCH

Kwas metafosforowy (HPO_3), ortofosforowy (H_3PO_4) i borowy (H_3BO_3) są ważnymi kwasami nieorganicznymi stosowanymi w różnych dziedzinach technologii chemicznej.

Kwas metafosforowy (HPO_3)

Wzór chemiczny: HPO_3 (monomer), jednak kwas metafosforowy występuje często jako oligomeryczne lub polimeryczne formy.

Właściwości:

- Stan skupienia: Ciało stałe, bezbarwne i szkliste w formie oligomerów lub polimerów.
- Rozpuszczalność: Dobrze rozpuszczalny w wodzie, tworząc bezbarwny roztwór.
- Kwasowość: Jest kwasem średnio mocnym, słabszym od kwasu ortofosforowego.
- Budowa: Występuje w formie cyklicznej lub łańcuchowej, składając się z grup PO_4 połączonych wiązaniami P-O-P.

Produkcja:

Kwas metafosforowy jest produkowany przez dehydratację kwasu ortofosforowego (H_3PO_4) w podwyższonej temperaturze: $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Zastosowanie:

- Przemysł nawozowy: Stosowany w nawozach o kontrolowanym uwalnianiu fosforu.
- Przemysł chemiczny: Używany jako katalizator w niektórych procesach chemicznych.
- Przemysł szklarski: Jako dodatek do produkcji szkła specjalnego (szkła fosforanowego), które ma unikalne właściwości optyczne.
- Laboratoria chemiczne: Jako reagent w niektórych reakcjach chemicznych, szczególnie w syntezie organicznej.

Kwas ortofosforowy (H_3PO_4)

Właściwości:

- Stan skupienia: Ciał stałe (krystaliczne) lub syropowata ciecz.
- Rozpuszczalność: Bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie, tworząc kwas o umiarkowanej mocy.
- Kwasowość: Silny kwas trójjasadowy, może oddać trzy protony ($pK_{a1} = 2.15$, $pK_{a2} = 7.20$, $pK_{a3} = 12.35$).
- Budowa: Zawiera grupy fosforanowe (PO_4^{3-}), które są podstawą wielu soli i estrów fosforowych.

Produkcja:

Kwas ortofosforowy jest produkowany na skalę przemysłową na dwa główne sposoby:

- Metoda termiczna: Reakcja fosforu (P_4) z tlenem (O_2), a następnie absorpcja fosforanu(V) w wodzie:
 - $P_4 + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$
 - $P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$
- Metoda mokra: Reakcja fosforytów ($Ca_3(PO_4)_2$) z kwasem siarkowym (H_2SO_4):
 - $Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$

Zastosowanie:

- Przemysł nawozowy: Jest jednym z kluczowych składników nawozów fosforowych (np. superfosfaty).
- Przemysł spożywczy: Stosowany jako regulator kwasowości w napojach gazowanych i konserwach w przetwórstwie żywności.
- Przemysł chemiczny: Wykorzystywany w produkcji fosforanów, detergentów, kwasów polifosforowych oraz jako katalizator w niektórych reakcjach organicznych.
- Obróbka metali: Stosowany do fosforanowania powierzchni metalowych, co zwiększa ich odporność na korozję.
- Przemysł farmaceutyczny: W produkcji farmaceutyków i dodatków do żywności.

Kwas borowy (H_3BO_3)

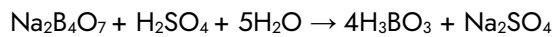
Właściwości:

- Stan skupienia: Ciał stałe, białe, krystaliczne.
- Rozpuszczalność: Dobrze rozpuszczalny w wodzie; w roztworze wodnym wykazuje właściwości słabego kwasu.
- Kwasowość: Jest słabym kwasem jednoprotanowym ($pK_a = 9.24$).

- Budowa: Tworzy płaskie struktury, w których atom boru jest otoczony przez trzy grupy hydroksylowe (OH).

Produkcja:

Kwas borowy otrzymuje się głównie poprzez zakwaszenie roztworów boranów (np. boraksu, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), zwykle przy użyciu kwasu solnego (HCl) lub siarkowego (H_2SO_4):



Zastosowanie:

- Przemysł szklarski: Kwas borowy jest stosowany do produkcji szkła borokrzemowego (odpornego na wysokie temperatury i szoki termiczne), używanego w laboratoriach i kuchni.
- Środki antyseptyczne i konserwujące: Kwas borowy wykazuje właściwości antybakteryjne i grzybobójcze, dlatego jest stosowany w farmacji i medycynie.
- Przemysł chemiczny: Stosowany jako źródło boru w syntezie związków boru, takich jak borowodory (np. NaBH_4).
- Nawozy: Jest składnikiem nawozów, dostarczając roślinom niezbędny bor, który jest mikroelementem kluczowym dla ich wzrostu.
- Przemysł ceramiczny: Stosowany jako składnik szklivi i emalii w ceramice, które nadają wyrobom wysoką trwałość i odporność chemiczną.

Podsumowanie:

- Kwas metafosforowy to forma polimeru kwasu fosforowego, używana głównie w szkłe specjalnym i nawozach.
- Kwas ortofosforowy jest jednym z najważniejszych kwasów fosforowych stosowanym szeroko w przemyśle chemicznym, spożywczym i nawozowym.
- Kwas borowy to słaby kwas o szerokim zastosowaniu w produkcji szkła, ceramiki, antyseptykach i nawozach.

Otrzymywanie kwasu metafosforowego(V) z tlenku fosforu(V)

Sprzęt i odczynniki:

- Parownica,
- zlewka 250 ml,
- bagietka szklana,
- łyżeczka porcelanowa
- tlenek fosforu(V) - 10 g

Wykonanie:

1. Niewielkie porcje (ok. 0,5-1 g) tlenku fosforu(V) wsypywać bardzo powoli, intensywnie mieszając, do wstawionej do naczynia z lodem lub zimną wodą zlewki zawierającej 100 cm³ wody. Po rozpuszczeniu całej porcji, tj. 10 g tlenku fosforu(V), tak aby roztwór był cały czas zimny, otrzymuje się ok. 10% roztwór kwasu metafosforowego(V),
2. Tlenek fosforu(V) rozsypać cienką warstwą w parownicy i pozostawić na powietrzu. Tlenek fosforu(V) jest substancją higroskopijną i chłonec wilgoć z powietrza szybko przechodzi w kwas metafosforowy(V). Przez zmywanie wytworzonego kwasu, zawierającego nieco P₂O₅, wodą z lodem otrzymuje się roztwór kwasu metafosforowego(V).

Wody należy wziąć tyle, aby otrzymany roztwór miał objętość ok. 100 ml, wówczas stężenie jego w przybliżeniu wynosi ok 10%. Dokładniej można określić stężenie procentowe otrzymanego roztworu ważąc go. Ponieważ wiadomo ile P₂O₅ wzięto do reakcji, obliczyć masę HPO₃, a stąd stężenie roztworu w procentach masowych.

Otrzymywanie kwasu ortofosforowego(V) z kwasu metafosforowego(V)

Kwas ortofosforowy(V) można otrzymać przez ogrzewanie, w obecności kwasu azotowego(V) jako katalizatora, roztworu kwasu metafosforowego(V). Do otrzymania kwasu ortofosforowego(V) można wykorzystać kwas metafosforowy(V) otrzymany metodą opisaną poprzednio.

Sprzęt i odczynniki:

- zlewka na 150 ml,
- cylinder miarowy 50 ml,
- zestaw do ogrzewania,

- pipeta wielomiarowa 5 i 10 ml,
- bagietka szklana
- Kwas metafosforowy(V), ok 10% roztwór - 50 ml,
- kwas azotowy(V) stężony - 2-3 krople,
- kwas azotowy(V) 1M - 10 ml

Wykonanie:

Do zlewki zawierającej 50 ml wody dodać 2-3 krople stężonego kwasu azotowego(V) (lub 2-3 cm³ 1-molowego HNO₃), a następnie 50 ml 10% roztworu kwasu metafosforowego(V). Zlewkę z roztworem ogrzewać na siatce pod wyciągiem laboratoryjnym, tak aby roztwór lekko wrzał przez ok. pół godziny. Aby uniknąć przegrzewania się cieczy, należy do zlewki włożyć bagietkę i razem z nią ogrzewać roztwór.

Otrzymany roztwór kwasu ortofosforowego(V) ostudzić i zbadać jego właściwości.

Badanie właściwości otrzymanych kwasów metafosforowego(V) i ortofosforowego(V)

Sprzęt i odczynniki:

- Probówki - 10 sztuk,
- zlewka 100 ml,
- mała parownicza,
- pipeta 5 i 10 ml
- Azotan(V) srebra(I) 0,1M,
- białko jaja kurzego rozcieńczone wodą destylowaną w stosunku 1 cz. białka + 9 cz. wody,
- Mieszanina magnezowa lub: amoniak 2M,
- chlorek magnezu 1M
- chlorek amonu 2 M,
- wodorotlenek sodu 1 M,
- papierki uniwersalne, wskaźnikowe i lakmusowe.

Wykonanie:

1. Próba z azotanem(V) srebra(I)

Do jednej z probówek wlewa się ok. 1 cm³ roztworu kwasu metafosforowego(V), a do drugiej ok. 1 cm kwasu ortofosforowego(V), następnie zobojętnia się obydwa roztwory

rozcieńczonym roztworem wodorotlenku sodu, dodając go po kropli z pipety i badając odczyn papierkiem wskaźnikowym. Do zobojętnionych roztworów kwasów dodaje się po ok. 1 cm³ roztworu azotanu(V) srebra i obserwuje wytrącanie się osadów i ich zabarwienie.

Podać wyniki obserwacji i napisać reakcje zobojętniania obydwu kwasów oraz tworzenia osadów metafosforanu(V) srebra(I) i ortofosforanu(V) srebra(I).

2. Próba z mieszaniną magnezową.

Jeżeli w laboratorium nie ma gotowej mieszaniny magnezowej, można ją łatwo przygotować mieszając równe objętości roztworu amoniaku, chlorku amonu i chlorku magnezu o stężeniach podanych w spisie odczynników. Próbę z tak otrzymaną mieszaniną magnezową należy wykonać następująco:

W dwóch probówkach umieścić oddzielnie po kilka ml obydwu kwasów i dodać do każdej równą objętość mieszaniny magnezowej. W probówce z kwasem ortofosforowym(V) powinien strącać się biały drobnokrystaliczny osad ortofosforanu(V) amonu i magnezu.

Napisać reakcję tworzenia się tej soli w sposób jonowy i cząsteczkowy.

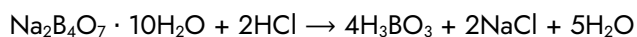
3. Próba z białkiem

Białko jaja kurzego rozcieńczyć wodą ok. 10 razy, rozcierając w parownicy lub zlewce łyżeczką porcelanową, a najlepiej palcem (czystym!). Nie wstrząsać, gdyż tworzy pianę. Do probówek nalać jak poprzednio obydwu kwasów i dodać po kilka cm³ roztworu białka. Tylko kwas metafosforowy(V) powinien ściąć białko (wytrąci się osad), ścinanie białka przez drugi roztwór świadczy o tym, że zawiera on kwas metafosforowy(V), a więc był zbyt krótko gotowany.

Otrzymywanie kwasu borowego H₃BO₃

Kwas borowy otrzymuje się przez działanie stężonym kwasem solnym na nasycany roztwór boraksu.

Reakcja przebiega zgodnie z równaniem:



Sprzęt i odczynniki:

2 zlewki 150 ml,

zestaw do sączenia pod zmniejszonym,

lejek z płytką z porowatego szkła,

cylinder miarowy 50 ml,

zestaw do ogrzewania,

probówki,

bagietka szklana.

Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) - 20 g,

HCl 8 M,

AgNO_3 0,1 M,

HNO_3 1 M,

papierki wskaźnikowe, uniwersalne + wskaźniki (w zakraplaczach).

Wykonanie:

W 50 ml wrzącej wody destylowanej rozpuścić 20 g boraksu, a następnie powoli dodać 30 ml ok. 8-molowego kwasu solnego. Otrzymany roztwór ochłodzić do temperatury pokojowej lub niższej, np. wstawiając do naczynia z zimną wodą. Wydzielone kryształy odsączyć pod zmniejszonym ciśnieniem na lejku z porowatą płytką szklaną i przepłukać niewielką ilością zimnej wody destylowanej.

Otrzymany preparat można przekrystalizować. W tym celu należy go przenieść do zlewki, zalać 75 ml wody destylowanej i ogrzać aż do rozpuszczenia. Jeżeli preparat mimo ogrzewania do wrzenia roztworu nie rozpuszcza się całkowicie, dodać kilka ml wody destylowanej. Po rozpuszczeniu preparatu roztwór pozostawić do krystalizacji w temperaturze pokojowej.

Wydzielone kryształy odsączyć od roztworu jak poprzednio i przemyć małymi porcjami zimnej wody destylowanej aż do zaniku reakcji na jony Cl^- (przesącz zakwaszony kwasem azotowym(V) nie powinien dawać zmętnienia z azotanem(V) srebra).

Otrzymany preparat dobrze odsączyć od wody na lejku z płytką ze szkła porowatego, a następnie przełożyć na bibułę lub szkiełko zegarkowe i wysuszyć na powietrzu lub w suszarce w temperaturze nie wyższej niż 70°C.

Suchy preparat zważyć i obliczyć wydajność.

Badanie właściwości kwasu borowego

1. W probówce zawierającej 15 ml wody rozpuścić ok. 0,1 g kwasu borowego. Za pomocą papierka wskaźnikowego uniwersalnego lub kompletu roztworów wskaźników określić pH roztworu. Obliczyć stężenie molowe otrzymanego roztworu kwasu borowego.
2. Przygotować roztwór kwasu solnego o stężeniu możliwie zbliżonym do stężenia roztworu kwasu borowego i zbadać pH tego roztworu jak poprzednio.

Czy kwas borowy jest kwasem mocnym czy słabym?

3. Przeprowadzić próbę płomieniową dla r-ru kwasu borowego