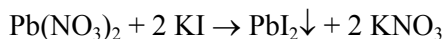
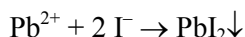


## Wprowadzenie

Jodek ołowiu(II) to ciało stałe o złotej barwie i złotym połysku, powstające w wyniku przeprowadzenia reakcji **wymiany podwójnej** pomiędzy jodkiem potasu a azotanem(V) ołowiu(II). Produktami reakcji są jodek ołowiu(II) oraz azotan(V) potasu:



W formie jonowej równanie reakcji ma postać:



Przebieg reakcji jest możliwy dzięki temu, że jeden z jej produktów wydziela się jako osad, czyli związek o słabej rozpuszczalności w wodzie. Jest to jeden z warunków przebiegu reakcji jonowych. Innymi „siłami napędowymi” tych reakcji są:

- wydzielanie produktu gazowego (np. dwutlenek węgla w reakcji węglanu sodu z kwasem solnym, wodór w reakcji cynku z kwasem siarkowym(VI) itd.)
- powstawanie produktu słabo dysocjującego, tzw. słabego elektrolitu (jest nim np. woda powstająca zawsze jako produkt reakcji zobojętniania)
- proces wymiany elektronów w reakcjach typu redoks.

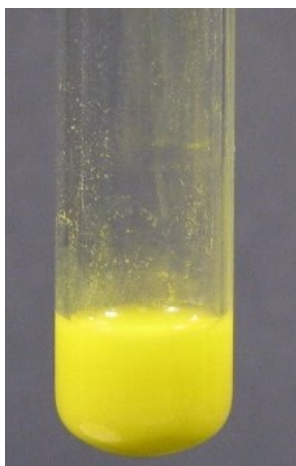
Planując wykonanie dowolnej reakcji pomiędzy reagentami nieorganicznymi w roztworze wodnym należy sprawdzić, czy spełniony jest jeden z czterech powyższych warunków – jedynie wówczas reakcja zajdzie. W innym przypadku powstanie mieszanina substancji (jonów), które nie reagują ze sobą i tworzą trwały układ.

W reakcji stosuje się nadmiar jodku potasu (KI), który pozwala na całkowite wytrącenie osadu jodku ołowiu(II). Nadmiar ten jest jednak nieznaczny (10%), ponieważ dodanie większej ilości roztworu jodku potasu spowodowałoby rozтворzenie się powstającego osadu. Tworzy się wówczas bezbarwny **związek kompleksowy** o nazwie tetrajodołowian(II) potasu. Równanie reakcji ma postać:



W związku tym jon ołowiu(II) pełni rolę **jonu centralnego**, zaś otaczające go aniony jodkowe są **ligandami**. Liczba koordynacyjna wynosi 4.

Istotne w niniejszej syntezie jest stosowanie wysokiej temperatury (ogrzanie roztworów). Gdyby mieszać ze sobą na zimno roztwory azotanu(V) ołowiu(II) i jodku potasu powstałby żółty, bezpostaciowy osad. Miałby on identyczny skład ze związkiem otrzymywanym w podwyższonej temperaturze ( $\text{PbI}_2$ ), ale różniłby się postacią i barwą. Pokazują to poniższe zdjęcia.



Jodek ołowiu(II) strącony  
w niskiej temperaturze



Jodek ołowiu(II) strącony  
w wysokiej temperaturze

Przyczyną tej różnicy jest tzw. **energia sieci krystalicznej**. Związki jonowe (w tym większość soli) zbudowane są z jonów dodatnich i ujemnych zajmujących określone miejsca w przestrzeni. Tworzą symetryczną i uporządkowaną jonową sieć krystaliczną. Takie uporządkowanie jonów wymaga nakładu energii (zupełnie podobnie: nakładu energii wymaga utrzymywanie porządku w Twoim pokoju...) – w zimnym roztworze energii jest zbyt mało, aby utworzyć potrzebną sieć krystaliczną. Dopiero podgrzanie roztworu powoduje dostarczenie ciepła do układu, które może być wykorzystane do stworzenia uporządkowanego rozmieszczenia jonów, które objawia się powstaniem połyskujących kryształków.

Podgrzanie roztworu ma także inny cel. W wysokiej temperaturze rozpuszczalność wielu soli jest wyższa niż w niskiej, czyli osad nie powstaje. Powolne ochładzanie roztworu zawierającego rozpuszczony jodek ołowiu(II) powoduje stopniowe jego wytrącanie wraz ze spadkiem rozpuszczalności związanym z obniżaniem temperatury. Osad, który tworzy się w ten sposób, ma bardziej uporządkowaną strukturę i jest czystszy (nie zawiera zanieczyszczeń i fragmentów roztworu, które mogłyby zostać uwiecznione wewnątrz sieci krystalicznej, gdyby osad wytrącił się nagle).

Opisana reakcja ma zastosowanie w chemii analitycznej do wykrywania jonów ołowiu(II) i jonów jodkowych. Przeprowadza się ją najczęściej na zimno, stąd obserwuje się powstanie żółtego (kanarkowego) osadu, w którym nie widać pojedynczych kryształków.

Jodek ołowiu(II) wykazuje ciekawą właściwość – **termochromię**. W podwyższonej temperaturze (powyżej  $200^{\circ}\text{C}$ ) ulega przemianie, w której powstaje trwalsza odmiana krystaliczna o barwie ceglastoczerwonej. Jest to wciąż jodek ołowiu(II), ale o innym rozmieszczeniu jonów w sieci krystalicznej. Ochłodzenie gorącego  $\text{PbI}_2$  powoduje powrót do barwy trwałej w niższej temperaturze. Obserwuje się zatem zmiany barwy zależne od temperatury. Oznacza to, że jodek ołowiu(II) ma **odwracalne właściwości termochromowe**.

Charakterystyczna barwa jodku ołowiu(II) spowodowała, że w XIX wieku zaczęto go używać jako barwnika, lecz zaprzestano tego ze względu na niską trwałość związku i jego toksyczność (zawiera ołów).

### Literatura

1. A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, wyd. PWN, Warszawa 2002, tom I (rozdz. 15.1 – 15.2).
2. <https://www.youtube.com/watch?v=CBXmntig9Ck> (film prezentuje zjawisko termochromii  $PbI_2$ )

### Zagadnienia do opracowania przed przystąpieniem do ćwiczenia

1. Napisz równania reakcji zachodzących podczas syntezy jodku ołowiu(II) w formie cząsteczkowej i jonowej.
2. Dlaczego w tym ćwiczeniu nie powinno się stosować dużego nadmiaru jodku potasu w stosunku do azotanu(V) ołowiu(II)? Uzasadnij odpowiedź odpowiednim równaniem reakcji.
3. Podaj barwy substancji:  $Pb(NO_3)_2$ , KI,  $K_2[PbI_4]$ .
4. Wyjaśnij pojęcie: energia sieci krystalicznej.
5. Czym różni się jodek ołowiu(II) strącony w niskiej temperaturze od strąconego w wysokiej temperaturze?
6. Na czym polega zjawisko termochromii? Wyjaśnij na konkretnym przykładzie.
7. Zmieszano ze sobą roztwory chlorku sodu i azotanu(V) wapnia oczekując przebiegu reakcji chemicznej. Nie zaobserwowano jednak żadnych zmian. Wyjaśnij, dlaczego.
8. Ołów tworzy szereg związków kompleksowych. Łączy się między innymi z jonami  $OH^-$  tworząc kompleks o wzorze  $[Pb(OH)_4]^{2-}$ . Dla tego związku podaj nazwę i liczbę koordynacyjną oraz wskaż, które z jonów pełnią funkcję jonu centralnego, a które ligandów.

### Obliczenia do wykonania przed przystąpieniem do ćwiczenia

- Zadanie 1.** Oblicz masę jodku potasu (KI) potrzebną do sporządzenia  $100\text{ cm}^3$  roztworu o stężeniu  $0,1\text{ mol/dm}^3$ .
- Zadanie 2.** Oblicz objętość roztworu jodku potasu (KI) o stężeniu  $0,1\text{ mol/dm}^3$  potrzebnego do reakcji z 1 g azotanu(V) ołowiu(II) ( $Pb(NO_3)_2$ ). Wynik podaj z 10% nadmiarem.
- Zadanie 3.** Oblicz teoretyczną masę jodku ołowiu(II), który powstanie w reakcji 1 g azotanu(V) ołowiu(II) z odpowiednim nadmiarem roztworu jodku potasu.

**Wykonanie**

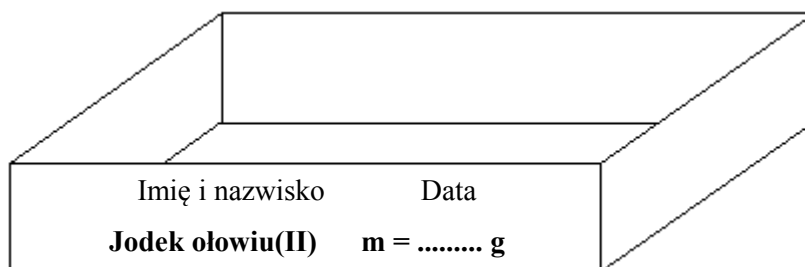
Na wadze odważyć 1 g azotanu(V) ołowiu(II) ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ), odważkę rozpuścić w  $300 \text{ cm}^3$  wody destylowanej w zlewce o pojemności minimum  $400 \text{ cm}^3$ . Po rozpuszczeniu soli ogrzewać roztwór.

W tym czasie sporządzić  $100 \text{ cm}^3$  roztworu jodku potasu (KI) o stężeniu  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  (patrz: **zadanie 1.**). Odmierzyć odpowiednią objętość przygotowanego roztworu KI o stężeniu  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  (patrz: **zadanie 2.**), przenieść ją do zlewki i ogrzewać.

Ogrzany roztwór KI dodawać małymi porcjami, ciągle mieszając, do gorącego roztworu azotanu(V) ołowiu(II). Jeżeli wytrąci się osad, podgrzać roztwór aż do rozpuszczenia osadu.

Gorący roztwór zawierający jodek ołowiu(II) pozostawić do powolnego schłodzenia w temperaturze pokojowej. Po wykrystalizowaniu osadu odsączyć go i przemyć wodą destylowaną. Sączek z osadem 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 3.** Otrzymany związek umieścić w opisanym pudełku (jak na poniższym rysunku) i oddać razem z raportem.

**Prezentacja zjawiska termochromii**

Do suchej próbki nasypać otrzymanego jodku ołowiu(II) (około  $0,2 - 0,3 \text{ g}$ ). Probówkę ogrzewać w płomieniu palnika gazowego aż do zaobserwowania zmian. Następnie probówkę pozostawić do ochłodzenia i obserwować przemianę.

**Utylizacja odpadów**

1. Niezużyty roztwór jodku potasu można wylać do kanalizacji, rozcieńczając dużą ilością bieżącej wody.
2. Przesącz po przesączeniu jodku ołowiu(II) umieścić w pojemniku S.