



WYDZIAŁ CHEMICZNY POLITECHNIKI  
WARSZAWSKIEJ  
XXVI Konkurs Chemiczny – II etap



Warszawa, 18 marca 2011

*Za każde zadanie można otrzymać 10 punktów (maksymalnie można uzyskać 50 punktów).*

**Zadanie 1.**

Mieszanina chloru i wodoru ma w warunkach normalnych gęstość  $1\text{g/dm}^3$ . Mieszaninę zapalono i po oziębieniu rozpuszczono w wodzie. Po dodaniu  $500\text{cm}^3$  0,22 molowego roztworu amoniaku wartość współczynnika pH wyniosła 9,1. Jaka objętość (w warunkach normalnych) mieszaniny chloru i wodoru użyto?

$$K_b \text{NH}_3 = 1,8 \cdot 10^{-5} \quad \text{Masy molowe: H – 1; Cl – 35,5}$$

**Zadanie 2.**

pH roztworu heksacyjanożelazianu(III) potasu będącego w równowadze z osadem wodorotlenku żelaza(III) wynosi 10,5. Oblicz stężenie wszystkich jonów w tym roztworze wiedząc, że logarytm stałej trwałości kompleksu  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$  wynosi 31.

$$pK_r \text{Fe}(\text{OH})_3 = 38,6;$$

**Zadanie 3.**

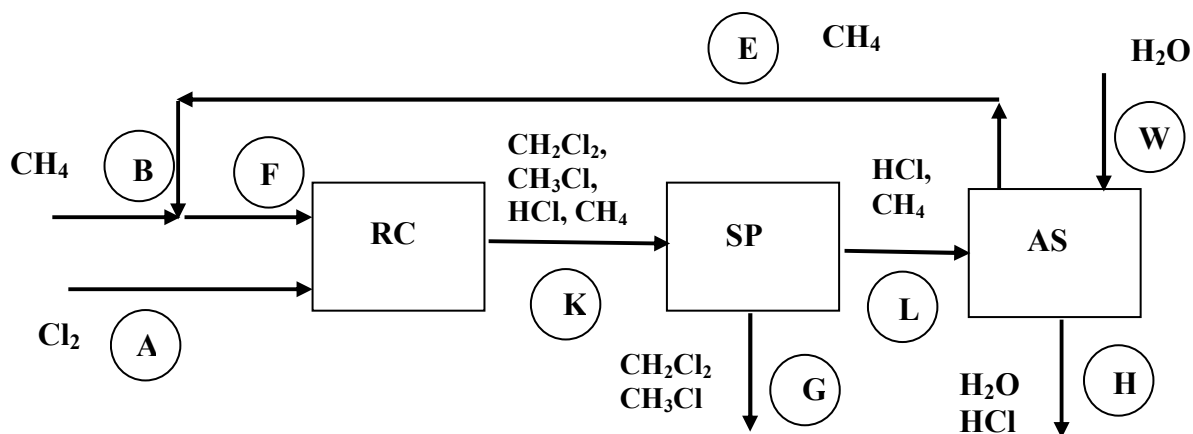
W reakcji kwasu but-2-enowego z propenem, katalizowanej kwasem, powstają dwa izomeryczne ketony ( $\text{C}_7\text{H}_{10}\text{O}$ ) – łańcuchowy (który jest symetryczny) oraz cykliczny. Podaj ich wzory strukturalne.

**Zadanie 4.**

Zaproponuj syntezę 4–metoksy-3-metyloheksan-3–olu ze związków organicznych zawierających najwyżej trzy atomy węgla i dowolnych nieorganicznych.

**Zadanie 5.**

Chlorek metylu otrzymuje się w procesie chlorowania metanu w instalacji cyrkulacyjnej. Do obiegu doprowadza się metan (strumień B) oraz gazowy chlor (strumień A). Proces chlorowania metanu prowadzi się stosując nadmiar metanu w stosunku do chloru, aby cały chlor przereagował.



W reaktorze powstaje  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{HCl}$  i  $\text{H}_2\text{O}$ . W skraplaczu (SP) następuje całkowite wydzielenie  $\text{CH}_3\text{Cl}$  i  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  (strumień G). W absorberze AS następuje całkowite wydzielenie  $\text{HCl}$ , a metan zawracany jest do reaktora (strumień E).

Stożenie przemiany metanu w chlorek metylu ( $x$ ) definiowany jest następująco:

$$x = \frac{W_K[\text{CH}_3\text{Cl}]}{W_F[\text{CH}_4]}, \quad 0 \leq x \leq 1$$

Stosunek strumieni metanu; zawracanego w obiegu (strumień E) i doprowadzanego do układu (strumień B) definiowany jest następująco:

$$u = \frac{W_E[\text{CH}_4]}{W_B[\text{CH}_4]}, \quad 0 \leq u$$

Wydajność procesu przetwarzania metanu w chlorek metylu ( $\alpha$ ) definiowana jest jako stosunek produkowanego chlorku metylu (strumień G) do strumienia wprowadzanego metanu (strumień B).

$$\alpha = \frac{W_G[\text{CH}_3\text{Cl}]}{W_B[\text{CH}_4]}$$

Przyjmując za podstawę bilansu 1 kmol/s strumienia metanu ( $W_B = 1$  kmol/s) oblicz zależność  $\alpha$  od  $x$  i  $u$  ( $\alpha = f(x,u)$ ).

## Rozwiązania:

### Zadanie 1.

Odczyn zasadowy, wskazuje na nadmiar amoniaku, powstaje bufor:

$$K_{b, \text{NH}_3} = (n_{\text{HCl}}/n_{\text{NH}_3}) \cdot [\text{OH}^-] \quad [\text{OH}^-] = 1,25 \cdot 10^{-5}; \quad n_{\text{NH}_3}^0 = 0,5 \cdot 0,22 \text{ mola} = 0,11 \text{ mola}$$

$$n_{\text{HCl}} = x \quad n_{\text{NH}_3} = 0,11 - x$$

$x = 0,0647 \approx 0,065$  mola, tej liczbie moli kwasu solnego odpowiada:

a) objętość gazów:  $0,065 \cdot 22,4 \text{ dm}^3 = 1,456 \text{ dm}^3$

b)  $m_{\text{HCl}} = 2,373 \text{ g}$

c)  $d = 1,63 \text{ g/dm}^3 >$  gęstości mieszaniny gazowej

Wniosek: w mieszaninie był nadmiar wodoru;

Liczba moli gazów:

$$n = V/22,4 \text{ mola}$$

$$n_{\text{Cl}_2} = 0,0325 \text{ mola} \quad n_{\text{H}_2} = (V/22,4 - 0,0325) \text{ mola}$$

$$m_{\text{Cl}_2} = 2,31 \text{ g} \quad m_{\text{H}_2} = (V/22,4 - 0,0325) \cdot 2 \text{ g}$$

$$1 \text{ g/dm}^3 = [2,31 + (V/22,4 - 0,0325) \cdot 2] / V \text{ [g/dm}^3]$$

$$V = 2,46 \text{ dm}^3$$

### Zadanie 2.

Rozpuszczalność  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ :

$$r = [\text{Fe}^{3+}] + [\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] = 1/3 \cdot [\text{OH}^-]$$

$$1/3 \cdot [\text{OH}^-] = (K_r / [\text{OH}^-]^3) \cdot \{1 + K_t \cdot [\text{CN}^-]^6\}$$

$$r = 1,054 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$(10^{-3,5})^4 = 3 \cdot 10^{-38,6} \cdot \{1 + 10^{31} \cdot [\text{CN}^-]^6\}$$

$$[\text{CN}^-] = 0,0714 \text{ M}$$

$$[\text{K}^+] = 0,0714 + 6r = 0,0720 \text{ M};$$

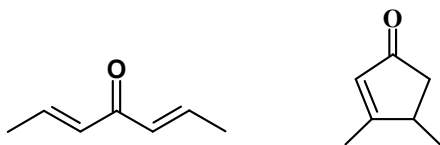
$$[\text{Fe}^{3+}] = 7,94 \cdot 10^{-29} \text{ M}$$

$$[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] \approx r = 1,054 \cdot 10^{-4} \text{ M};$$

$$[\text{OH}^-] = 3,162 \cdot 10^{-4} \text{ M};$$

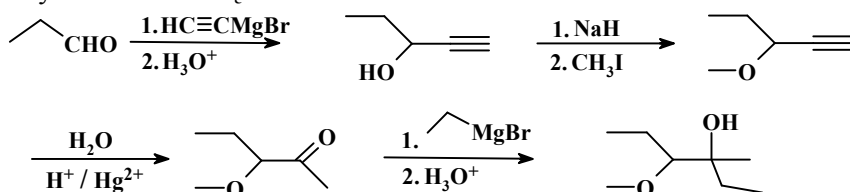
$$[\text{H}^+] = 3,162 \cdot 10^{-11} \text{ M}$$

### Zadanie 3.



### Zadanie 4.

Przykładowe rozwiązanie:



### Zadanie 5.

z definicji  $\alpha$ :  $W_G[\text{CH}_3\text{Cl}] = W_K[\text{CH}_3\text{Cl}] = \alpha \quad W_B[\text{CH}_4] = \alpha$

z definicji  $x$ :  $W_F[\text{CH}_4] = W_K[\text{CH}_3\text{Cl}]/x = \alpha/x$

z definicji  $u$ :  $W_E[\text{CH}_4] = W_B[\text{CH}_4]u = u$

Z bilansu metanu w obszarze mieszania strumieni B i E otrzymujemy:

$$W_B[\text{CH}_4] + W_E[\text{CH}_4] = W_F[\text{CH}_4] \text{ czyli:}$$

$$1 + u = \alpha/x$$

Po przekształceniu:  $\alpha = (1 + u) x$