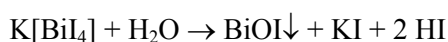


Wprowadzenie

Jodek tlenek bizmutu(III) to związek o wzorze BiOI i barwie pomarańczowo-czerwonej. Bywa on mylnie nazywany jodkiem bizmutylu, co jednak sugeruje występowanie kationów BiO^+ (kationów bizmutylowych). W rzeczywistości związek ten tworzy kryształy, w których występują oddzielno jony Bi^{3+} , O^{2-} oraz I^- , brak natomiast kationów BiO^{2+} .

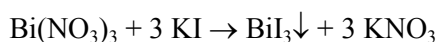
Jodek tlenek bizmutu(III) powstaje w wyniku przeprowadzenia **hydrolizy**, czyli rozpadu pod wpływem wody, związku kompleksowego bizmutu(III) – tetrajodobizmutanu(III) potasu o wzorze $\text{K}[\text{BiI}_4]$. Zachodzi reakcja:



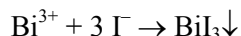
a w formie jonowej:



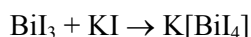
Tetrajodobizmutan(III) potasu, potrzebny do tej reakcji, otrzymuje się wcześniej z azotanu(V) bizmutu(III) ($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$) i jodku potasu (KI). Najpierw powstaje brunatno-czarny osad jodku bizmutu(III), zgodnie z równaniem reakcji:



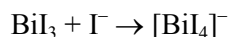
a w formie jonowej:



Następnie nadmiar jodku potasu powoduje rozтворzenie osadu i utworzenie tetrajodobizmutanu(III) potasu:

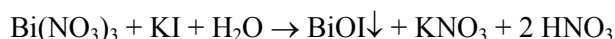


a w formie jonowej:

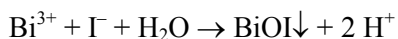


Powstający jon tetrajodobizmutanowy(III) ma intensywną pomarańczową barwę.

W reakcji nie stosuje się jednak nadmiaru jodku potasu. Powstający w niewielkiej ilości kompleks $\text{K}[\text{BiI}_4]$ ulega natychmiastowej hydrolizie z utworzeniem BiOI. Powstaje więc tyle jodku tlenku bizmutu(III), ile dodano azotanu(V) bizmutu(III), a wszystkie przemiany zachodzą prawie jednocześnie. Wolno nam zatem zapisać równanie w następującej postaci cząsteczkowej:



lub jonowej:



Na poniższych zdjęciach przedstawiono produkty reakcji jonów bizmutu(III) z jonami jodkowymi w różnych warunkach.



Osad jodku bizmutu(III)
 BiI_3



Roztwór tetrajodobizmutanu(III) potasu
 $\text{K}[\text{BiI}_4]$



Osad jodku tlenku bizmutu(III)
 BiOI

Jednym z produktów reakcji hydrolizy są jony wodorowe (H^+), które przyczyniają się do wzrostu kwasowości środowiska i spadku pH (pH jest tym **mniejsze** im bardziej **kwasowy** jest roztwór). Może to spowodować roztworzenie osadu i zmniejszenie wydajności syntezy. Aby temu zapobiec, stosuje się **bufor octanowy**, czyli mieszaninę kwasu octowego i jego soli (np. octanu sodu), która utrzymuje pH na względnie stałym poziomie. Działanie buforu w niniejszej reakcji polega na „wychwytywaniu” jonów H^+ i zapobieganiu znacznemu spadkowi pH.

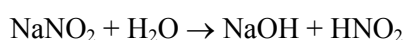
Opisana synteza polega na przeprowadzeniu hydrolizy związku. Nie wszystkie substancje ulegają rozpadowi pod wpływem wody. Spośród soli nieorganicznych hydrolizie ulegają:

- **sole słabych kwasów i mocnych zasad** (np. NaNO_2 jest solą słabego kwasu azotowego(III), HNO_2 , i mocnej zasady – wodorotlenku sodu, NaOH ; podobnie K_2S pochodzi od słabego kwasu siarkowodorowego, H_2S , i od mocnej zasady – wodorotlenku potasu, KOH),
- **sole słabych zasad i mocnych kwasów** (np. NH_4Cl pochodzi od słabej zasady – amoniaku, NH_3 , i mocnego kwasu chlorowodorowego HCl ; $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ jest solą bardzo słabej zasady – wodorotlenku żelaza(III), $\text{Fe}(\text{OH})_3$, i mocnego kwasu azotowego(V), HNO_3),
- **sole słabych zasad i słabych kwasów** (np. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ pochodzi od słabej zasady – amoniaku, NH_3 , i od słabego kwasu siarkowodorowego, H_2S).

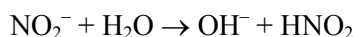
W wyniku hydrolizy soli następuje zmiana **odczynu** roztworu, przy czym sole słabych kwasów dają odczyn zasadowy, a sole słabych zasad – odczyn kwasowy. Podsumowuje to poniższa tabela.

L.p.	Typ soli	Typ hydrolizy	Powstające jony	Odczyn roztworu
1.	sól słabego kwasu i mocnej zasady	zasadowa (anionowa)	OH^-	zasadowy
2.	sól słabej zasady i mocnego kwasu	kwasowa (kationowa)	H^+	kwasowy
3.	sól słabej zasady i słabego kwasu	kwasowo-zasadowa (kationowo-anionowa)	H^+ i OH^-	zależy od względnej mocy kwasu i zasady

Równania reakcji potwierdzają odczyn roztworu po hydrolizie. Przykładowo azotan(III) sodu hydrolizuje z utworzeniem jonów OH^- . Równanie hydrolizy w formie cząsteczkowej ma postać:

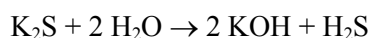


zaś w formie jonowej widać wyraźnie, że powstają jony OH^- (nie zapisujemy HNO_2 w postaci jonów, ponieważ jest to słaby kwas i w niewielkim stopniu dysocjuje na jony):

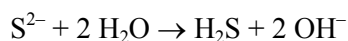


Ze względu na fakt, iż w równaniu zapisanym w formie jonowej uczestniczą wyłącznie aniony, hydrolizę zasadową nazywa się też **anionową**.

W podobny sposób zachodzi hydroliza siarczku potasu (K_2S):

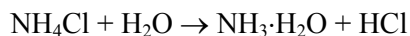


a w formie jonowej:

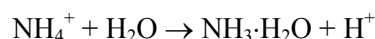


Powyższe równania reakcji tłumaczą, dlaczego roztwory azotanu(III) sodu i siarczku potasu mają odczyn zasadowy (po zanurzeniu uniwersalnego papierka wskaźnikowego pojawia się niebieskie zabarwienie).

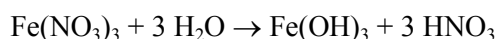
Z kolei w produktach hydrolizy chlorku amonu (NH_4Cl) znajdują się jony H^+ , dlatego ten roztwór ma odczyn kwasowy (uniwersalny papierek wskaźnikowy barwi się w nim na kolor czerwony). Równanie reakcji ma postać:



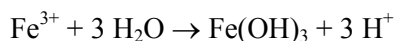
ponieważ zasadą, od której pochodzi jon NH_4^+ jest hydrat amoniaku ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), a nie wodorotlenek amonu (NH_4OH). W formie jonowej równanie przyjmuje postać:



Analogicznie biegnie hydroliza roztworu azotanu(V) żelaza(III):



a jonowo:



W równaniach jonowych reakcji hydrolizy kwasowej pojawiają się jako jony wyłącznie kationy, stąd inna nazwa tej reakcji: hydroliza kationowa.

Sole będące produktami reakcji słabych kwasów i słabych zasad także ulegają hydrolizie, jednak w produktach reakcji powstają dwa słabe elektrolity, które w niewielkim stopniu ulegają dysocjacji. Odczyn roztworu będzie najczęściej zbliżony do obojętnego lub słabo kwasowy bądź zasadowy. Zależy to od tego, który z elektrolitów tworzących sól będzie mocniejszy.

Literatura

1. A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, wyd. PWN, Warszawa 2002, tom I (rozdz. 11.3, 11.6 – 11.7, 15. 1 – 15.2).
2. T. Lipiec, Z. S. Szmal, *Chemia analityczna z elementami analizy instrumentalnej*, wyd. PZWL, Warszawa 1996, rozdz. 4.2.5.1.2 punkt 4.).

Zagadnienia do opracowania przed przystąpieniem do ćwiczenia

1. Napisz w sposób cząsteczkowy i jonowy równanie reakcji zachodzącej w rzeczywistości w trakcie syntezy jodku tlenku bizmutu(III).
2. Napisz w formie cząsteczkowej i jonowej równania reakcji:
 - a. otrzymywania jodku bizmutu(III),
 - b. roztwarzania jodku bizmutu(III) w nadmiarze roztworu jodku potasu,
 - c. hydrolizy tetrajodobizmutanu(III) potasu.Podaj barwy powstających produktów reakcji.
3. Wyjaśnij pojęcie: hydroliza. Które sole ulegają hydrolizie?
4. Napisz równanie reakcji hydrolizy (cząsteczkowo i jonowo) następujących związków:
 - a. Na_2S ,
 - b. NH_4NO_3 ,
 - c. FeCl_3 ,
 - d. KNO_2 .
5. Nazwij typ hydrolizy i określ odczyn roztworów po zajściu reakcji z punktu 4.
6. Jaki odczyn będzie miał wodny roztwór azotanu(V) bizmutu(III)? Odpowiedź uzasadnij pisząc odpowiednie równanie reakcji.
7. Co to jest bufor octanowy i na czym polega jego działanie?
8. Dla związku $\text{Na}[\text{BiI}_4]$ podaj nazwę, liczbę koordynacyjną oraz określ, które z atomów pełnią funkcję jonu centralnego, a które ligandów.

Obliczenia do wykonania przed przystąpieniem do ćwiczenia

Zadanie 1. Oblicz masę jodku potasu (KI) potrzebną do reakcji w stosunku stechiometrycznym (tzn. bez nadmiaru) z 8,3 g pentahydratu azotanu(V) bizmutu(III) ($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). W reakcji tworzy się jodek tlenek bizmutu(III) (BiOI).

Zadanie 2. Oblicz teoretyczną masę jodku tlenku bizmutu(III) (BiOI), która powstanie z 8,3 g pentahydratu azotanu(V) bizmutu(III) ($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) i odpowiednich ilości pozostałych odczynników.

Wykonanie

Na wadze odważyć 8,3 g pentahydratu azotanu(V) bizmutu(III) ($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), odważkę przenieść do zlewki o pojemności 100 cm^3 i rozpuścić w mieszaninie $8,5 \text{ cm}^3$ roztworu kwasu octowego (CH_3COOH) o stężeniu 80% i 16 cm^3 wody. Otrzymany roztwór przesączyć przez sączek karbowany.

Do zlewki o pojemności 250 cm^3 wprowadzić obliczoną ilość jodku potasu (KI) (patrz: **zadanie 1.**), dodać 11,5 g trihydratu octanu sodu ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) i rozpuścić w 50 cm^3 wody. Roztwór przesączyć przez sączek karbowany, a następnie ogrzać do temperatury 80°C (temperaturę sprawdzić za pomocą termometru).

Roztwór zawierający rozpuszczony w kwasie octowym azotan(V) bizmutu(III) wprowadzać stopniowo, energicznie mieszając, do ogrzanego roztworu jodku potasu i octanu sodu. Po dodaniu całości roztworu poczekać na opadnięcie osadu na dno zlewki, zdekantować roztwór i przemyć osad 10 cm^3 wody destylowanej.

Osad przenieść na sączek, przemyć niewielką ilością wody destylowanej i pozostawić do wysuszenia.

Suchy osad przenieść z sączka na zważone szkiełko zegarkowe lub szalkę Petriego i zważyć. Obliczyć wydajność syntezy w oparciu o wynik obliczeń z **zadania 2.** Otrzymany związek umieścić w opisanym pudełku (jak na poniższym rysunku) i oddać razem z raportem.

Imię i nazwisko	Data
Jodek tlenek bizmutu(III) m = g	

Utylizacja odpadów

1. Roztwór z nad osadu jodku tlenku bizmutu(III) zlać do pojemnika S.
2. Ciecz z przemywania osadu (wraz z przesączem po odsączeniu jodku tlenku bizmutu(III)) umieścić w pojemniku S.