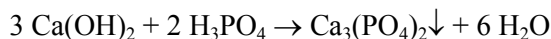


2 A Ortofosforan(V) wapnia

Wprowadzenie

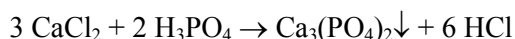
Ortofosforan(V) wapnia to trudno rozpuszczalna, biała sól kwas ortofosforowego(V) (H_3PO_4) oraz wodorotlenku wapnia ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Powstaje ona w wyniku reakcji **zobojętnienia** dwóch substancji:



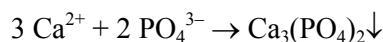
a w formie jonowej:



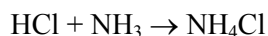
Ze względu jednak na słabą rozpuszczalność wodorotlenku wapnia w wodzie (jedynie 0,17 g na 100 g wody) stosuje się zamiast niego dobrze rozpuszczalną sól – chlorek wapnia (CaCl_2). Biegnie wówczas reakcja **wymiany podwójnej**, w której tworzy się ortofosforan(V) wapnia i kwas solny:



a w formie jonowej:



Wadą tej metody jest powstawanie mocnego kwasu (HCl), który może roztrzącać powstający osad, dając z powrotem chlorek wapnia i kwas ortofosforowy(V). Aby tego uniknąć, dodaje się roztworu amoniaku (NH_3), który działa jak zasada i zobojętnia powstający kwas solny zgodnie z równaniem reakcji:

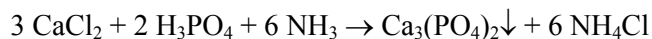


a w formie jonowej:

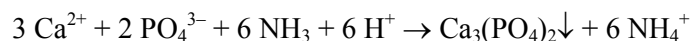


Zarówno chlorek amonu, jak i jony amonowe (NH_4^+) wykazują wciąż właściwości kwasowe, jednak na tyle słabsze od kwasu solnego, że możliwość roztworzenia ortofosforanu(V) wapnia jest niewielka.

Sumarycznie zachodzi więc reakcja:



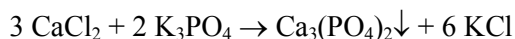
a jonowo:



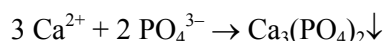
W niniejszym ćwiczeniu będziemy korzystać nie z kwasu ortofosforowego(V), lecz z jego **wodorosoli**: wodoroortofosforanu(V) potasu o wzorze K_2HPO_4 . W związku tym (podobnie jak w innych wodorosolach) nie wszystkie atomy wodoru wchodzące w skład kwasu zostały zastąpione atomami metalu. Wskutek tego w soli pozostaje pewna liczba atomów wodoru (tutaj jest to tylko jeden atom) i z tego bierze się nazwa tych połączeń.

Wodorosole ulegają reakcjom takim, jak ich odpowiedniki niezawierające atomów wodoru (tzw. sole obojętne). Innymi słowy, wodoroortofosforan(V) potasu będzie reagował tak jak ortofosforan(V) potasu (K_3PO_4). Jediną różnicą będzie pojawienie się jonów H^+ w produktach reakcji (które były obecne w substracie – wodorosoli).

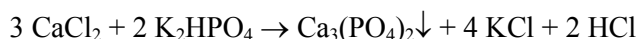
Reakcja chlorku wapnia z ortofosforanem(V) potasu daje ortofosforan(V) wapnia i chlorek potasu. Jest to reakcja **wymiany podwójnej**:



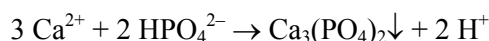
a jonowo:



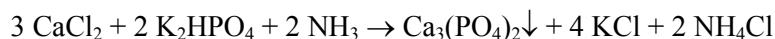
Reakcja z wodoroortofosforanem(V) potasu przebiega podobnie, z tą różnicą, że dodatkowym produktem reakcji jest kwas solny:



a w formie jonowej – jony wodorowe (H^+):



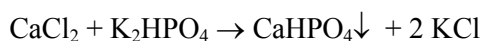
Wynika stąd konieczność zastosowania amoniaku, który zwiąże jony H^+ w mniej kwasową postać NH_4^+ , co uniemożliwi roztwarzanie osadu. Sumaryczna reakcja biegnąca w tym ćwiczeniu, zapisana w formie cząsteczkowej ma postać:



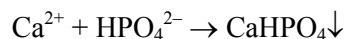
a w formie jonowej:



Gdyby w syntezie nie zastosować amoniaku, powstałaby wodorosól wapnia – wodoroortofosforan(V) wapnia o wzorze $CaHPO_4$:



a jonowo:



Literatura

1. A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, wyd. PWN, Warszawa 2002, tom II (rozdz. 21.7.4.).
2. T. Lipiec, Z. S. Szmal, *Chemia analityczna z elementami analizy instrumentalnej*, wyd. PZWL, Warszawa 1996 (rozdz. 4.2.2.3 punkt 8.).

Zagadnienia do opracowania przed przystąpieniem do ćwiczenia

1. Napisz w formie cząsteczkowej i jonowej równanie reakcji zachodzącej podczas syntezy ortofosforanu(V) wapnia zgodnie z instrukcją do niniejszego ćwiczenia.
2. Wyjaśnij:
 - a. dlaczego substratem do syntezy jest chlorek, a nie wodorotlenek wapnia.
 - b. w jakim celu w reakcji stosuje się amoniak.
3. Wymień inne metody syntezy ortofosforanu(V) wapnia i napisz odpowiednie równania reakcji (cząsteczkowo i jonowo).
4. Co to są wodorosole? Podaj przykłady.
5. Na czym polegają reakcje: zobojętnienia, wymiany podwójnej? Podaj przykłady reakcji.
6. Wyjaśnij pojęcia: fosforyt, superfosfat, superfosfat podwójny.
7. Opisz zastosowania związków fosforu.
8. Jakie znasz tlenowe kwasy fosforu? Narysuj ich wzory strukturalne.

Obliczenia do wykonania przed przystąpieniem do ćwiczenia

- Zadanie 1.** Oblicz masę wodorooortofosforanu(V) potasu (KH_2PO_4) potrzebną do reakcji z 5,5 g chlorku wapnia (CaCl_2), w której powstaje ortofosforan(V) wapnia ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$).
- Zadanie 2.** Oblicz objętość stężonego roztworu amoniaku (o stężeniu procentowym 25% i gęstości $0,9101 \text{ g/cm}^3$) potrzebną do przygotowania 50 cm^3 wodnego roztworu NH_3 o stężeniu procentowym 10% i gęstości $0,9575 \text{ g/cm}^3$.
- Zadanie 3.** Oblicz teoretyczną masę ortofosforanu(V) wapnia, który powstanie w reakcji 5,5 g chlorku wapnia (CaCl_2) i odpowiedniej ilości potrzebnych odczynników.

Wykonanie

Na wadze odważyć 5,5 g bezwodnego chlorku wapnia (CaCl_2), odważkę przenieść do zlewki i rozpuścić w 25 cm^3 wody.

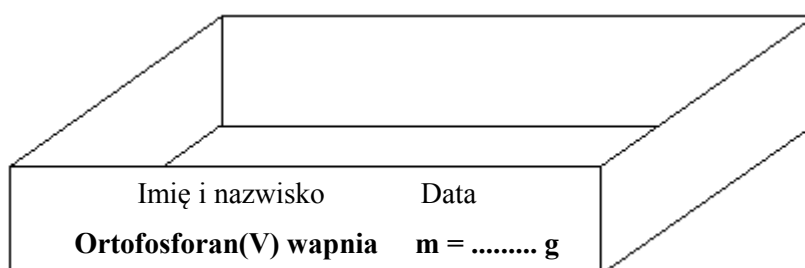
Przygotować 100 cm^3 roztworu wodorooortofosforanu(V) potasu (K_2HPO_4), rozpuszczając obliczoną w **zadaniu 1.** ilość wodorofosforanu(V) potasu w wodzie w kolbie miarowej o pojemności 100 cm^3 . Przygotować także 50 cm^3 wodnego roztworu amoniaku o stężeniu 10% (patrz: **zadanie 2.**).

Do zlewki zawierającej roztwór chlorku wapnia dodać roztwór wodorofosforanu(V) potasu, a następnie 9 cm^3 roztworu amoniaku o stężeniu 10%. Uzyskaną mieszaninę ogrzewać do wrzenia, usunąć palnik i pozostawiając zlewkę na rozgrzanym trójnogu ochładzać powoli do temperatury pokojowej.

Po ostudzeniu ostrożnie zlać ciecz z nad osadu i przemyć przez dekantację kilkoma porcjami wody destylowanej. Przemywanie prowadzić aż do wypłukania jonów chlorkowych (Cl^-): należy pobrać niewielką ilość wody z przemycania do probówki, a następnie dodać roztworu azotanu(V) srebra (AgNO_3). Jeśli powstanie biały osad lub zmętnienie pochodzące od chlorku srebra (AgCl), to przemycanie należy kontynuować.

Przemyty osad odsączyć i pozostawić do wysuszenia przez dłuższy czas.

Suchy osad przenieść z sącza na zważone uprzednio szkiełko zegarkowe lub szalkę Petriego i zważyć. Obliczyć wydajność syntezy w oparciu o wynik obliczeń z **zadania 3**. Otrzymany związek umieścić w opisanym pudełku (jak na poniższym rysunku) i oddać razem z raportem.



Utylizacja odpadów

1. Niezużyty roztwór amoniaku umieścić w pojemniku W-Z.
2. Roztwór z nad osadu ortofosforanu(V) wapnia oraz cieczy przemycujące umieścić w pojemniku S.
3. Osady chlorku srebra (wraz z reszkami roztworu) umieścić w pojemniku „Odpady soli Ag”.
4. Przesącz po przesączeniu ortofosforanu(V) wapnia rozcieńczyć dużą ilością bieżącej wody i wylać do kanalizacji.