

VIII Podkarpacki Konkurs Chemiczny – 2015/2016

ETAP I – 12.11.2015 r. Godz. 10.00-12.00



Uwaga! Masy molowe pierwiastków podano na końcu zestawu.

Zadanie 1 (10 pkt)

1. Kierunek której reakcji nie zmieni się pod wpływem wzrostu ciśnienia?

- a) $A_2(g) + 3B_2(g) \rightleftharpoons 2AB_3(g)$
b) $A_2(g) + 2B_2(g) \rightleftharpoons 2AB_4(g)$
c) $2AB(g) \rightleftharpoons A_2(g) + B_2(g)$
d) $2A_2(s) + 3B_2(g) \rightleftharpoons 2A_2B_3(g)$

2. pH roztworu będzie spełniało zależność $pH < 7$ po zmieszaniu ze sobą:

- I) 150 g 15% roztworu KOH i 150 g 15% roztworu HCl
II) 100 g 15% roztworu KOH i 150 g 10% roztworu HCl
III) 200 g 10% roztworu KOH i 150 g 5% roztworu HCl

- a) I,
b) I, II
c) I, II, III
d) I, III

3. Do 300 cm³ kwasu solnego o stężeniu 0,2 mol/dm³ wrzucono 0,5 g magnezu. Zaszła wówczas reakcja: $Mg + 2H_3O^+ \rightarrow Mg^{2+} + H_2 + 2H_2O$. Ile wynosi stężenie kwasu solnego w momencie gdy przereagowało 50% masy magnezu? (w obliczeniach przyjmując że objętość roztworu jest stała).

- a) 0,20 mol/dm³
b) 0,13 mol/dm³
c) 0,07 mol/dm³
d) 0,03 mol/dm³

Przykładowe rozwiązanie

$$\Delta m_{Mg} = 50\% \cdot m_{Mg} = 0,5 \cdot 0,5 \text{ g} = 0,25 \text{ g}$$

$$\Delta n_{Mg} = \frac{\Delta m_{Mg}}{M_{Mg}} = \frac{0,25 \text{ g}}{24 \text{ g/mol}} = 0,01 \text{ mol}$$

$$\Delta n_{HCl} = 2 \Delta n_{Mg} = 2 \cdot 0,01 \text{ mol} = 0,02 \text{ mol}$$

$$n^0_{HCl} = V \cdot c^0_{HCl} = 0,3 \text{ dm}^3 \cdot 0,2 \text{ mol/dm}^3 = 0,06 \text{ mol}$$

$$n'_{HCl} = n^0_{HCl} - \Delta n_{HCl} = 0,06 - 0,02 = 0,04 \text{ mol}$$

$$c'_{HCl} = \frac{n'_{HCl}}{V} = \frac{0,04 \text{ mol}}{0,3 \text{ dm}^3} = 0,13 \text{ mol/dm}^3$$

4. Teoria kwasów i zasad Brönsteda-Lowry'ego zakłada, że:

- a) Kwas jest akceptorem protonu, zasada jest donorem protonu
b) Kwas tak jak i zasada jest donorem protonu
c) Kwas tak jak i zasada jest akceptorem protonu
d) Kwas jest donorem protonu, zasada jest akceptorem protonu

5. Ile wynosi pH 0,1 molowego roztworu kwasu o wzorze ogólnym HR, jeżeli stopień dysocjacji tego kwasu wynosi 1%?

- a) 0,1
 b) 0,3
 c) 3
 d) 1

Przykładowe rozwiązanie:

$$c_{H^+} = c_0 \cdot \alpha$$

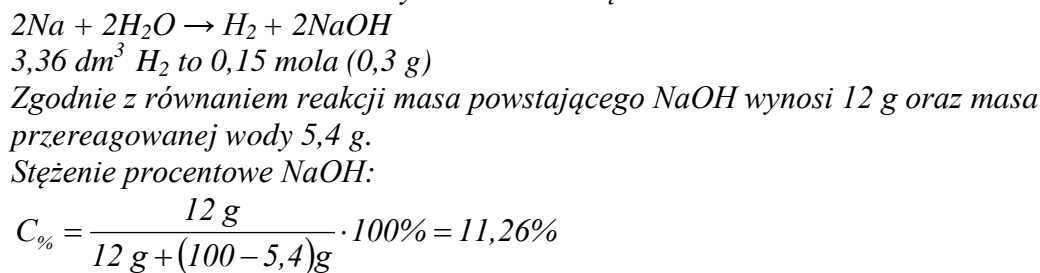
$$pH = -\log c_{H^+} = -\log c_0 \cdot \alpha$$

$$\alpha = 1\% = 0,01, pH = -\log 0,1 \cdot 0,01 = -\log 0,001 = -\log 10^{-3} = 3$$

6. Do 100 g wody wrzucono kawałek sodu. W wyniku reakcji wydzielilo się 3,36 dm³ gazu (warunki normalne). Stężenie procentowe uzyskanego roztworu wodorotlenku sodu wynosi:

- a) 5,74%
 b) 10,71%
 c) 8,85%
 d) 11,26%

Przykładowe rozwiązanie:



7. Tlenek krzemu(IV) ma charakter kwasowy ponieważ:

- a) reaguje z kwasami
 b) nie reaguje z wodą
 c) reaguje z wodorotlenkami
 d) jest ciałem stałym

8. Do roztworu azotanu(V) cynku dodano nadmiar roztworu wodorotlenku potasu. Produktami reakcji są:

- a) Zn(OH)₂, K₂O i H₂O
 b) K₂[Zn(OH)₄] i KNO₃
 c) Zn(OH)₂ i KNO₃
 d) K₂[Zn(OH)₄], K₂O i H₂O

9. Zmieszano roztwory zawierające 5 moli wodorotlenku sodu i 5 moli siarczanu(VI) miedzi(II). Po reakcji w roztworze znajdują się:

- a) CuSO₄, Na⁺, OH⁻
 b) tylko Cu(OH)₂
 c) Cu(OH)₂, Na⁺, Cu²⁺, OH⁻
 d) Cu(OH)₂, Na⁺, Cu²⁺, SO₄²⁻

10. Które z poniższych równań reakcji chemicznych to reakcje utlenienia i redukcji:

- I. $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$
 II. $CH_2=CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3-CH_3$
 III. $2Br^- + Cl_2 \rightarrow Br_2 + 2Cl^-$
 IV. $SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$
 V. $Pb + S \rightarrow PbS$

- a) II, III, V
 b) I, III, V

- c) III, IV, V
 d) I, II, IV

Łącznie zadanie 1: 10 pkt

Zadanie 2 (9 pkt)

Przygotowano roztwór (A) składający się z 4,75 mola wody i 0,25 mola kwasu siarkowego(VI). Gęstość tego roztworu wynosi $1,15 \text{ g/cm}^3$. Obliczyć:

- stężenie % roztworu kwasu
- stężenie molowe roztworu kwasu
- ile cm^3 roztworu A potrzeba do przygotowania 1500 cm^3 0,1 molowego roztworu kwasu siarkowego(VI)
- ile gramów 11% roztworu wodorotlenku potasu potrzeba do zobojętnienia 200 cm^3 roztworu A.

Przykładowe rozwiązanie

- a). Masa molowa $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98 \text{ g/mol}$ Masa molowa $\text{H}_2\text{O} = 18 \text{ g/mol}$

$$\begin{aligned} m_{\text{H}_2\text{SO}_4} &= 0,25 \text{ mol} \cdot 98 \text{ g/mol} = 24,5 \text{ g} \\ m_{\text{H}_2\text{O}} &= 4,75 \text{ mol} \cdot 18 \text{ g/mol} = 85,5 \text{ g} \end{aligned} \quad 1\text{pkt}$$

Stężenie % kwasu H_2SO_4 wynosi:

$$c_{\%} = \frac{24,5\text{g}}{24,5\text{g} + 85,5\text{g}} \cdot 100\% = 22,27\% \quad 1\text{pkt}$$

- b). Stężenie molowe kwasu H_2SO_4 wynosi:

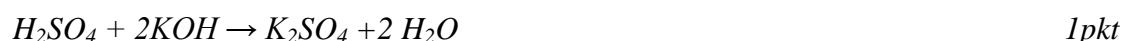
$$c_m = \frac{c_{\%} \cdot d \cdot 1000}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot 100} = \frac{22,27\% \cdot 1,15 \text{ g/cm}^3 \cdot 1000 \text{ cm}^3 / \text{dm}^3}{98 \text{ g/mol} \cdot 100\%} = 2,61 \text{ mol/dm}^3 \quad 2\text{pkt}$$

- c). W $1,5 \text{ dm}^3$ (1500 cm^3) 0,1 molowego roztworu liczba moli H_2SO_4 wynosi:
 $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,15 \text{ mol}$

Objętość roztworu A:

$$V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0,15 \text{ mola}}{2,61 \text{ mol/dm}^3} = 0,0575 \text{ dm}^3 = 57,5 \text{ cm}^3 \quad 2\text{pkt}$$

- d). Masa molowa $\text{KOH} = 56 \text{ g/mol}$



W 200 cm^3 roztworu A liczba moli H_2SO_4 wynosi:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,522 \text{ mol}$$

Zgodnie z równaniem reakcji ($H_2SO_4 + 2KOH \rightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$) do zobojętnienia tej ilości moli kwasu potrzeba 1,044 mola KOH.

Masa KOH wynosi:

$$m_{KOH} = 1,044 \text{ mol} \cdot 56 \text{ g/mol} = 58,46 \text{ g} \quad 1 \text{ pkt}$$

Masa roztworu KOH wynosi:

$$m_{r-roKOH} = \frac{58,46 \text{ g} \cdot 100\%}{11\%} = 531,5 \text{ g} \quad 1 \text{ pkt}$$

Łącznie zadanie 2: 9 pkt

Zadanie 3 (22 pkt)

Cyjanowodór jest prostym, nieorganicznym, silnie toksycznym związkiem węgla. W temperaturze pokojowej jest to bezbarwna, łatwo lotna dość dobrze rozpuszczalna w wodzie ciecz o zapachu gorzkich migdałów. Po rozpuszczeniu w wodzie tworzy słaby kwas cyjanowodorowy (stała dysocjacji HCN, $K_a = 7,5 \cdot 10^{-10}$). Na skalę przemysłową HCN otrzymuje się głównie w reakcji Andrussowa, w której w temperaturze około 1500 K w obecności katalizatora platynowego reagują ze sobą: metan, amoniak i tlen atmosferyczny. Najbardziej znaną solą kwasu cyjanowodorowego jest cyjanek potasu, który w wilgotnym powietrzu w obecności dwutlenku węgla rozkłada się z wydzielaniem cyjanowodoru.

- Narysuj wzór elektronowy (kropkowo – kreskowy) cząsteczki cyjanowodoru.
- Określ rodzaj hybrydyzacji atomu węgla w cząsteczce HCN.
- Zapisz równanie reakcji otrzymywania HCN metodą Andrussowa.
- Zapisz równanie rozkładu cyjanu potasu w wilgotnym powietrzu.
- W reaktorze z ruchomym tłokiem o objętości początkowej 1 dm^3 , zaopatrzonym w kontakt platynowy umieszczono stechiometryczne ilości metanu, amoniaku i powietrza, a następnie przeprowadzono reakcję otrzymywania cyjanowodoru (temperaturę 1200°C w reaktorze utrzymywano aż do ustalenia się równowagi). Zakładając, że substraty i produkty reakcji są gazami doskonałymi:
 - Zapisz wyrażenie na stałą równowagi reakcji otrzymywania cyjanowodoru w tych warunkach.
 - Oblicz stężenie HCN (% objętościowy) w mieszaninie w stanie równowagi, jeżeli wiadomo, że przereagowało 45,16% użytego tlenu (przed udzieleniem odpowiedzi końcowej uzupełnij Tabelę 1 podając objętości wszystkich składników mieszaniny gazów w reaktorze: przed reakcją, ulegających reakcji i w stanie równowagi).
 - Zakładając, że szczelny reaktor o objętości 1 dm^3 (unieruchomiony tłok) napełniono gazami w warunkach normalnych, oblicz ciśnienie (w hPa w zaokrągleniu do liczb całkowitych) panujące w reaktorze w momencie ustalenia się równowagi (1200°C).

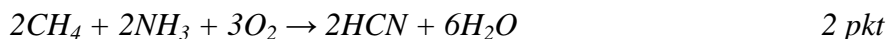
Przykładowe rozwiązanie

a). Wzór elektronowy (kropkowo – kreskowy) cząsteczki cyjanowodoru:

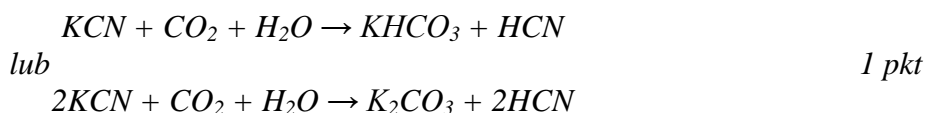


b). Rodzaj hybrydyzacji atomu węgla w cząsteczce HCN: *hybrydyzacja sp* 1 pkt

c). Równanie reakcji otrzymywania HCN metodą Andrussowa:

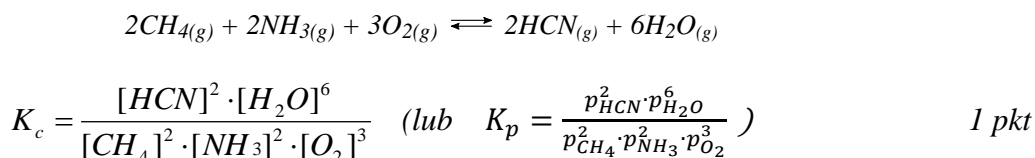


d). Równanie reakcji rozkładu cyjanku potasu w wilgotnym powietrzu



e).

(i). Reakcja otrzymywania cyjanowodoru i wyrażenie na stałą równowagi:



(ii). Stężenie HCN w mieszaninie gazów w stanie równowagi:

- Objętość reagentów przed reakcją

Reagenty zostały zmieszane w stosunkach stechiometrycznych, co dla reagentów gazowych odpowiada stosunkom objętościowym. Zatem zgodnie z równaniem reakcji otrzymywania cyjanowodoru:

$$V_{\text{CH}_4} : V_{\text{NH}_3} : V_{\text{O}_2} = 2 : 2 : 3 \quad 1 \text{ pkt}$$

Uwzględniając, że do reaktora wprowadzono powietrze oraz procentową zawartość tlenu w powietrzu 21% obj., objętości stechiometryczne poszczególnych gazów ulegających reakcji wynoszą:

$$\begin{aligned} x & - \text{objętość powietrza} \\ 0,21x & - \text{objętość tlenu} \\ \frac{2}{3} \cdot 0,21x & - \text{objętość amoniaku} \\ \frac{2}{3} \cdot 0,21x & - \text{objętość metanu} \end{aligned} \quad 1 \text{ pkt}$$

Ponieważ reaktor ma objętość 1 dm^3 , uzyskuje się zależność:

$$\begin{aligned} 1 \text{ dm}^3 &= x + 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,21x \quad \text{stąd} \quad x = 0,7813 \text{ dm}^3 \text{ (objętość początkowa powietrza w reaktorze).} \\ V_{\text{O}_2} &= 0,1641 \text{ dm}^3 \\ V_{\text{CH}_4} &= V_{\text{NH}_3} = 0,1094 \text{ dm}^3 \end{aligned} \quad 2 \text{ pkt}$$

Objętość składników powietrza (głównie N_2), niebiorących udziału w reakcji:

$$V_i = V_{\text{pow.}} - V_{\text{O}_2} = 0,7813 \text{ dm}^3 - 0,1641 \text{ dm}^3 = 0,6172 \text{ dm}^3 \quad 1 \text{ pkt}$$

- Liczba moli reagentów (składników) w układzie reakcyjnym (oznaczenia: V_M – objętość molowa gazu doskonałego w warunkach stanu równowagi w reaktorze [dm^3/mol])

tlenu

- przed reakcją: $n_{\text{O}_2} = 0,1641 \cdot V_M^I \text{ [mol]}$

- ulegający reakcji: $n_{O_2} = 0,1641 \cdot 0,4516 \cdot V_M^{-1} = 0,0741 \cdot V_M^{-1} \text{ [mol]}$
- nieprzereagowany: $n_{O_2} = (0,1641 - 0,0741) \cdot V_M^{-1} = 0,0900 \cdot V_M^{-1} \text{ [mol]}$

metan i amoniak

- przed reakcją: $n_{CH_4} = n_{NH_3} = 0,1094 \cdot V_M^{-1} \text{ [mol]}$
- ulegający reakcji: $n_{CH_4} = n_{NH_3} = 0,1094 \cdot 0,4516 \cdot V_M^{-1} = 0,0494 \cdot V_M^{-1} \text{ [mol]}$
- nieprzereagowany: $n_{CH_4} = n_{NH_3} = (0,1094 - 0,0494) \cdot V_M^{-1} = 0,0600 \cdot V_M^{-1} \text{ [mol]}$

Składniki powietrza (głównie N_2) nie biorące udziału w reakcji:

$$n_i = 0,6172 \cdot V_M^{-1} \text{ [mol]}$$

Tabela 1. Objętości składników w układzie reakcyjnym ($V_{reaktora} = 1 \text{ dm}^3$, $T = 1200^0\text{C}$).

	Objętość składników [dm^3]		
	przed reakcją	ulegających reakcji	w stanie równowagi
CH_4	0,1094	0,0494	0,0600
NH_3	0,1094	0,0494	0,0600
O_2	0,1641	0,0741	0,0900
HCN	-	-	0,0494
H_2O	-	-	0,1482
N_2	0,6172	-	0,6172
Σ	1,000		1,0248

6 pkt

- Stężenie HCN w układzie:

$$\%HCN = \frac{0,0494 \text{ mol} \cdot V_M \text{ dm}^3/\text{mol}}{1,0248 \text{ mol} \cdot V_M \text{ dm}^3/\text{mol}} \cdot 100\% = 4,82\% \text{ obj.}$$

1 pkt

(iii). Ciśnienie gazów w reaktorze

- Liczba moli gazów przed reakcją w reaktorze w warunkach normalnych ($V = 1 \text{ dm}^3$).
Z równania Clapeyrona: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ wynika, że:

$$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1013 \text{ hPa} \cdot 1 \text{ dm}^3}{83,14 \frac{\text{hPa} \cdot \text{dm}^3}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 273 \text{ K}} = 0,0446 \text{ mol}$$

1 pkt

- Liczba moli gazów w reaktorze w stanie równowagi (1200^0C):

$1,0000 \text{ dm}^3 \cdot V_M^{-1}$ (przed reakcją)	-	$1,0248 \text{ dm}^3 \cdot V_M^{-1}$ (stan równowagi)	
$0,0446 \text{ mol}$	-	x	2 pkt

$$x = 0,0446 \text{ mol} \cdot 1,0248 = 0,0457 \text{ mol}$$

- Ciśnienie gazów w reaktorze w stanie równowagi

$$p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,0457 \text{ mol} \cdot 83,14 \frac{\text{hPa} \cdot \text{dm}^3}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (273 + 1200) \text{K}}{1 \text{ dm}^3} = 5597 \text{ hPa} \quad 1 \text{ pkt}$$

Łącznie zadanie 3: 22 pkt

Masy molowe (g/mol): H - 1; O - 16; Na - 23; Mg - 24; S - 32; Cl - 35,5; K - 39.