

# XXIV Konkurs Chemiczny dla Uczniów Szkół Ponadgimnazjalnych

## Etap II – rozwiązania zadań

### Zadanie 1

Na podstawie informacji o pierwiastku X i jego solach (**B-E**) możemy stwierdzić, że jest to żelazo. Najbardziej typowe stopnie utlenienia dla żelaza to +2 i +3. Sole żelaza(II) w roztworach wodnych są zielone, natomiast sole żelaza(III) – żółte do brunatnych, zatem sól **D** to najprawdopodobniej **chlork żelaza(III) FeCl<sub>3</sub>**, który ulega redukcji wodorem do **chlorku żelaza(II) FeCl<sub>2</sub>** (**E**). Identyfikację obu związków możemy potwierdzić w oparciu o informacje o składzie procentowym. Analogicznie, sól **C** zawiera jony Fe<sup>2+</sup>, jest to zatem **siarczan(VI) żelaza(II) FeSO<sub>4</sub>**, natomiast sól **B** – kationy Fe<sup>3+</sup>, czyli jest to **azotan(V) żelaza(III) Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>**.

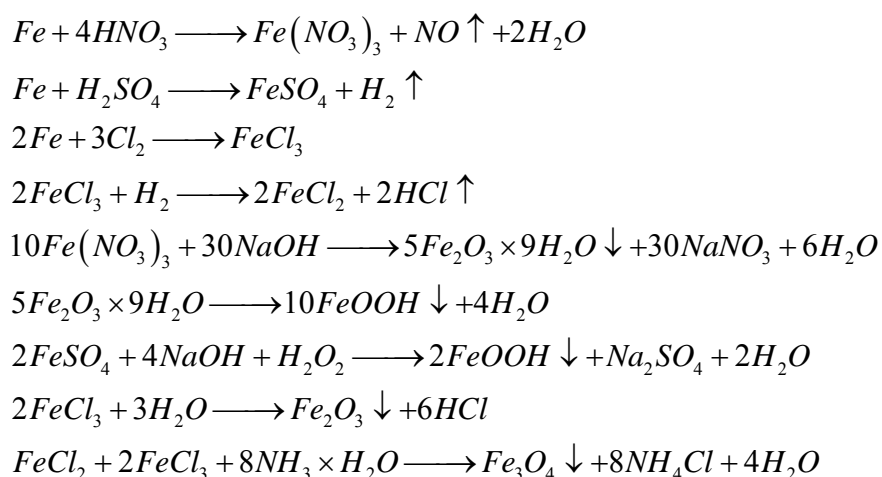
Związki **A1-A3** zawierają atomy żelaza na +3 stopniu utlenienia (jak wynika ze schematu, podczas ich otrzymywania z soli **B** i **D** nie używano reduktorów). Z warunków zadania wynika, że związki **A1-A5** mogą zawierać wyłącznie Fe, O i H.

**A3** zawiera 69,94% Fe i  $100 \times (16 \times 421 / 22414) = 30,06\%$  tlenu. Stosunek molowy Fe do O wynosi 0,01253:0,01878, czyli 2:3, zatem **A3** to **tlenek żelaza(III) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**.

Podczas ogrzewania **A1** wydziela się lotny produkt, pochłaniany przez CaO, zatem **A1** jest wodorotlenkiem lub hydroksotlenkiem. Produktem termicznego rozkładu **A1** jest także Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Z 1 g **A1** uzyskujemy 0,1688 g (0,009378 mol) H<sub>2</sub>O i 0,8312 g (0,005208 mol) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Skład **A1** możemy zatem zapisać jako **5Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> × 9H<sub>2</sub>O** lub **Fe<sub>10</sub>O<sub>24</sub>H<sub>18</sub>**.

Skoro **A2** zawiera jeden atom żelaza, a w wyniku rozpuszczenia 1 g **A2** uzyskujemy roztwór FeCl<sub>3</sub> o stężeniu 0,01126 M, to masa molowa **A2** wynosi 88,6 g/mol. Po odjęciu masy atomowej żelaza, na „resztę” cząsteczki **A2** przypada 33 g, zatem **A2** to **hydroksotlenek żelaza(III) FeOOH**. Ponieważ **A5** jest odmianą polimorficzną **A2**, jest to także **hydroksotlenek żelaza(III) FeOOH**.

**A4** zawiera trzy atomy żelaza. Ze stosunku stechiometrycznego FeCl<sub>3</sub> i FeCl<sub>2</sub> użytego do reakcji możemy wnioskować, że w skład tego związku wchodzi dwa atomy Fe<sup>III</sup> i jeden Fe<sup>II</sup>. **A4** może być zatem tlenkiem **diżelaza(III) i żelaza(II) – Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>** lub jakimś hydroksotlenkiem. Obliczamy, ile tlenu zużyjemy na utlenianie 1 g Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (utlenianiu ulega tylko atom żelaza na +2 stopniu utlenienia);  $16 \times 1 / 231,4 = 0,0691$  g, co spełnia warunki zadania.



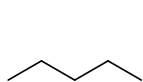
Innymi pierwiastkami wykazującymi ferromagnetyzm są nikiel, kobalt i niektóre lantanowce (m.in. gadolin i holm).

**A1** – ferryhydryt, **A2** – getyt (goethyt), **A3** – hematyt, **A4** – magnetyt, **A5** – feroksyhyt.

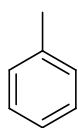
Przykładowe zastosowania: **A2**, **A3**, **A4** – ważne rudy żelaza, **A1-A5** – pigmenty do farb, ceramiki etc. (czerwień żelazowa, ochra, czerń żelazowa itd.), **A3**, **A4** – barwnik do żywności i farmaceutyków (E172), **A2**, **A3** – kamienie ozdobne, **A4** – katalizator w syntezie amoniaku, **A4** – magnetyczne nośniki danych, **A4** – produkcja ferrofluidu, **A4** – nanocząstki do zastosowań biomedycznych, **A1** – adsorbent zanieczyszczeń nieorganicznych w systemach oczyszczana ścieków.

**Punktacja:** za identyfikację substancji **B-E** i **A1-A5** – po 2 p.; za podanie nazw systematycznych – po 1 p.; za zapisanie równań reakcji – po 2 p.; za podanie przykładu innego pierwiastka ferromagnetycznego – 2 p.; za podanie nazwy minerału – 2 p. (wymagano powiązania nazwy z konkretnym związkem **A1-A5**); przykład zastosowania – 2 p.

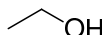
## Zadanie 2



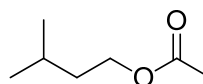
pentan



toluen



etanol



octan izoamylu

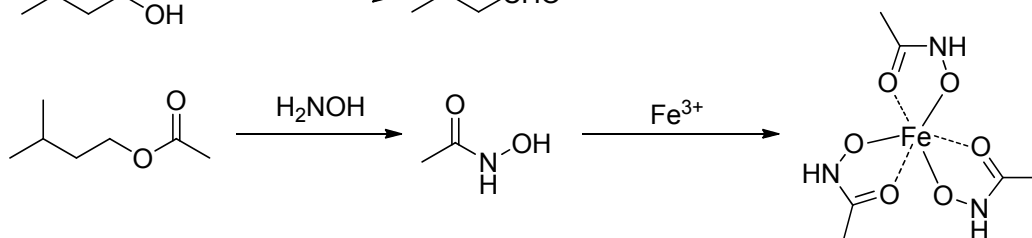
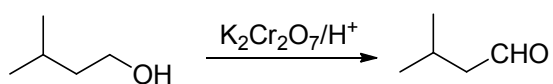
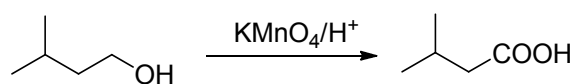
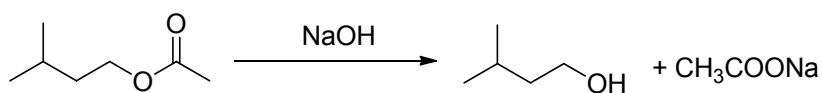
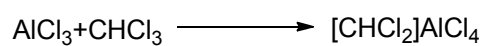
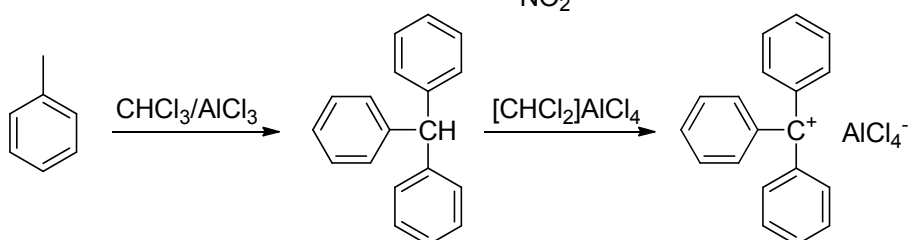
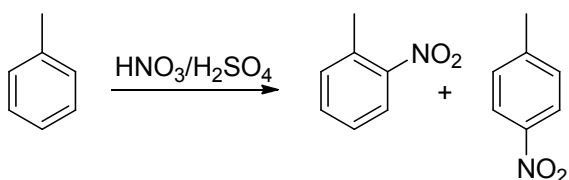
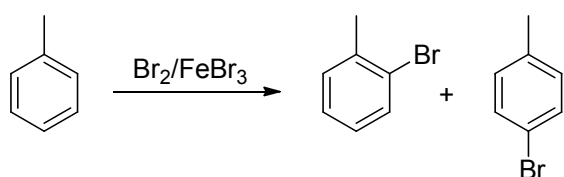
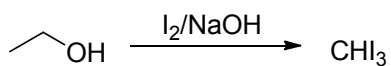
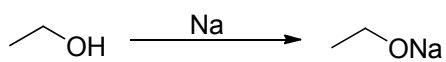
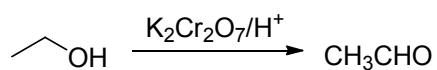
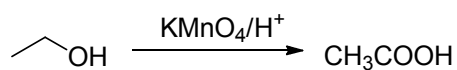
Etanol jako jedyny reaguje z metalicznym sodem. Ponadto da pozytywny wynik reakcji jodoformowej oraz ulegnie szybko utlenianiu w łagodnych warunkach (zakwaszony wodny roztwór  $\text{KMnO}_4$  lub  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) – w tym przypadku należy pamiętać, że reakcji utleniania ulegną także toluen i produkty hydrolizy octanu izoamylu, zatem zmiana barwy roztworu utleniacza zachodząca powoli nie jest dowodem na obecność etanolu).

Toluen ulega reakcjom substytucji elektrofilowej – reakcji z wodą bromową w obecności kwasu Lewisa (np.  $\text{FeBr}_3$ ) i reakcji nitrowania mieszaniną  $\text{HNO}_3$  i  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (powstaje jasnożółta, oleista mieszanina mononitropochodnych). Ponadto toluen tworzy z  $\text{AlCl}_3$  w chloroformie barwne związki kompleksowe.

Octan izoamylu ulega hydrolizie w reakcji z roztworem  $\text{NaOH}$  (przebieg reakcji można śledzić przy pomocy wskaźnika pH o odpowiednim zakresie zmiany barwy, np. tymoloftaleina, alizaryna). Powstały w wyniku hydrolizy 3-metylobutanol wykazuje właściwości redukujące w teście z  $\text{KMnO}_4$  lub  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Estry reagują łatwo z hydroksyloaminą, a powstałe hydroksyamidy tworzą barwne kompleksy z jonami  $\text{Fe}^{3+}$ .

Pentan nie ulega żadnej z powyższych reakcji (uwaga, reakcja fotobromowania nie jest charakterystyczne dla pentanu – pozostałe związki też jej ulegają).

**Punktacja:** Po 2 p. za wzór związku; po 2 p. za opis identyfikacji; po 4 p. za schemat reakcji.



### Zadanie 3

$$M_{\text{Ag}_2\text{SO}_4} = 311,9 \text{ g/mol}; M_{\text{AgCl}} = 143,4 \text{ g/mol}; M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98,1 \text{ g/mol}$$

$$\text{Całkowita masa srebra wynosi } n = 107,9 \times (n_{\text{AgCl}} + 2 \times n_{\text{Ag}_2\text{SO}_4}) = 9,24 \text{ g.}$$

Ponieważ masa rozpuszczonego stopu wynosiła 10 g, skład stopu to 92,4% srebra i 7,6% miedzi.

$$\text{Masa } \text{Ag}_2\text{SO}_4 \text{ pozostałego w roztworze to } m = 0,5 \times M_{\text{Ag}_2\text{SO}_4} \times (m_{\text{AgCl}} / M_{\text{AgCl}}) = 0,8149 \text{ g.}$$

Woda w roztworze została wprowadzona jako czysta woda (50 ml) oraz 1M roztwór  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (50 ml). Obliczamy zawartość wody w roztworze kwasu:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,05 \times 1 = 0,05 \text{ mola, czyli } m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,05 \times 98,1 = 4,905 \text{ g.}$$

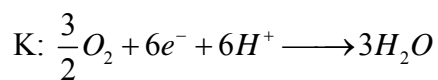
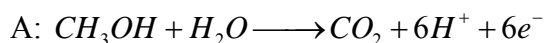
$$\text{Masa roztworu wynosi } m_r = 1,06 \times 50 = 53 \text{ g, czyli wody było } 53 - 4,905 = 48,095 \text{ g.}$$

$$\text{Całkowita objętość wody wynosiła } 50 + 48,095 = 98,095 \text{ ml.}$$

Rozpuszczalność  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  wynosi zatem  $100 \times (0,8194 / 98,095) = 0,8307 \text{ g/100 ml}$  (czyli, zakładając gęstość wody wynoszącą 1 g/ml, rozpuszczalność wynosi 0,8307 g/100 g).

**Punktacja:** Ustalenie składu stopu – 5 p.; ustalenie rozpuszczalności  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  – 10 p.

#### Zadanie 4



$$M_{\text{CH}_3\text{OH}} = 32 \text{ g/mol}$$

Zadanie można obliczyć na dwa sposoby.

#### I.

$$\Delta H_{\text{sp}}(\text{CH}_3\text{OH}) = 2 \times \Delta H_{\text{tw}}(\text{H}_2\text{O}) + \Delta H_{\text{tw}}(\text{CO}_2) - \Delta H_{\text{tw}}(\text{CH}_3\text{OH}) = 725 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Praca prądu płynącego w obwodzie } W = I \times U \times t = 8138 \text{ J}$$

Energia wydzielona podczas spalania 1 g metanolu to  $725000 \times 1/32 = 22656,25 \text{ J}$ , zatem sprawność ogniwa wynosi  $\eta = 100 \times 8138 / 22656,25 = 35,9\%$ .

#### II.

W obwodzie przepłynął ładunek  $q = I \times t = 6500 \text{ C}$ , czyli  $6500/96500 = 0,06736 \text{ mol e}^-$ .

W wyniku anodowego utlenienia 1 g metanolu powstanie  $6 \times 1/32 = 0,1875 \text{ mol e}^-$ , zatem sprawność wynosi  $\eta = 100 \times 0,06736 / 0,1875 = 35,9\%$ .

**Punktacja:** Za poprawne obliczenie sprawności ogniwa (niezależnie, czy metodą I czy II) – 20 p.

**Zadanie 5.**

$$M_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 60 \text{ g/mol}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{(c_0 - [\text{H}^+])} = \frac{(10^{-2,64})^2}{(c_0 - 10^{-2,64})} = 10^{-4,76}$$

zatem  $c_0 = 0,3043 \text{ M}$ . Ponieważ roztwór otrzymano przez 50-krotne rozcieńczenie badanego kwasu octowego, stężenie wynosi  $50 \times 0,3043 = 15,215 \text{ M}$ .

W  $1 \text{ dm}^3$  zawartych było  $15,215 \times 60 = 912,9 \text{ g}$   $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Masa  $1 \text{ dm}^3$  kwasu wynosiła  $1000 \times 1,066 = 1066 \text{ g}$ , zatem stężenie procentowe  $85,64\%$ .

**Punktacja:** Po 7,5 p. za obliczenie stężenia procentowego i molowego.