

Zadanie 2 – analiza nieznanego związku

Mieszaninę składającą się z pierwiastka **E** (6,87 g) oraz jego tlenku (7,67 g) poddano reakcji z nadmiarem kwasu solnego, w wyniku czego powstało 20,82 g związku **A**. Konfigurację elektronową dla elektronów walencyjnych pierwiastka **E** w stanie podstawowym można opisać ogólnie jako ns^2 .

Substancja **X** jest bezwodną solą, która może tą wodę pochłaniać w trakcie krystalizacji, tworząc związek **Y**, który bywa używany w chemii analitycznej. Próbkę 0,3922 g związku **Y** rozpuszczono w wodzie, a powstały roztwór potraktowano nadmiarem związku **A**, po czym strąciło się 0,46 g białego osadu, który jest nierozpuszczalny w kwasach. Osad odfiltrowano, a następnie do filtratu dodano nadmiar wodorotlenku litowca w warunkach zwiększonej temperatury. Powstało 47,3 ml gazu **B** ($T = 25\text{ }^\circ\text{C}$ oraz $p = 104,3\text{ kPa}$) oraz szarzielony osad wodorotlenku metalu. Kolor osadu ulega zmianie gdy wodorotlenek ten trzyma się na powietrzu.

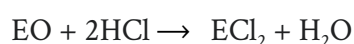
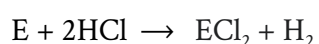
Gaz **B** charakteryzuje się nieprzyjemnym zapachem, a jego wodny roztwór po dodaniu fenoloftaleiny przyjmuje malinowe zabarwienie. Ogrzewanie związku **Y** wiąże się z ubytkiem masy w wysokości $27,57\%_{\text{mas}}$.

- (4 pkt) zidentyfikuj pierwiastek **E** oraz związek **A**, potwierdź odpowiednimi obliczeniami.
- (1 pkt) ustal wzór gazu **B**.
- (8 pkt) ustal wzory związków **X** oraz **Y**, podając tok analizy oraz odpowiednie obliczenia.
- (2 pkt) podaj równanie reakcji związku **Y** z związkiem **A** oraz równanie reakcji odpowiadające za zmianę barwy wodorotlenku metalu.
- (3 pkt) narysuj wzór strukturalny anionu obecnego w soli **X**, uwzględniając odpowiednie struktury rezonansowe. W jednej z tych struktur zaznacz także wszystkie pary elektronowe (w pozostałych strukturach nie trzeba ich już rysować).

Do obliczeń użyj molowej masy pierwiastków zaokrąglaj do 2-go miejsca po przecinku. $R = 8,314\text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

Zadanie 2:

a) Bazując na konfiguracji elektronowej możemy od razu powiedzieć, że pierwiastek **E** jest berylowcem (pierwiastkiem z drugiej grupy). Po reakcji z kwasem solnym stworzy się chlorek berylowca - związek **A**, który jak wiemy po dodaniu do związku **Y** daje biały osad, nierozpuszczalny w kwasach co pasuje do siarczanu baru, zatem można by nawet od razu zidentyfikować pierwiastek **E** jako **bar**. Uwzględniając, że berylowce w związkach występują na +II stopniu utlenienia możemy zapisać ogólne równania reakcji (już zbilansowane):



W obu reakcjach wydziela się ten sam produkt: chlorek berylowca (związek **A**). Łączna liczba moli chlorku berylowca jest równa liczbie moli metalu **E** oraz tlenku metalu **EO**.

$$n_E + n_{EO} = n_{\text{ECl}_2}$$

$$\frac{m_E}{M_E} + \frac{m_{EO}}{M_{EO}} = \frac{m_{ECl_2}}{M_{ECl_2}}$$

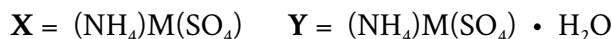
$$\frac{6,87}{M_E} + \frac{7,67}{M_E + 16} = \frac{20,82}{M_E + 70,9} \implies M_E = 137,63$$

Masa ta odpowiada barowi, zatem **E = Ba**, natomiast związkiem **A** jest chlorek baru **BaCl₂**.

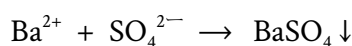
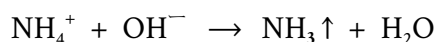
b) Jak już zostało to wspomniane w podpunkcie a), strąconym osadem po dodaniu związku **A** jest prawdopodobnie siarczan baru, co zostało potwierdzone w poprzednim podpunkcie. W takim razie możemy wnioskować, że w związkach **X** oraz **Y** znajduje się **anion siarczanowy** SO_4^{2-} .

Dodatkowo, skoro po dodaniu wodorotlenku litowca (np. NaOH) wydzielą się gaz o nieprzyjemnym zapachu to pasuje to tylko do amoniaku, co potwierdza się z jego zasadowym charakterem (wodnego roztworu amoniaku). W takim razie, w związkach **X** oraz **Y** znajduje się **kation amonowy** NH_4^+ .

c) Związki **X** oraz **Y** możemy teraz zapisać schematycznie (bez uwzględnienia indeksów stechiometrycznych) jako :



gdzie **M** oznacza nieznaną metal (zgodnie z treścią zadania wiemy, że w reakcji będzie się strącał później wodorotlenek metalu). Strącanie siarczanu baru oraz tworzenie amoniaku możemy zapisać w formie jonowej skróconej, ponieważ interesuje nas tylko stechiometria tych reakcji :



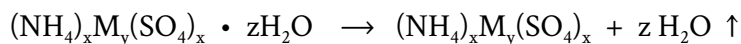
Liczba moli siarczanu baru wynosi $0,46 : 229,4 = 0,002$ mola, natomiast liczba moli amoniaku na podstawie równania stanu gazu idealnego (Clapeyrona) wynosi :

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{1043 \cdot 0,0473}{83,14 \cdot 298} \approx 0,002 \text{ mol}$$

Wiemy w takim razie, że stosunek anionów siarczanowych do kationów amonowych w związkach **X** oraz **Y** wynosi $0,002 : 0,002$, czyli $1 : 1$. Możemy także obliczyć masę molową związku **Y**. Zakładając, że w związku **Y** znajduje się jeden anion siarczanowy, to masa molowa **Y** wynosi $M_Y = 0,3922 : 0,002 = 196,1$ g/mol. Jeśli w związku **Y** będą dwa aniony siarczanowe to masa wyniesie $2 \cdot 196,1 = 392,2$ g/mol i tak dalej. Nasze związki możemy już zapisać następująco :



Korzystając z informacji o ubytku masy podczas ogrzewania (przejścia hydratu w sól bezwodną, czyli **Y** w sól **X**) możemy wyliczyć stosunek indeksów x oraz z . Niech M_M oznacza masę molową metalu **M**.



$$0,2757 = \frac{18,02z}{18,05x + yM_M + 96,07x + 18,02z} \implies z = 3x$$

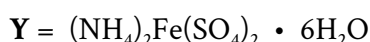
Jeżeli przyjąć, że masa molowa związku **Y** wynosi 196,1 (czyli $x = 1$) to otrzymujemy :

$$196,1 = 18,05 + yM_M + 96,07 + 3 \cdot 18,02 \implies yM_M = 27,82$$

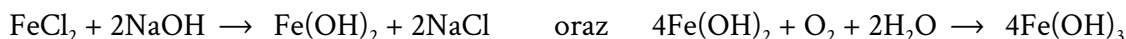
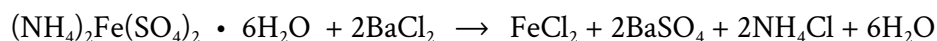
Wówczas nie wychodzi żadna sensowna masa molowa metalu **M**, zatem sprawdzamy $M_Y = 392,2$ (czyli $x = 2$)

$$392,2 = 2 \cdot 18,05 + yM_M + 2 \cdot 96,07 + 6 \cdot 18,02 \implies yM_M = 55,84$$

Dla $y = 1$ otrzymujemy $M_M = 55,84$ g/mol co odpowiada masie molowej żelaza, zatem metal **M** to **żelazo**. Pasuje to również pod względem chemicznym, co możemy sprawdzić poprzez analizę elektroobojętności tego związku (suma ładunków dodatnich musi się równać sumie ładunków ujemnych). $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 = 2\text{NH}_4^+ \text{Fe}^{2+} 2\text{SO}_4^{2-}$



d) Równania reakcji przedstawiono poniżej. Za zmianę barwy wodorotlenku żelaza (II) jest odpowiedzialne utlenianie go do wodorotlenku żelaza (III).



e) Dla anionu siarczanowego możemy narysować pięć struktur rezonansowych. Wybrana struktura została przedstawiona z uwzględnieniem wszystkich wolnych par elektronowych

