

Rozwiązania zadań II-go etapu V-go Konkursu Chemicznego dla Szkół Średnich

**ZADANIE 1:** (4 punkty)

Masa początkowa saletry:	340 g	-	$m_0(\text{KNO}_3)$
Masa początkowa rozpuszczalnika:	220 g	-	$m_0(\text{H}_2\text{O})$
Masa odparowanej wody:	100 g	-	$m_{\text{odp}}(\text{H}_2\text{O})$
Stężenie roztw. nasyconego w 283 K:	22 %	-	$C\%$

Obliczamy masę saletry w roztworze nasyconym (przed odparowaniem) w 283 K:

$$m_{\text{nasyc1}}(\text{KNO}_3) = C\% \cdot m_0(\text{H}_2\text{O}) / (100\% - C\%) = 62,05 \text{ g KNO}_3$$

Zatem masa kryształów uzyskanych w pierwszej krystalizacji wynosi:

$$m_{\text{I}}(\text{KNO}_3) = m_0(\text{KNO}_3) - m_{\text{nasyc1}}(\text{KNO}_3) = 277,95 \text{ g KNO}_3$$

Obliczamy masę saletry w roztworze nasyconym (po odparowaniu) w 283 K:

$$m_{\text{nasyc2}}(\text{KNO}_3) = C\% \cdot [m_0(\text{H}_2\text{O}) - m_{\text{odp}}(\text{H}_2\text{O})] / (100\% - C\%) = 33,8 \text{ g KNO}_3$$

W drugiej krystalizacji uzyskujemy zatem:

$$m_{\text{II}}(\text{KNO}_3) = m_{\text{nasyc1}}(\text{KNO}_3) - m_{\text{nasyc2}}(\text{KNO}_3) = 28,25 \text{ g KNO}_3$$

Całkowita masa saletry po przekrystalizowaniu wynosi:

$$m_{\text{całk}}(\text{KNO}_3) = m_{\text{I}}(\text{KNO}_3) + m_{\text{II}}(\text{KNO}_3) = 306,2 \text{ g}$$

Wydajność krystalizacji:

$$W = m_{\text{całk}}(\text{KNO}_3) \cdot 100\% / m_0(\text{KNO}_3) = 90\%$$

**ZADANIE 2:** (3 punkty)

Masa mieszaniny:	28 g	-	$m_{\text{miesz}}$
Stosunek wagowy $\text{MgCl}_2$ : $\text{NaCl}$	1:2,5		
Masa wody	300 g	-	$m(\text{H}_2\text{O})$
Gęstość roztworu	$1,02 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	-	$d$

Obliczamy ułamki wagowa  $\text{NaCl}$  i  $\text{MgCl}_2$ :

W mieszaninie na 1 g  $\text{MgCl}_2$  przypada 2,5 g  $\text{NaCl}$ . W 3,5 g mieszaniny znajduje się zatem 1 g chlorku magnezu i 2,5 g chlorku sodu.

$$x(\text{MgCl}_2) = 1 \text{ g} / 3,5 \text{ g} = 0,286$$

$$x(\text{NaCl}) = 2,5 \text{ g} / 3,5 \text{ g} = 0,714$$

Masy NaCl i MgCl<sub>2</sub> w 28 g mieszaniny wynoszą zatem:

$$m(\text{NaCl}) = x(\text{NaCl}) \cdot m_{\text{miesz}} = 20 \text{ g}$$
$$m(\text{MgCl}_2) = x(\text{MgCl}_2) \cdot m_{\text{miesz}} = 8 \text{ g}$$

Masa roztworu:

$$m_{\text{roztw}} = m_{\text{miesz}} + m(\text{H}_2\text{O}) = 328 \text{ g}$$

Jego objętość:

$$V = m_{\text{roztw}}/d = 321,6 \text{ cm}^3 = 0,3216 \text{ dm}^3$$

Masy molowe rozpuszczonych soli wynoszą:

$$M(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$
$$M(\text{MgCl}_2) = 95,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Stężenia procentowe wynoszą zatem:

$$C_{\%}(\text{NaCl}) = m(\text{NaCl}) \cdot 100\% / m_{\text{roztw}} = 6,1 \%$$
$$C_{\%}(\text{MgCl}_2) = m(\text{MgCl}_2) \cdot 100\% / m_{\text{roztw}} = 2,4 \%$$

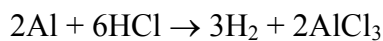
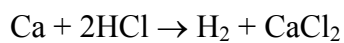
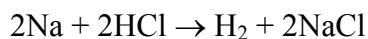
Stężenia molowe wynoszą zatem:

$$C_{\text{mol}}(\text{NaCl}) = m(\text{NaCl}) / [M(\text{NaCl}) \cdot V] = 1,06 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$
$$C_{\text{mol}}(\text{MgCl}_2) = m(\text{MgCl}_2) / [M(\text{MgCl}_2) \cdot V] = 0,26 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

**ZADANIE 3:** (3 punkty; za równania reakcji 1 punkt, za obliczenia 2 punkty)

Masa mieszaniny: 15 g - m<sub>miesz</sub>

Zapisujemy równania reakcji:



Mieszanina równomolowa zawiera po 1 molu każdego z pierwiastków, 23g Na; 40 g Ca i 27 g Al, w 90 g (23g + 40g + 27g). Zatem 15 g mieszaniny zawiera:

$$n = 15 / 90 = 0,167 \text{ mola każdego z pierwiastków.}$$

Z równań reakcji wynika, że podczas reakcji każdego z pierwiastków powstaje:

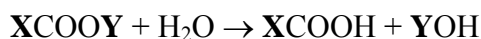
$$n_{\text{Na}}(\text{H}_2) = n/2 = 0,0835 \text{ mola wodoru}$$
$$n_{\text{Ca}}(\text{H}_2) = n = 0,167 \text{ mola wodoru}$$
$$n_{\text{Al}}(\text{H}_2) = 3 \cdot n/2 = 0,2505 \text{ mola wodoru}$$

Objętość wydzielonego wodoru wynosi więc:

$$[n_{\text{Na}}(\text{H}_2) + n_{\text{Ca}}(\text{H}_2) + n_{\text{Al}}(\text{H}_2)] \cdot 22.4 \text{ dm}^3 = 11.22 \text{ dm}^3 \text{ H}_2$$

**ZADANIE 4:** (4 punkty)

Zapisujemy równanie reakcję:



ester                                      kwas A    alkohol B

sól magnezowa kwasu A  $(\text{XCOO})_2\text{Mg}$  zawiera 16,9% magnezu, stąd

$$\text{masa } (\text{XCOO})_2\text{Mg} = X \text{ g} \qquad 100\%$$

$$\text{masa 1 mola Mg} = 24 \text{ g} \qquad 16,9\%$$

$$X = 142 \text{ g}$$

$$\text{Na 142 g soli magnezu składa się: } 24\text{g} - \text{Mg}$$

$$88\text{g} - 2 \times (\text{COO})$$

$$\text{oraz } 30 \text{ g } 2 \text{ X (reszta pochodząca z kwasu A)}$$

$$X = 15 \text{ g} \Rightarrow \text{CH}_3$$

Kwasem A jest  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , który jest produktem utleniania alkoholu B, czyli  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

Szukanym estrem jest octan etylu ( $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ ).

**ZADANIE 5:** (6 punktów; za każdy podpunkt po 2 punkty)

ad. a

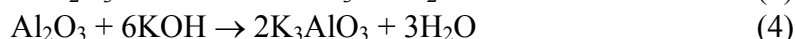
Woda w stanie ciekłym, zgodnie z właściwościami tego stanu skupienia, stanowi zbiór nieuporządkowanych, znajdujących się w niewielkich odległościach, oddziałujących ze sobą dzięki wiązaniom wodorowym i siłom Van der Waalsa, cząsteczek. W stanie stałym cząsteczki wody stanowią układ uporządkowany. Międzycząsteczkowe wiązania wodorowe wiążą cząsteczki wody w strukturę krystaliczną w której 6 molekuł  $\text{H}_2\text{O}$  tworzy sześcioczłonowe pierścienie. Stosunkowo duże, w porównaniu z fazą ciekłą, odległości i wolne przestrzenie sprawiają iż lód zajmuje większą objętość niż woda o tej samej masie.

ad. b

Tlenek glinu, podobnie jak tlenki niektórych innych metali, należy do tzw. tlenków amfoterycznych. Powstające po reakcji z wodą wodorotlenki mogą, podczas dysocjacji, rozpadać się na kation metalu i anion reszty wodorotlenowej (1) na drodze pęknięcia wiązania M-OH, jak też, po rozszczepieniu wiązania MO-H, dysocjować na kation  $\text{H}^+$  i anion  $\text{MO}^-$ , będący resztą kwasową (2).



Jak widać, zachowują się one, w zależności od warunków, zarówno jak słabe kwasy jak i słabe zasady. Tlenek glinu, w środowisku silnego kwasu (np.: HCl), zachowuje się jak tlenek zasadowy reagując w myśl reakcji (3) tworząc sole glinu(III). W reakcji z silnymi zasadami (np.: KOH)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  zachowuje się jak tlenek kwasowy, tworząc sole słabego kwasu glinowego(III) (4).

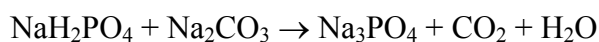


ad. c

Głównym składnikiem proszku do pieczenia są sole kwasu węglowego ulegające rozkładowi termicznemu już w temperaturze 70-80 st. C. Powstające, gazowe produkty termolizy ulatniają się powodując spulchnianie ciasta (pełnię taką samą rolę jak lotne produkty metabolizmu drożdży). Są to zwykle: węglan lub wodorowęglan amonu (tzw. amoniak do ciast) i wodorowęglan sodu (soda oczyszczona). Rozkład przebiega w myśl następujących równań reakcji:



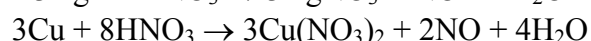
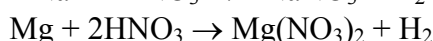
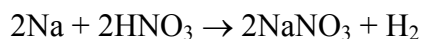
W przypadku stosowania  $\text{NaHCO}_3$ , w celu zneutralizowania silnie zasadowego węglanu sodu, do proszku do pieczenia dodaje się wodorooortofosforan(V) lub wodoropirofosforan(V) sodu które reagują z powstałym węglanem sodu, zubożając go i tworząc dodatkową ilość  $\text{CO}_2$ , np.:



**ZADANIE 6:** (6 punktów; za każde równanie reakcji po 0,5 punktu, za wyjaśnienie różnic w reaktywności - 2 punkty)

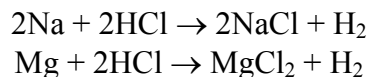
ad. a

Z kwasem azotowym reagują wszystkie podane metale. Ag i Cu nie są w stanie wyprzeć wodoru z kwasu ponieważ, w szeregu elektrochemicznym znajdują się za wodorem (są bardziej elektrododatnie). Reakcja z nimi zachodzi dzięki silnym właściwościom utleniającym kwasu azotowego. W reakcji z rozcieńczonym kwasem azotowym powstaje NO, ze stężonym  $\text{NO}_2$  nie wydziela się jednak podczas niej wodór. Mg i Na reagują z wydzieleniem wodoru.



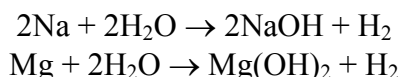
ad. b

Kwas solny, jako kwas nieutleniający, nie reaguje z miedzią i srebrem. Reakcja zachodzi tylko z magnezem i sodem.



ad. c

Reakcji z wodą w widoczny sposób ulega tylko sód. Powierzchnia magnezu pokrywa się pasywacyjną warstwą  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  która hamuje postęp reakcji. Reakcja ta zachodzi szybciej w temperaturze wrzenia wody na skutek lepszej rozpuszczalności wodorotlenku magnezu.



**ZADANIE 7:** (3 punkty)

100g roztworu zawiera 20g szukanej substancji (20%),

W  $1 \text{ dm}^3$  roztworu, czyli 1170g ( $d=1,17 \text{ g/cm}^3$ ) znajduje się  $1170 \cdot 20\% = 234\text{g}$  szukanej substancji, co stanowi 1,3 mola.

Masa 1 mola =  $234/1,3 = 180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masa manganu w 1 molu substancji =  $180 \cdot 30,7\% / 100\% = 55,26 \text{ g}$ , czyli 1 mol Mn.

Masa azotu w 1 molu substancji =  $180 \cdot 15,7\% / 100\% = 28,26 \text{ g}$ , czyli 2 mole atomowe N.

Masa tlenu w 1 molu substancji =  $180 \cdot 53,6\% / 100\% = 96,48 \text{ g}$ , czyli 4 mole atomowe O.

Szukaną substancją jest azotan (V) manganu  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ .

**ZADANIE 8:** (3 punkty)

Objętość HCl	67,2 dm <sup>3</sup>	-	V(HCl)
Masa wody	440 g	-	m(H <sub>2</sub> O)
Gęstość roztworu	1,1 g*cm <sup>-3</sup>	-	d
Masa molowa HCl:	36.5 g*mol <sup>-1</sup>	-	M(HCl)

Obliczamy ilość moli HCl

$$n(\text{HCl}) = V(\text{HCl})/22,4 \text{ dm}^3 = 3 \text{ mole HCl}$$

Stąd masa HCl:

$$m(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) = 109.5$$

Masa uzyskanego roztworu:

$$m_{\text{roztw}} = m(\text{HCl}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 549.5 \text{ g} \text{ czyli jego objętość } V_{\text{roztw}} = m_{\text{roztw}}/d = 499.5 \text{ cm}_3$$

$$C_{\text{mol}} = n(\text{HCl})/V_{\text{roztw}} = 6.0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$C\% = m(\text{HCl}) \cdot 100\% / [m(\text{HCl}) + m(\text{H}_2\text{O})] = 19.9\%$$

**ZADANIE 9:** (2 punkty)

Objętość rozpuszczalnika:	200 cm <sup>3</sup>	-	V <sub>rozp</sub>
Gęstość rozpuszczalnika:	0.8 g*cm <sup>3</sup>	-	d
Masa substancji:	30 g	-	m <sub>s</sub>
Ilość zanieczyszczeń:	10%	-	I

Masa rozpuszczalnika wynosi zatem:

$$m_{\text{rozp}} = V_{\text{rozp}} * d = 160\text{g}$$

Masa zanieczyszczeń:

$$m_z = m_s * I = 3 \text{ g}$$

Stężenie estru wynosi:

$$C\% = [(m_s - m_z) * 100\%] / [m_{\text{rozp}} + m_s] = 14,21\%.$$

**ZADANIE 10:** (2 punkty)

Stężenie procentowe:	18 %	-	C <sub>%</sub>
Stężenie molowe:	3.54 mol*dm <sup>-3</sup>	-	C <sub>m</sub>
Masa molowa NH <sub>4</sub> Cl:	53,5 g * mol <sup>-1</sup>	-	M(NH <sub>4</sub> Cl)

Roztwór zawiera 18 g NH<sub>4</sub>Cl w 100g roztworu

Roztwór zawiera:

$$M(\text{NH}_4\text{Cl}) * C_m / 10 = 18,94 \text{ g NH}_4\text{Cl w } 100 \text{ cm}^3$$

Objętość 100g roztworu wynosi:

$$V(100\text{g}) = 100 * 18 / 18,94 = 95 \text{ cm}^3$$

Czyli gęstość jest równa:

$$d = 100/95 = 1,05 \text{ g} * \text{cm}^{-3}$$