

### Zadanie 1

i.

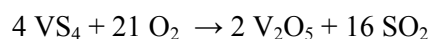
$$M(\text{V}_2\text{O}_5) = 181,9 \text{ g/mol}$$

$$n_V = 2 n_{\text{V}_2\text{O}_5} = 2 \times 0,5082/181,9 = 0,005588 \text{ mol}$$

$$n_S = 100000 \times 0,00056/(8,314 \times 299) = 0,022527$$

V:S wynosi 1:4

Wzór empiryczny patronitu  $\text{VS}_4$

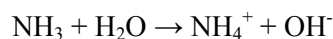


**Punktacja: równanie reakcji 2 pkt.; ustalenie wzoru 10 pkt.**

UWAGA: Nazwa polisiarczek wanadu wskazuje na obecność jonów polisiarczkowych ( $\text{S}_n^{2-}$ ) w strukturze patronitu. Wielu uczestników odczytywało ją jako wskazującą na polimeryczny charakter minerału ( $(\text{VS}_4)_n$ ) – w takim przypadku brzmiała by ona poli(siaczek wanadu).

ii.

Rozpuszczając się w wodzie, amoniak zachowuje się jak zasada:



$$K = [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]/[\text{NH}_3] = [\text{OH}^-]^2/(c_0 - [\text{OH}^-])$$

$$pOH = 14 - pH = 3,29$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-3,8} = 0,00051286 \text{ M}$$

$$Kc_0 - K[\text{OH}^-] = [\text{OH}^-]^2$$

$$([\text{OH}^-]^2 + K[\text{OH}^-])/K = c_0$$

$$c_0 = 0,01673 \text{ M}$$

Tlenek wanadu(V) jest tlenkiem o właściwościach kwasowych. W reakcji z amoniakiem tworzy sól, wanadan(V) amonu:  $(\text{NH}_4)_n\text{VO}_m$ .

Zakładając, że w skład soli wchodzi jeden jon amonowy ( $n = 1$ ), masa molowa tego związku wynosi:

$$\begin{array}{ll} 2 \text{ g} & - \quad 0,01673 \text{ mol} \\ x \text{ g} & - \quad 1 \text{ mol} \end{array}$$

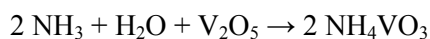
$$x = 119 \text{ g/mol}$$

$$119 - 51 - 14 - 4 \times 1 = 50$$

$$m = 50/16 \approx 3$$

Dla  $n > 1$  uzyskujemy masy molowe  $< 60$ , nie spełniające warunków zadania.

Wzór substancji:  $\text{NH}_4\text{VO}_3$ .

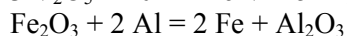
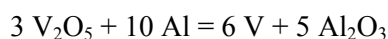


**Punktacja: ustalenie wzoru związku 20 pkt.; równania reakcji – po 2 pkt.**

iii.

$$M(\text{V}_2\text{O}_5) = 181,9 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,6 \text{ g/mol}$$



W 100 g mieszaniny o podanym składzie jest 10 g metalicznego Fe, 60 g  $\text{V}_2\text{O}_5$  i 30 g  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Po redukcji masa metalicznego wanadu wynosi:

$$\begin{array}{rcl} 181,9 & - & 2 \times 50,9\text{g} \\ 60 & - & x \text{ g} \end{array}$$

$$x = 33,58 \text{ g V}$$

zaś żelaza

$$\begin{array}{rcl} 159,6 & - & 2 \times 55,8 \text{ g} \\ 30 & - & y \text{ g} \end{array}$$

$$y = 20,98 \text{ g Fe z redukcji tlenku żelaza(III)}$$

$$z = 20,98 + 10 = 30,98 \text{ g Fe}$$

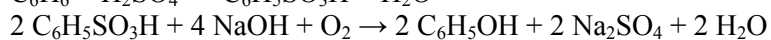
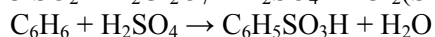
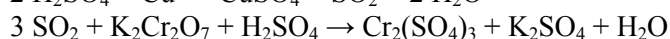
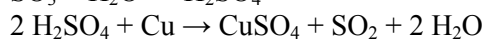
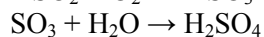
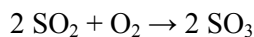
$$\text{Sumaryczna masa stopu } 30,98 + 33,58 = 64,56 \text{ g}$$

$$c_{\text{Fe}} = 30,98/64,56 = 48 \%$$

$$c_{\text{V}} = 33,58/64,56 = 52 \%$$

**Punktacja: obliczenie składu stopu – 10 pkt.; równania reakcji – po 2 pkt.**

iv.



B –  $\text{SO}_3$

C –  $\text{H}_2\text{SO}_4$

D –  $\text{CuSO}_4$ , E –  $\text{SO}_2$

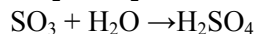
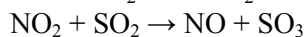
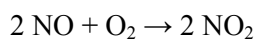
H –  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ , I –  $\text{K}_2\text{SO}_4$

J –  $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{H}$

K –  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$

**Punktacja: równania reakcji po 2 pkt.; identyfikacja związków po 1 pkt.**

v.

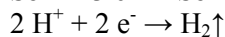
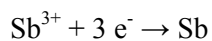


**Punktacja: 10 pkt.** (akceptowano dowolną reakcję/ciąg reakcji, prowadzących do kwasu siarkowego(VI))

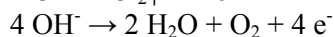
### Zadanie 2

i.

K:



A:



**Punktacja: po 2 pkt. za równanie**

ii.

$$n_e = (2 \times 4 \times 3600) / 96500 = 0,2984 \text{ mol e}^-$$

Przy wydajności 100% powinno wydzielić się  $0,2984/3 = 0,0995 \text{ mol Sb}^{3+}$ , czyli 12,12 g Sb.

Wydajność procesu wynosi:

$$(3/12,11) \times 100\% = 24,75\%$$

**Punktacja: 15 pkt.**

iii.

Przez elektrolizer przepłynęło 0,298 mol  $\text{e}^-$ .

Wydzieliło się  $2,5/22,414 = 0,1115$  mola produktów ( $\text{O}_2$  i  $\text{Cl}_2$ ).

$$n_{\text{O}_2} + n_{\text{Cl}_2} = 0,1115 \text{ mola}$$

$$4n_{\text{O}_2} + 2n_{\text{Cl}_2} = 0,2984 \text{ mola e}^-$$

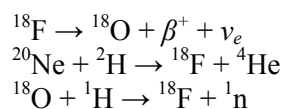
$$n_{\text{O}_2} = 0,0377 \text{ mol}; n_{\text{Cl}_2} = 0,0738 \text{ mol.}$$

Mieszanina gazowa wydzielona na anodzie składa się z 33,8%  $\text{O}_2$  i 66,2%  $\text{Cl}_2$  (procent molowy).

**Punktacja: 15 pkt.**

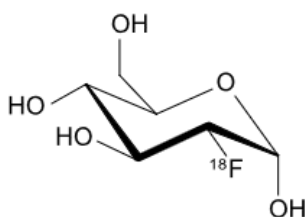
### Zadanie 3

i.



Punktacja: po 2 pkt. za równanie

ii.



Punktacja: 12 pkt. (akceptowano dowolną, poprawną postać wzoru)

iii.

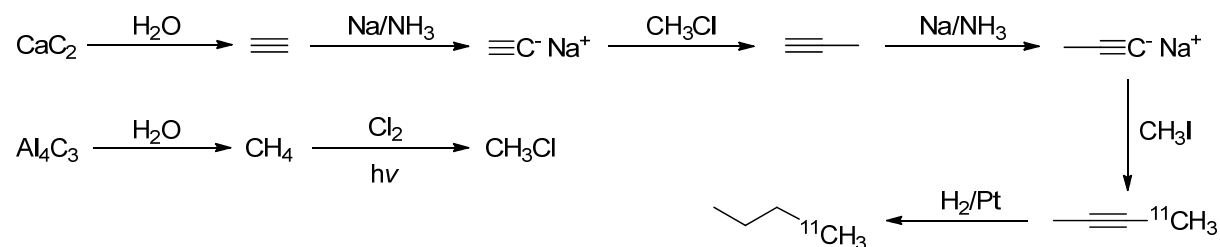
$$T_{1/2} = 110 \text{ min} = 6600 \text{ s}$$

$$k = \ln 2 / T_{1/2} = 0,000105 \text{ s}^{-1}$$

$$c = c_0 \times e^{-0,000105 \times 24 \times 3600} = 1,15 \times 10^{-3} \mu\text{M} = 1,15 \text{ nM}$$

Punktacja: 20 pkt. (w przypadku zastosowania podejścia „analitycznego”, przy pomocy wzorów) lub 10 pkt. (uzyskanie wyniku przybliżonego przy pomocy tabeli, zestawiającej wartości  $c$  po upływie kolejnych interwałów wynoszących  $T_{1/2}$ )

iv.



Punktacja: 15 pkt.; akceptowano dowolną, poprawną metodę, umożliwiającą otrzymanie oczekiwanego produktu w stanie czystym

#### Zadanie 4

**i.**

Woda destylowana otrzymywana jest w procesie fizycznym, destylacji, polegającym na ogrzaniu cieczy do wrzenia a następnie skropleniu otrzymanych par. Woda demineralizowana (dejonizowana) otrzymywana jest w procesie chemicznym. Wykorzystuje on zjawisko wymiany jonowej, polegające na zastępowaniu jonów metali (i jonów onioowych) jonami  $H^+$  a anionów reszt kwasowych jonami  $OH^-$ . Proces ten prowadzi się przy wykorzystaniu syntetycznych materiałów polimerowych, zwanych jonitami. W formie aktywnej zawierają one związane elektrostatycznie z matrycą polimerową jony wodorowe i wodorotlenowe.

Proces destylacji nie usuwa całkowicie zanieczyszczeń lotnych (niektórych substancji organicznych, soli amonowych, rozpuszczonych gazów). Ponadto, podczas klasycznej destylacji w atmosferze powietrza, woda nasycza się tlenkiem węgla(IV) – pH wody destylowanej wynosi około 5 jednostek. Usunięcie rozpuszczonych gazów w procesie destylacji wymaga specjalnych procedur. Demineralizacja nie usuwa z wody substancji niejonowych (wielu składników organicznych, słabo zdysocjowanych substancji nieorganicznych). Ponadto uzyskana woda zawiera pewne ilości oligomerów, wymytych z jonitów.

**ii.**

Czernienie bieli ołowiowej (węglanu hydroksoołowiu(II)) związane jest z tworzeniem się czarnego siarczku ołowiu(II). Proces ten wywołany jest przez zawarty w atmosferze siarkowodor. Przyczynia się do niego także bezpośrednia reakcja bieli ołowiowej z pigmentami siarczkowymi stosowanymi w malarstwie. Jony  $S^{2-}$ , wywołujące ciemnienie, powstawać mogą także w wyniku działalności mikroorganizmów, rozwijających się na substancjach organicznych obecnych na obrazie (naturalne lepiscza i żywice, zanieczyszczenia etc.).

**iii.**

Olej napędowy stanowi mieszanina wyższych węglowodorów alifatycznych oraz aromatycznych (np.: pochodnych naftalenu), uzyskana w procesie destylacji ropy naftowej (frakcja 180-350°C). W niskich temperaturach olej napędowy gęstnieje, przyjmując konsystencję żelu. Proces ten obserwuje się już poniżej -15°C. Wiąże się to nie tylko ze wzrostem lepkości ciekłych składników oleju, ale także z krystalizacją niektórych związków, wchodzących w jego skład. Paliwo w tej formie nie może być efektywnie pompowane do silnika a powstające kryształy zatykają przewody paliwowe. Zimowe dodatki do oleju napędowego zapobiegają gęstnieniu i krystalizacji paliwa. Stosuje się w tym celu rozgałęzione węglowodory alifatyczne i aromatyczne oraz pochodne polieterów.

**iv.**

Acetylen jest związkiem wysoce endoenergetycznym ( $\Delta H_{tw} = +227$  kJ/mol). Sprężanie acetyleny prowadzi do jego spontanicznego rozkładu z wydzieleniem węgla i wodoru. Towarzyszy temu silne nagrzanie mieszaniny, kończące się eksplozją. Proces rozkładu zachodzi przy ciśnieniach większych niż 1 atm. Z tego powodu nie jest możliwe przechowywanie acetyleny w postaci sprężonej w butlach.

UWAGA: Wbrew często powielanej opinii, wybuchowe zachowanie acetyleny podczas sprężania nie jest związane z jego oligo- lub polimeryzacją.

**Punktacja: po 5 pkt. za każdą poprawną odpowiedź**

### Zadanie 5

$$M(\text{BaSO}_4) = 233,4 \text{ g/mol}$$
$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142,0 \text{ g/mol}$$

$$\begin{array}{rcl} 0,312 \text{ g} & - & x \text{ mol} \\ 233,4 \text{ g} & - & 1 \text{ mol} \end{array}$$

$$x = 0,001337 \text{ mol}$$

obliczamy masę siarczanu(VI) sodu, obecnego w próbce:

$$\begin{array}{rcl} 0,001337 \text{ mol} & - & y \text{ g} \\ 1 \text{ mol} & - & 142 \text{ g} \end{array}$$

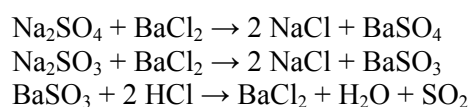
$$y = 0,1899 \text{ g}$$

Zawartość  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  wynosi:

$$\begin{array}{rcl} 0,1899 \text{ g} & - & z \% \\ 5,0000 \text{ g} & - & 100\% \end{array}$$

$$z = 3,8\%$$

Siarczan(IV) sodu stanowi  $100 - 3,8 = 96,2\%$  próbki.



**Punktacja: 10 pkt. za obliczenie zawartości siarczanu(IV) sodu, po 2 pkt. za równania reakcji**

### Zadanie 6

W wyniku rozpuszczenia uwodnionego chlorku żelaza(III) otrzymamy  $40,84 + 450 = 490,84 \text{ g}$  roztworu. Jest to roztwór 5%. Zawiera on zatem  $0,05 \times 490,84 = 24,542 \text{ g}$   $\text{FeCl}_3$ .

$$M(\text{FeCl}_3) = 162,3 \text{ g/mol}$$

$$\begin{array}{rcl} 24,542 \text{ g} & - & x \text{ mol} \\ 162,3 \text{ g} & - & 1 \text{ mol} \end{array}$$

$$x = 0,1512 \text{ mol}$$

masa wody w hydracie wynosi  $40,840 - 24,542 = 16,298 \text{ g}$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$$

$$\begin{array}{rcl} 18 & - & 1 \text{ mol} \\ 16,298 \text{ g} & - & y \text{ mol} \end{array}$$

$$y = 0,9054 \text{ mol}$$

$\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  wynosi  $0,9054/0,1512 = 6$ , zatem wzór hydratu  $\text{FeCl}_3 \times 6 \text{H}_2\text{O}$

Z 1 mol  $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$  otrzymamy 1 mol  $\text{FeCl}_3 \times 6 \text{H}_2\text{O}$  przy wydajności 100%.

$$M(\text{FeCl}_3 \times 6 \text{H}_2\text{O}) = 270,3 \text{ g/mol}$$

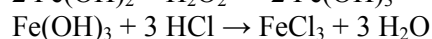
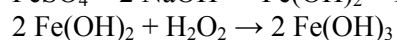
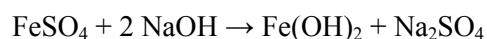
$$M(\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}) = 278,0 \text{ g/mol}$$

$$270,3 \text{ g} \quad - \quad 278,0 \text{ g}$$

$$30 \text{ g} \quad - \quad m \text{ g}$$

$m = 30,83 \text{ g}$  (przy wydajności 100%), zatem:

$30,83/0,78 = 39,52 \text{ g}$   $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$  to ilość potrzebna do syntezy, przy wydajności 78%.



**Punktacja: 10 pkt. za ustalenie wzoru hydratu, 10 pkt. za propozycję syntezy  $\text{FeCl}_3$ , 5 pkt. za obliczenie masy uwodnionego siarczynu(VI) żelaza(II), potrzebnej do syntezy**

### Zadanie 7

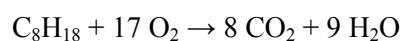
$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 114,2 \text{ g/mol}$$

$$99 \text{ g} \quad - \quad x \text{ mol}$$

$$44 \text{ g} \quad - \quad 1 \text{ mol}$$

$$x = 2,25 \text{ mola}$$



$$1 \text{ mol C}_8\text{H}_{18} \quad - \quad 8 \text{ mol CO}_2$$

$$y \text{ mol} \quad - \quad 2,25 \text{ mol}$$

$$y = 0,28125 \text{ mol}$$

Na 100 km zużyjemy  $100 \times 0,28125 \text{ mol} = 28,125 \text{ mola}$  izooktanu.

$$1 \text{ mol} \quad - \quad 114,2$$

$$28,125 \text{ mol} \quad - \quad z \text{ g}$$

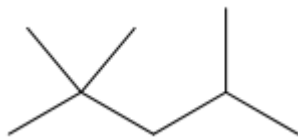
$$z = 3211,875 \text{ g izooktanu}$$

$$1 \text{ cm}^3 \quad - \quad 0,69 \text{ g}$$

$$n \text{ cm}^3 \quad - \quad 3211,875 \text{ g}$$

$$n = 4655 \text{ cm}^3 = 4,655 \text{ dm}^3$$

Wzór izooktanu:



**Punktacja: 10 pkt. za obliczenie objętości paliwa, 2 pkt. za podanie wzoru izooktanu**