

VIII Podkarpacki Konkurs Chemiczny – 2015/2016

ETAP II – 19.12.2015 r. Godz. 10.30-12.30



Uwaga! Masy molowe pierwiastków podano na końcu zestawu.

Zadanie 1 (10 pkt)

1. W siarczku wapnia stosunek masowy wapnia do siarki wynosi 5:4. Ile gramów wapnia, oraz ile gramów siarki zawierała mieszanina jeżeli po jej ogrzaniu otrzymano 5,49 g CaS?

- | | | |
|----------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a) <input checked="" type="checkbox"/> | 3,05 g Ca i 2,44 g S | $\begin{array}{r} \text{Ca} : \text{S} \\ 5 \text{ g Ca} - 4 \text{ g S} - 9 \text{ g CaS} \\ x \quad \quad \quad 5,49 \text{ g CaS} \\ \hline x = 3,05 \text{ g Ca, } m_S = 5,49 \text{ g} - 3,05 = 2,44 \text{ g S} \end{array}$ |
| b) <input type="checkbox"/> | 1,49 g Ca i 4,0 g S | |
| c) <input type="checkbox"/> | 6,1 g Ca i 4,88 g S | |
| d) <input type="checkbox"/> | 2,44 g Ca i 3,05 g S | |

2. W 9,8 g kwasu siarkowego(VI) znajduje się taka sama ilość siarki, jaka jest w:

- | | | |
|----------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a) <input type="checkbox"/> | 4 g SO ₃ | $\left. \begin{array}{r} 1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 - 32 \text{ g S} - 98 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \\ x \quad \quad \quad 9,8 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \\ \hline x = 3,2 \text{ g S} \\ 1 \text{ mol SO}_3 - 32 \text{ g S} - 80 \text{ g SO}_3 \\ 3,2 \text{ g S} \quad \quad \quad y \end{array} \right\} y = 8 \text{ g SO}_3$ |
| b) <input checked="" type="checkbox"/> | 8 g SO ₃ | |
| c) <input type="checkbox"/> | 16 g SO ₃ | |
| d) <input type="checkbox"/> | 32 g SO ₃ | |

3. W 2 dm³ wodnego roztworu słabego kwasu o ogólnym wzorze HA znajduje się 4 mole niezdysoncjowanych cząsteczek HA oraz 1,204·10²² jonów A⁻. Stopień i stała dysocjacji kwasu wynosi:

- | | | | |
|----------------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | stopień dysocjacji | stała dysocjacji | $\begin{array}{l} HA \rightleftharpoons H^+ + A^- \\ K_a = \frac{\left(\frac{1,204 \cdot 10^{22} \text{ mol A}^-}{2 \text{ dm}^3}\right) \left(\frac{1,204 \cdot 10^{22} \text{ mol H}^+}{2 \text{ dm}^3}\right)}{\frac{4 \text{ mol}}{2 \text{ dm}^3}} = \frac{0,01 \cdot 0,01}{2} = 5 \cdot 10^{-5} \\ \alpha = \frac{0,01}{2,0} 100\% = 0,5\% \end{array}$ |
| a) <input type="checkbox"/> | 12,5% | 4,5·10 ⁻³ | |
| b) <input type="checkbox"/> | 1,0% | 3,9·10 ⁻⁴ | |
| c) <input checked="" type="checkbox"/> | 0,5% | 5,0·10 ⁻⁵ | |
| d) <input type="checkbox"/> | 0,5% | 4,5·10 ⁻⁵ | |

4. Zmieszano 40% roztwór wodorotlenku sodu ze stechiometryczną ilością 5 molowego roztworu kwasu azotowego(V) o gęstości 1,16 g/cm³. Stężenie procentowe otrzymanego roztworu azotanu(V) sodu wynosi:

- | | | |
|----------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a) <input type="checkbox"/> | 45,0% | <p>Np. 100 g (40% r-ru) – 40 g NaOH – 1 mol NaOH</p> $\begin{array}{r} 1 \text{ dm}^3 (5 \text{ M HNO}_3) - 5 \text{ mol HNO}_3 \\ x \quad \quad \quad 1 \text{ mol} \\ \hline x = 0,2 \text{ dm}^3 \\ m_{r-ru} = d \cdot V = 1,16 \text{ g/cm}^3 \cdot 200 \text{ cm}^3 = 232 \text{ g (w tym 1 mol HNO}_3 \text{ czyli 63 g HNO}_3) \\ \text{HNO}_3 + \text{NaOH} = \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \\ 63 \text{ g} \quad 40 \text{ g} \quad 85 \quad 18 \text{ g} \\ \% \text{HNO}_3 = \frac{85 \text{ g}}{(100+232) \text{ g}} 100\% = 25,6\% \end{array}$ |
| b) <input type="checkbox"/> | 30,5% | |
| c) <input checked="" type="checkbox"/> | 25,6% | |
| d) <input type="checkbox"/> | 20,3% | |

5. Reakcja eliminacji wody od 2-metylopentan-3-olu przebiega zgodnie z empiryczną regułą Zajcewa (odwrotną do reguły Markownikowa). Po przeprowadzeniu reakcji wśród produktów stwierdzono obecność *cis*-4-metylopent-2-enu. Związek ten jest produktem:

- a) głównym
b) ubocznym
c) przejściowym
d) reakcji następczej

6. Liczba możliwych wartości magnetycznej liczby kwantowej dla $l = 2$ wynosi:

- a) 2
b) 3
c) 4
d) 5

7. Według teorii Brönsteda zasadami są:

- a) NH_3 , OH^- , H_2O
b) NH_4^+ , OH^- , H_2O
c) NH_3 , OH^- , H_3O^+
d) NH_4^+ , OH^- , H_3O^+

8. Liczba wymienianych elektronów w dwóch półogniwach Daniella wynosi:

- a) dla półogniwa cynkowego 3, dla półogniwa miedziowego 2
b) dla półogniwa cynkowego 2, dla półogniwa miedziowego 2
c) dla półogniwa cynkowego 2, dla półogniwa miedziowego 1
d) dla półogniwa wodorowego 1, dla półogniwa miedziowego 2

9. Octan izopropylu poddano hydrolizie w podwyższonej temperaturze środowisku wodorotlenku potasu. Określ jakie będą produkty tej reakcji:

- a) kwas octowy i alkohol izopropylowy
b) octan potasu i prop-2-olan potasu
c) octan potasu i propan-2-ol
d) kwas octowy i prop-2-olan potasu

10. Do probówki z bezwodnym alkoholem etylowym wrzucono kawałek sodu. Podaj jakie produkty reakcji powstaną:

- a) etanolan sodu i wodór
b) nie zajdzie żadna reakcja
c) etanolan sodu i woda
d) wodorotlenek sodu i wodór

Łącznie zadanie 1: 10 pkt

Zadanie 2 (23 pkt)

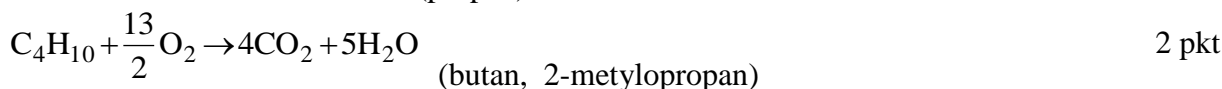
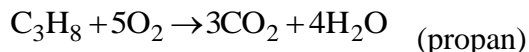
Mieszkankę gazową propan-butan o objętości 150 dm^3 , zawierającą w warunkach normalnych 25% obj. propanu; 30% obj. butanu oraz 45% obj. 2-metylopropanu, poddano całkowitemu spalaniu. Otrzymane spaliny przepuszczono przez płuczki z wodą wapienną o stężeniu 0,16% masowych.

1. Napisać równania reakcji całkowitego spalania poszczególnych składników mieszaniny.
2. Obliczyć objętość powietrza (w m^3) zużytą w reakcji spalania mieszaniny.

3. Podać skład spalin w % objętościowych i warunkach normalnych, zakładając, że para wodna uległa całkowitej kondensacji.
4. Obliczyć minimalną objętość wody wapiennej (w dm³), o gęstości równej w przybliżeniu gęstości wody, potrzebną do całkowitego zaabsorbowania produktu gazowego spalin.
5. Wiedząc, że ułamek molowy to stosunek liczby moli składnika do sumy moli wszystkich składników mieszaniny, obliczyć: a) ułamki molowe poszczególnych składników mieszaniny gazowej, b) gęstość oraz średnią masę molową mieszaniny (z dokładnością do 2 miejsc po przecinku).

Przykładowe rozwiązanie

Ad. 1



Ad. 2

Obliczenie liczby moli składników mieszaniny
(przyjęto indeksy: 1 – dla propanu; 2 – dla butanu; 3 – dla 2-metylopropanu):

$$n_1 = \frac{150 \text{ dm}^3 \cdot 0,25}{22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,67 \text{ mol}$$

$$n_2 = \frac{150 \text{ dm}^3 \cdot 0,3}{22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 2,01 \text{ mol} \quad 1,5 \text{ pkt}$$

$$n_3 = \frac{150 \text{ dm}^3 \cdot 0,45}{22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 3,01 \text{ mol}$$

Liczba moli tlenu konieczna do spalenia 1,67 mola propanu i 5,02 moli izomerycznych butanów wynosi:

$$n_{\text{O}_2} = 1,67 \cdot 5 + 5,02 \cdot 6,5 = 40,98 \text{ mol O}_2 \quad 3 \text{ pkt}$$

Objętość tlenu:

$$V_{\text{O}_2} = 40,98 \cdot 22,4 \text{ dm}^3 = 918 \text{ dm}^3 \quad 1 \text{ pkt}$$

Objętość powietrza:

$$V_{\text{pow}} = \frac{V_{\text{O}_2} \cdot 100\%}{21\%} = 4371,4 \text{ dm}^3 = 4,37 \text{ m}^3 \quad 1 \text{ pkt}$$

Ad. 3

Spaliny zawierają CO₂ oraz N₂

$$n_{\text{CO}_2} = 1,67 \cdot 3 + (2,01 + 3,01) \cdot 4 = 25,09 \text{ mol} \quad 1 \text{ pkt}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 25,09 \cdot 22,4 \text{ dm}^3 = 562,7 \text{ dm}^3 = 0,56 \text{ m}^3 \quad 1 \text{ pkt}$$

$$V_{\text{N}_2} = V_{\text{pow}} \cdot 0,79 = 4,37 \cdot 0,79 \text{ m}^3 = 3,45 \text{ m}^3 \quad 1 \text{ pkt}$$

$$\% \text{ obj. CO}_2 = \frac{0,56}{0,56 + 3,45} \cdot 100\% = 14\% \quad 1 \text{ pkt}$$

$$\% \text{obj. N}_2 = \frac{3,45}{0,56 + 3,45} \cdot 100\% = 86\% \quad 1 \text{ pkt}$$

Ad. 4



$$n_{\text{Ca(OH)}_2} = n_{\text{CO}_2} = 25,09 \text{ mol}$$

$$m_{\text{Ca(OH)}_2} = n_{\text{Ca(OH)}_2} \cdot 74 \text{ g} = 1856,7 \text{ g} \quad 1 \text{ pkt}$$

Masa wody wapiennej:

$$m_{\text{r-nuCa(OH)}_2} = \frac{m_{\text{Ca(OH)}_2} \cdot 100\%}{C_p} = \frac{1856,7 \text{ g} \cdot 100\%}{0,16\%} = 1160437,5 \text{ g} = 1160,4 \text{ kg}$$

Objętość wody wapiennej:

$$V_{\text{r-nuCa(OH)}_2} = \frac{m}{d} = \frac{1160,4 \text{ kg}}{1 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}} = 1160,4 \text{ dm}^3 \quad 2 \text{ pkt}$$

Ad. 5

a). Obliczenie ułamków molowych składników:

$$x_1 = \frac{1,67}{(1,67 + 2,01 + 3,01)} = 0,25 \quad (\text{propan})$$

$$x_2 = \frac{2,01}{(1,67 + 2,01 + 3,01)} = 0,30 \quad (\text{butan}) \quad 1,5 \text{ pkt}$$

$$x_3 = 1 - (0,25 + 0,30) = 0,45 \quad (\text{2-metylopropan})$$

b). Gęstość mieszaniny:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{n_1 M_1 + (n_2 + n_3) \cdot M_2}{V} = \frac{1,67 \cdot 44 + (2,01 + 3,01) \cdot 58}{150} \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3} \quad 2 \text{ pkt}$$

$$d = 2,43 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Średnia masa molowa mieszaniny:

$$M = \sum_{i=1}^3 x_i \cdot M_i = [0,25 \cdot 44 + (0,30 + 0,45) \cdot 58] \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 54,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad 2 \text{ pkt}$$

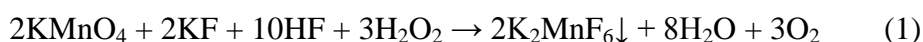
Łącznie zadanie 2: 23 pkt

Zadanie 3 (20 pkt)

Fluor w stanie wolnym jest żółtozielonym bardzo silnie trującym gazem. Jest najaktywniejszym niemetalem tworzącym związki z większością pierwiastków. Procentowa zawartość fluoru w litosferze wynosi 0,054%. Gazowy fluor reaguje wybuchowo z wodorem tworząc fluorowodór, który w temperaturze pokojowej jest cieczą lub gazem ($T_w = 19,9^{\circ}\text{C}$) o ostrym drażniącym błony śluzowe zapachu. W stanie ciekłym i stałym dzięki wiązaniom wodorowym tworzy łańcuchy cząsteczek –

asocjaty. Na skalę techniczną otrzymuje się go działając kwasem siarkowym(VI) na minerał fluoryt zawierający CaF_2 .

- Oblicz gęstość fluoru w temperaturze 100°C pod normalnym ciśnieniem.
- Narysuj diagram klatkowy obrazujący konfigurację elektronową atomu fluoru w stanie podstawowym oraz określ maksymalny możliwy stopień utlenienia fluoru w związkach chemicznych.
- Narysuj fragment łańcucha fluorowodoru w stanie ciekłym lub stałym.
- Fluor po raz pierwszy metodą nieelektrolityczną otrzymał Karl Christe poprzez reakcję heksafluoromanganianu(IV) potasu z fluorkiem antymonu(V) w temp. 150°C . Metoda Christe składa się z dwóch etapów: I – syntezy substratów i II – reakcji właściwej. Syntezę substratów, tj. K_2MnF_6 oraz SbF_5 opisują równania (1) i (2):



zaś HF i KF powstają w reakcjach (3)–(5):



Reakcję właściwą opisuje równanie (6):



Oblicz teoretycznie możliwą najmniejszą liczbę gramów fluorku wapnia niezbędną do otrzymania $1,00 \text{ dm}^3$ fluoru w warunkach normalnych.

- Próbkę $0,150 \text{ g}$ fluorytu zawierającego $21,93\%$ fluoru w postaci fluorku wapnia dokładnie rozdrobniono i wprowadzono do $100,00 \text{ cm}^3$ roztworu kwasu siarkowego(VI) będącego w ilości stechiometrycznej względem fluorku wapnia. Zakładając, że wydzielony HF nie opuścił układu reakcyjnego oblicz stężenie jonów fluorkowych w roztworze poreakcyjnym, jeżeli stała dysocjacji kwasu fluorowodorowego (K_a) wynosi $6,3 \cdot 10^{-4}$.

Przykładowe rozwiązanie

a).

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p}$$

Objętość 1 mola fluoru:

$$V = \frac{1 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (273 + 100) \text{ K}}{101325 \text{ Pa}} = 0,0306 \text{ m}^3$$

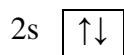
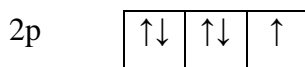
$$V = 30,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$d = \frac{M}{V}$$

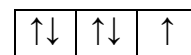
$$d = \frac{38,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{30,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,24 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$$

2 pkt.

b).



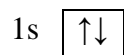
lub



1s

2s

2p

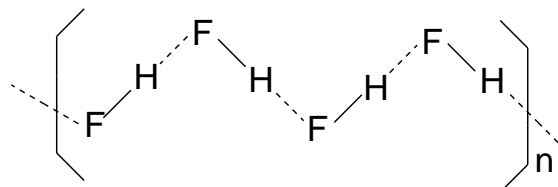


1 pkt.

Atom fluoru w związkach chemicznych przyjmuje (wyłącznie) –I stopień utlenienia

1 pkt.

c). Fragment łańcucha fluorowodoru, np.:



Narysowana struktura musi mieć układ „zygzakowaty”

1 pkt.

d).

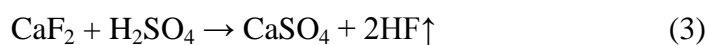
Przykładowe 2 rozwiązania problemu:

(i). Masa fluorku wapnia niezbędna do otrzymania fluoru (1 dm³).

Do rozwiązania zadania wystarczy analiza dwóch równań reakcji, tj. równania (6):



z którego wynika, że do otrzymania 1 cząsteczki F₂ tą metodą potrzeba łącznie 32 atomy fluoru, które znajdują się w 16 cząsteczkach CaF₂, oraz (równanie (3):



Ponieważ $M_{\text{CaF}_2} = 78 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, uwzględniając stechiometrię molową reakcji (6) i (3), z poniższej proporcji wynika, że:

$$16 \cdot 78 \text{ g CaF}_2 \text{ — } 22,4 \text{ dm}^3 \text{ F}_2$$

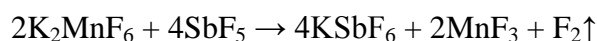
$$\underline{x \text{ g CaF}_2 \text{ — } 1 \text{ dm}^3}$$

$$x = \mathbf{55,7 \text{ g CaF}_2}$$

7 pkt.

(ii). Można przeprowadzić szczegółową analizę problemu, np.:

- do otrzymania 1 mola F₂ potrzeba 2 mole K₂MnF₆ i 4 mole SbF₅, wg równania (6): 1 pkt.

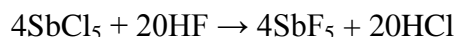


- otrzymanie 2 moli K₂MnF₆ wymaga 2 moli KF i 10 moli HF (równanie 1)

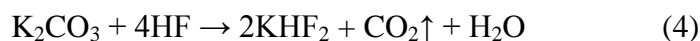
1 pkt.



- do otrzymania 4 moli SbF_5 potrzeba 20 moli HF (z równania 2): 1 pkt.



- zapotrzebowanie na związki fluoru na tym etapie: 30 moli HF oraz 2 mole KF 1 pkt.
- na otrzymanie 2 moli KF potrzeba 2 mole HF: 1 pkt.



(zakładamy, że cały wydzielający się w reakcji 2 HF jest zwracany do procesu bez strat)

- łączna liczba moli potrzebnego HF wynosi 32 mole, stąd minimalna liczba moli CaF_2 niezbędnego do otrzymania 1 mola F_2 wynosi 16 (wg równania 3):

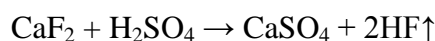


Po ułożeniu i rozwiązaniu proporcji uzyskuje się ten sam wynik dla masy fluorku wapnia:

$$m = 55,7 \text{ g CaF}_2. \quad 1 \text{ pkt.}$$

e). Stężenie jonów fluorkowych w roztworze poreakcyjnym

- Reakcja kwasu siarkowego(VI) z fluorkiem wapnia (kwas siarkowy(VI) jest w nadmiarze):



Masa fluoru w próbce fluorytu i liczba moli HF:

$$m = 0,2193 \cdot 0,150 \text{ g} = 3,29 \cdot 10^{-2} \text{ g F} \quad 1 \text{ pkt.}$$

$$\begin{array}{l} 38,00 \text{ g F} \text{ — } 2 \text{ mol HF} \\ 3,29 \cdot 10^{-2} \text{ g F} \text{ — } x \text{ mol HF} \end{array}$$

$$x = 1,73 \cdot 10^{-3} \text{ mol HF} \quad 1 \text{ pkt.}$$

Zakładając, że objętość układu reakcyjnego nie zmienia się po dodaniu fluorytu do roztworu H_2SO_4 , uzyskuje się:

$$c_{\text{m, HF}} = \frac{1,73 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,1000 \text{ dm}^3} = 0,0173 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \quad 1 \text{ pkt.}$$

- Obliczenia końcowe związane z dysocjacją słabego kwasu

Ponieważ stosunek $c_{\text{m, HF}}/K_{\text{HF}} > 400$ ($c_{\text{m, HF}}$ – stężenie molowe HF w roztworze, K_{HF} – stała dysocjacji), nie można do dalszych obliczeń stosować wzorów uproszczonych.

Zgodnie z równaniem dysocjacji HF ($\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$) uzyskuje się:

$$K_{\text{HF}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{F}^-]}{[\text{HF}]}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{F}^-] = x$$

$$6,3 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{[\text{HF}]}$$

$$6,3 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{0,0173 - x}$$

3 pkt.

Rozwiązując równanie kwadratowe:

$$x^2 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot x - 1,09 \cdot 10^{-5} = 0$$

otrzymuje się dwa rozwiązania:

$$x_1 = 0,003 \text{ oraz } x_2 = -0,0036 \text{ (wynik nie ma sensu fizycznego).}$$

Zatem:

$$[\text{F}^-] = \mathbf{0,003 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}}$$

2 pkt.

- wyniki pośrednie mogą się różnić od podanych w rozwiązaniu przy zastosowaniu innych metod obliczeń
- błędne zaokrąglenia traktuje się jako błąd rachunkowy i odejmuje się 1 pkt.

Łącznie zadanie 3: 20 pkt

Masy molowe ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$): H – 1; N – 14; O – 16; F – 19; Na – 23; S – 32; Ca – 40.