

XIII Ogólnopolski Podkarpacki Konkurs Chemiczny – 2021/2022



ETAPI – 4.11.2021 r.

Godz. 10.00-12.00

Uwaga! Masy molowe pierwiastków podano na końcu zestawu.

Zadanie 1 (13 pkt)

1. Objętość zajmowana przez 3,5 g azotu w warunkach normalnych wynosi:

- a) 90 dm³
 b) 5,6 dm³
 c) 2,8 dm³
 d) 180 dm³

$$\begin{array}{r} 28 \text{ g N}_2 - 22,41 \text{ dm}^3 \\ 3,5 \text{ g N}_2 - x \\ \hline x = 2,8 \text{ dm}^3 \end{array}$$

2. Podaj skład procentowy P₂O₅:

- a) 44% P oraz 56 % O
 b) 56% P oraz 44 % O
 c) 50% P oraz 50 % O
 d) 100% O

1 mol P₂O₅ zawiera:
 2 mole P (m_P = 2 mol · 31 g/mol = 62 g); 5 moli O (m_O = 5 mol · 16 g/mol = 80 g); M_{P₂O₅} = 142 g/mol
 P: $\frac{62 \text{ g} - x}{142 \text{ g} - 100\%}$ x = 43,66%
 O: $\frac{80 \text{ g} - x}{142 \text{ g} - 100\%}$ x = 56,34%; lub zawartość tlenu: 100% - 43,66% = 56,34%

3. Podaj najprostszy wzór związku, zawierającego 0,84 g azotu i 1,92 g tlenu:

- a) NO
 b) N₂O₅
 c) N₂O₃
 d) NO₂

$$\begin{array}{l} n_{\text{N}} = \frac{0,84}{14} = 0,06 \text{ mol} \\ n_{\text{O}} = \frac{1,92}{16} = 0,12 \text{ mol} \\ n_{\text{N}} : n_{\text{O}} = 0,06 : 0,12 = 1 : 2 \end{array}$$

4. Ile wynosi stężenie molowe roztworu wodorotlenku potasu, w którym ułamek molowy wody wynosi 0,7, a gęstość jest równa 1,4215 g/cm³?

- a) 33,8 mol/dm³
 b) 17,7 mol/dm³
 c) 14,5 mol/dm³
 d) 7,6 mol/dm³

Skład roztworu, np. 0,7 mol H₂O i 0,3 mol KOH. M_{H₂O} = 18 g/mol; M_{KOH} = 56,1 g/mol;
 Masa wody w roztworze: 0,7 · 18 = 12,6 g H₂O; masa KOH w roztworze: 0,3 · 56,1 = 16,83 g KOH;
 m_{r-u} = 29,43 g; objętość roztworu: $V = \frac{29,43}{1,4215} = 20,70 \text{ cm}^3 = 0,0207 \text{ dm}^3$.
 Stężenie molowe r-ru: $\frac{0,0207 \text{ dm}^3 \text{ r-u} - 0,3 \text{ mol KOH}}{1 \text{ dm}^3 \text{ r-u} - x}$
 x = 14,49 ~ 14,5 M KOH

5. Który z podanych związków był nazywany sinym kamieniem?

- a) CoCl₂
 b) KMnO₄
 c) Cu(NO₃)₂
 d) CuSO₄ · 5H₂O

6. Kationy Sr²⁺ tworzą trudnorozpuszczalne węglany, a ponadto barwią płomień na kolor:

- a) karmazynowoczerwony
 b) żółty
 c) zielony
 d) niebieski

7. Stopień utlenienia tlenu w podanych związkach wynosi:

	OF ₂	H ₂ O ₂	Na ₂ O ₂	H ₂ O
a)	<input type="checkbox"/> -II	<input type="checkbox"/> -II	<input type="checkbox"/> -II	<input type="checkbox"/> -II
b)	<input type="checkbox"/> -II	<input type="checkbox"/> -I	<input type="checkbox"/> -I	<input type="checkbox"/> -II
c)	<input checked="" type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> -I	<input type="checkbox"/> -I	<input type="checkbox"/> -II
d)	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> -II	<input type="checkbox"/> -II	<input type="checkbox"/> -I

8. Stopień dysocjacji kwasu jednowodorowego w roztworze o stężeniu 1 mol/dm³ i pH wynoszącym 1 jest równy:

a)	<input checked="" type="checkbox"/> 10%	$\text{pH} = 1, \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$ $\alpha = \frac{10^{-1}}{1} \cdot 100\% = 10\%$
b)	<input type="checkbox"/> 1%	
c)	<input type="checkbox"/> 0,01%	
d)	<input type="checkbox"/> 2%	

9. Wskaż poprawną odpowiedź:

- a) autodysocjacja nie ma znaczenia praktycznego
 b) autodysocjacja wody jest procesem egzoenergetycznym
 c) autodysocjacja wody jest procesem samorzutnym
 d) autodysocjacja wody jest procesem niesamorzutnym

10. Wskaż, który z podanych tlenków ma najsilniejsze właściwości utleniające:

- a) tlenek manganu(II)
 b) tlenek manganu(III)
 c) tlenek manganu(VI)
 d) tlenek manganu(VII)

11. Układ para-woda-lód jest układem:

- a) jednoskładnikowym i trójfazowym
 b) trójskładnikowym i jednofazowym
 c) trójskładnikowym i trójfazowym
 d) jednoskładnikowym i jednofazowym

12. Ile wynosi stężenie masowe [kg/m³] 1-molowego roztworu H₂SO₄?

a)	<input type="checkbox"/> 98 · 10 ³	$M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98 \text{ g/mol}$ $c = 1 \text{ mol/dm}^3 = 98 \text{ g/dm}^3 = 98 \text{ kg/m}^3$
b)	<input type="checkbox"/> 98 · 10 ⁻³	
c)	<input checked="" type="checkbox"/> 98	
d)	<input type="checkbox"/> 1	

13. Podaj ile moli NaOH zawarte jest w 400 g 5% roztworu:

a)	<input type="checkbox"/> 0,25 mol	$\text{w } 100 \text{ g roztworu } 5\% - 5 \text{ g NaOH}$ $\text{w } 400 \text{ g roztworu } 5\% - 4 \times 5 \text{ g} = 20 \text{ g NaOH}; M_{\text{NaOH}} = 40 \text{ g/mol}$ $\text{liczba moli NaOH} = 20 \text{ g} : 40 \text{ g/mol} = 0,5 \text{ mol}$
b)	<input checked="" type="checkbox"/> 0,50 mol	
c)	<input type="checkbox"/> 0,75 mol	
d)	<input type="checkbox"/> 1,00 mol	

Zadanie 2 (12 pkt)

Jedną z metod produkcji chlorowodoru polega na działaniu stężonego H_2SO_4 na sól kamienną.

W procesie tym, zachodzącym z wydajnością 75% powstaje także siarczan(VI) sodu. Obliczyć:

- A. Ile ton siarczanu(VI) sodu bezwodnego (**a**) oraz jako heptahydratu (**b**) powstanie, jeżeli w procesie zużyto 100 ton soli kamiennej o czystości 98%,
B. Masę soli kamiennej o czystości 98% (w tonach) niezbędną na wyprodukowanie 20 hm^3 gazowego chlorowodoru (proces z wydajnością 75%) w przeliczeniu na warunki normalne.

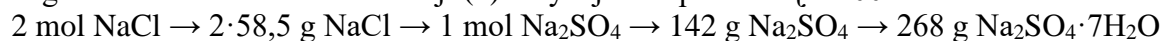
Przykładowe rozwiązanie



(A)

100 ton soli kamiennej – 98 ton NaCl

Wg stechiometrii równania reakcji (1) i wydajności procesu $\eta = 100\%$:



$$x = 118,9 \text{ t Na}_2\text{SO}_4, \quad 1 \text{ pkt}$$

$$y = 224,5 \text{ t Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \quad 1 \text{ pkt}$$

Dla wydajności procesu $\eta = 75\%$:

$$\mathbf{a} = 0,75 \cdot 118,9 \text{ t} = \mathbf{89,2 \text{ t Na}_2\text{SO}_4}$$

$$\mathbf{b} = 0,75 \cdot 224,5 \text{ t} = \mathbf{168,4 \text{ t Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} \quad 2 \text{ pkt}$$

(B)

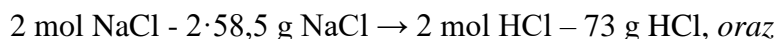
1 mol HCl – 36,5 g HCl – 22,4 dm³ HCl – 22,4 · 10⁻³ m³ HCl (warunki normalne), *lub*

1 kmol HCl – 36,5 kg HCl – 22,4 m³ HCl (warunki normalne)

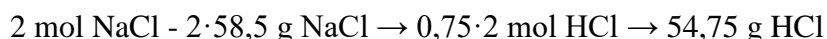
$$\frac{x}{20 \text{ hm}^3 \text{ HCl}}$$

$$x = 3258,93 \text{ kg HCl} \quad 2 \text{ pkt}$$

Wg stechiometrii równania reakcji (1) i wydajności procesu $\eta = 100\%$:



wg stechiometrii równania reakcji (1) i wydajności procesu $\eta = 75\%$:



$$x = 6964,29 \cdot 10^3 \text{ g NaCl} = 6964,29 \text{ kg NaCl} \quad 2 \text{ pkt}$$

Uwzględniając 98% czystość soli kamiennej, uzyskuje się:

100 kg soli kamiennej – 98 kg NaCl

x kg soli kamiennej – 6964,29 kg NaCl

$$x = 7106,4 \text{ kg} = \mathbf{7,11 \text{ t soli kamiennej}} \quad 3 \text{ pkt}$$

Zadanie 3 (20 pkt)

Mieszanina CaO i CaCO₃ przereagowała całkowicie z HCl w stosunku stechiometrycznym, przy czym wydzielono się 8,04 dm³ CO₂ w temperaturze 290 K i pod ciśnieniem 120 kPa, a masa otrzymanego CaCl₂ była o 50,61% większa od masy mieszaniny wyjściowej. Wykonaj wskazane poniżej polecenia (1-6)

i oblicz (polecenie 7) masę wody [g] jaką zawiera 1-molowy wodny roztwór HCl o gęstości $d = 1,02 \text{ g/cm}^3$ użyty do reakcji (w obliczeniach należy zaniedbać rozpuszczalność CO_2 w wodzie).

1. Zapisz równania zachodzące reakcji chemicznych.
2. Oblicz ilość moli wydzielonego CO_2 .
3. Oblicz ilość moli CaCO_3 .
4. Oblicz ilość moli CaO .
5. Oblicz ilość moli i masę [g] przereagowanego HCl.
6. Oblicz objętość [cm^3] i masę [g] zużytego roztworu HCl.
7. Oblicz masę wody [g] w roztworze HCl.

Przykładowe rozwiązanie

Ad. 1)

Zapisz reakcji:	
1. $\text{CaO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (1)	
2. $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (2)	2 pkt

Ad. 2)

Ilość moli CO_2 wg równania stanu gazu doskonałego (równanie Clapeyrona):	
$pV = nRT$	
$n = \frac{pV}{RT} = \frac{120 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 8,04 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 290 \text{ K}} = \mathbf{0,4 \text{ mol } \text{CO}_2}$	3 pkt

Ad. 3)

Ilość moli CaCO_3 Z równania (2) wynika, że ilość moli CaCO_3 jest równa ilości moli CO_2 , tj. $n_{\text{CO}_2} = n_{\text{CaCO}_3} = \mathbf{0,4}$ mol	1 pkt
--	-------

Ad. 4)

Ilość moli CaO - n_{CaO}	
$M_{\text{CaO}} = 56,1 \text{ g/mol}$; $M_{\text{CaCO}_3} = 100,1 \text{ g/mol}$; $M_{\text{CaCl}_2} = 111,1 \text{ g/mol}$	
Masa początkowej mieszaniny wynosi: $m = m_{1,\text{CaO}} + m_{2,\text{CaCO}_3} = n_{\text{CaO}} \cdot 56,1 \text{ g/mol} + 0,4 \cdot 100,1 \text{ g/mol}$	
Masa otrzymanego chlorku wapnia: $m_3 = (0,4 \text{ mol } \text{CaCl}_2 + n_{\text{CaO}}) \cdot 111,1 \text{ g/mol}$	6 pkt
Masę otrzymanego chlorku wapnia (m_3) definiuje zależność (3): $m_3/m = 150,61 \text{ g}/100 \text{ g} = 1,5061$ (3)	
(masa otrzymanego CaCl_2 była o 50,61% większa od masy mieszaniny wyjściowej ($\text{CaO} + \text{CaCO}_3$)).	

Podstawiając m_3 i m do równania (3) otrzymuje się: $n_{\text{CaO}} = \mathbf{0,6 \text{ mol}}$	
---	--

Ad. 5)

<p>Ilość moli i masa HCl – n_{HCl} i m_{HCl}</p> <p>$M_{\text{HCl}} = 36,5 \text{ g/mol}$</p> <p>Z równania (1) i (2) wynika, że ilość moli HCl jest dwukrotnie większa od sumy moli CaO i CaCO₃, zatem:</p> <p>$n_{\text{HCl}} = 2 (n_{\text{CaO}} + n_{\text{CaCO}_3}) = 2 \cdot (0,6 \text{ mol} + 0,4 \text{ mol}) = 2 \text{ mol}$</p> <p>masa HCl wynosi:</p> <p>$m_{\text{HCl}} = 2 \text{ mol} \cdot 36,5 \text{ g/mol} = \mathbf{73 \text{ g}}$</p>	3 pkt
--	-------

Ad. 6)

<p>Objętość roztworu HCl – $V_{\text{r-ro HCl}}$;</p> <p>Stężenie roztworu 1 mol/dm^3, zatem 2 mole HCl zawarte są w 2000 cm^3 roztworu i $V_{\text{r-ro HCl}} = 2000 \text{ cm}^3$</p> <p>Masa roztworu HCl – $m_{\text{r-ro HCl}}$:</p> <p>$m_{\text{r-ro HCl}} = V_{\text{r-ro HCl}} \cdot d_{\text{r-ro HCl}} = 2000 \text{ cm}^3 \cdot 1,02 \text{ g/cm}^3 = \mathbf{2040 \text{ g}}$</p>	3 pkt
--	-------

Ad. 7)

<p>Masa wody w roztworze HCl – $m_{\text{H}_2\text{O}}$</p> <p>$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{r-ro HCl}} - m_{\text{HCl}} = 2040 \text{ g} - 73 \text{ g} = \mathbf{1967 \text{ g}}$</p>	2 pkt
--	-------

Masy molowe (g/mol): H – 1; C – 12; N – 14; O – 16; Na – 23; P – 31; S – 32; Cl – 35,5; K – 39,1; Ca - 40,1