



WYDZIAŁ CHEMICZNY POLITECHNIKI
WARSZAWSKIEJ
XXX Konkurs Chemiczny
Etap II



Warszawa, 20 marca 2015

Zadanie 1. (10 punktów)

Gęstość równowagowej mieszaniny SO_3 i produktów jego dysocjacji termicznej w temperaturze 903 K i pod ciśnieniem 1 bara wynosi $0,915 \text{ g/dm}^3$. Oblicz: stopień dysocjacji SO_3 , stałą równowagi K_p oraz liczbę postępu reakcji (przyjmując $n_0 \text{ SO}_3 = 2,2$ mola):



$$M_S = 32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}; M_O = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}; R = 8,314 \text{ m}^3\cdot\text{Pa}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Zadanie 2. (10 punktów)

pH wodnego roztworu kwasu bursztynowego $\text{HOOC}(\text{CH}_2)\text{COOH}$ o gęstości 1 g/cm^3 wynosi 3. Oblicz stężenia wszystkich indywiduów chemicznych znajdujących się w tym roztworze (mol/dm^3) oraz masę kwasu rozpuszczonego w 1 dm^3 roztworu.

$$K_{a1} = 6,21 \cdot 10^{-5} \quad K_{a2} = 2,31 \cdot 10^{-6} \quad M_O = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}; M_C = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}; M_H = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Zadanie 3. (12 punktów)

Podaj dwa sposoby syntezy 2-fenyl-3-metylobutan-2,3-diolu z acetofenonu (keton metylo- fenyłowy) i dowolnych reagentów.

Zadanie 4. (8 punktów)

Jak z *m*-ksylenu (1,3-dimetylobenzenu) otrzymać 1-chloro-3,5-dimetylobenzen?

Zadanie 5. (10 punktów)

Kwas fosforowy (strumień Y) o stężeniu a (%mas.) produkuje się rozkładając $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (apatyt) kwasem siarkowym. Wytworzony kwas fosforowy oddziela się na filtrze (F). Osad $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ płucze się wodą w celu uniknięcia strat kwasu fosforowego. Otrzymany rozcieńczony kwas fosforowy (strumień H) zwracany jest do mieszalnika M, w którym miesza się z 98% kwasem siarkowym (strumień A). Produktem ubocznym procesu jest $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ zawierający wodę i nieprzereagowany $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Wydajność surowcowa procesu otrzymywania kwasu fosforowego

$$\eta = \frac{W_Y[\text{H}_3\text{PO}_4]}{2W_E[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]}$$

Stosunek nieprzereagowanego apatytu do otrzymanego uwodnionego siarczanu wapnia w osadzie odprowadzanym z filtra F (strumień R) wynosi L.

$$L = \frac{G_R[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]}{G_R[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]}$$

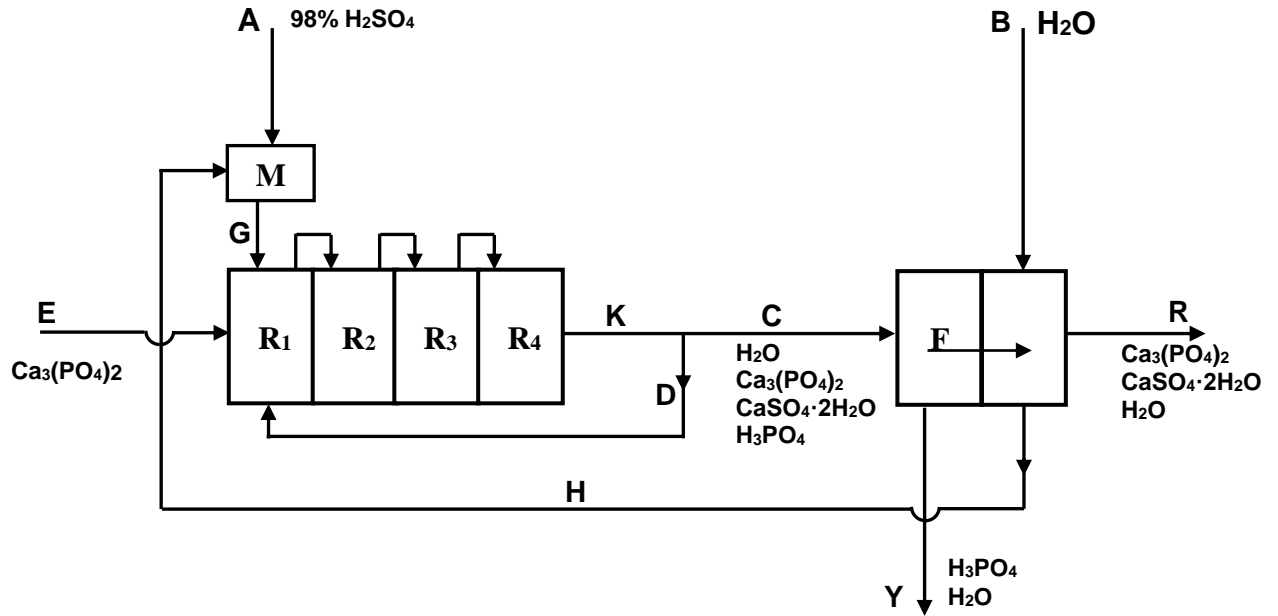
Obliczyć zależność L (stosunek strumieni masy $G_R[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ i $G_R[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$) w osadzie oddzielonym i przemytym na filtrze F od wydajności surowcowej procesu η

$$L = L(\eta)$$

Za podstawę obliczeń należy przyjąć 100 kmol/h apatyty wprowadzanego do reaktora w strumieniu E ($W_E[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$).

Strumienie G i W wyrażone odpowiednio w kg/h i kmol/h.

Masa molowa: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 - 310 \text{ kg/kmol}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - 172 \text{ kg/kmol}$.



Rozwiązania:

Zadanie 1.

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T = (m/M) \cdot RT; \quad \rho = m/V = (M \cdot p)/(R \cdot T); \quad M = \sum x_i \cdot M_i$$

$$M = \frac{1-\alpha}{1+\alpha/2} M_{SO_2} + \frac{\alpha}{1+\alpha/2} M_{SO_3} + \frac{\alpha}{2 \cdot (1+\alpha/2)} M_{O_2} \quad M = \frac{M_{SO_3}}{1+\alpha/2}; \quad 1 + \alpha/2 = \frac{M \cdot p}{\rho \cdot R \cdot T}; \quad \alpha = 0,329$$

$$K_p = \frac{(\alpha)^2 \cdot \alpha \cdot (1+\alpha/2)^2 \cdot p^0}{(1+\alpha/2)^2 \cdot 2 \cdot (1+\alpha/2) \cdot (1-\alpha)^2} = \frac{\alpha^3 \cdot p^0}{(2+\alpha) \cdot (1-\alpha)^2} = 3,40 \cdot 10^{-2}$$

$$\alpha = n_{SO_3}/n_{SO_2}; \quad n_{SO_3} = 2,2 \cdot 0,329 = 0,7238 \quad \xi = 0,7238/2 = 0,3619$$

Zadanie 2.

$$[H_3O^+] = [HA^-] + 2[A^{2-}]$$

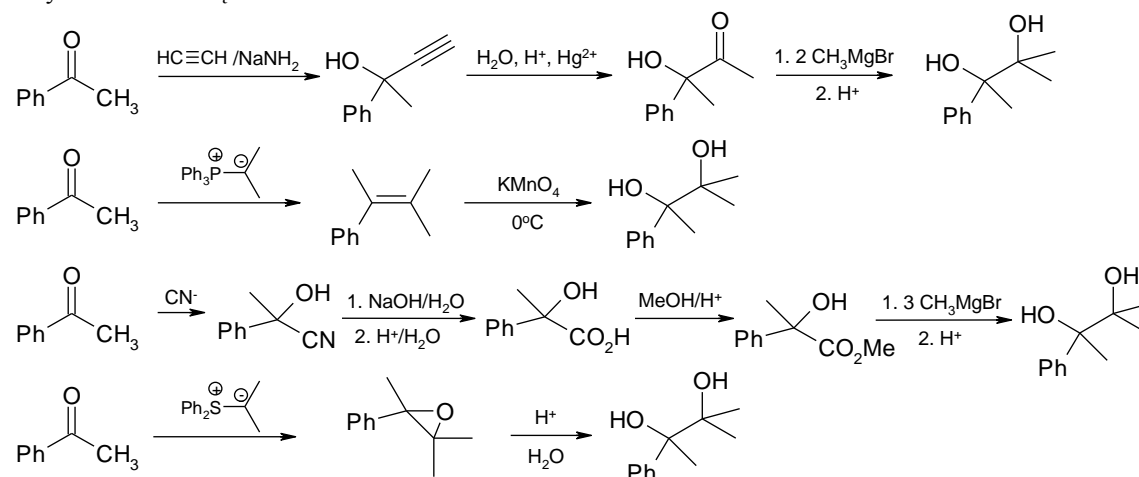
$$[HA^-] = [H_3O^+]^2 / ([H_3O^+] + 2K_{a2}); \quad [A^{2-}] = ([H_3O^+] - [HA^-]) / 2; \quad [H_2A] = ([H_3O^+] \cdot [HA^-]) / K_{a1}$$

$$[HA^-] = 9,95 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}; \quad [A^{2-}] = 2,30 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}; \quad [H_2A] = 1,60 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}; \quad [OH^-] = 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

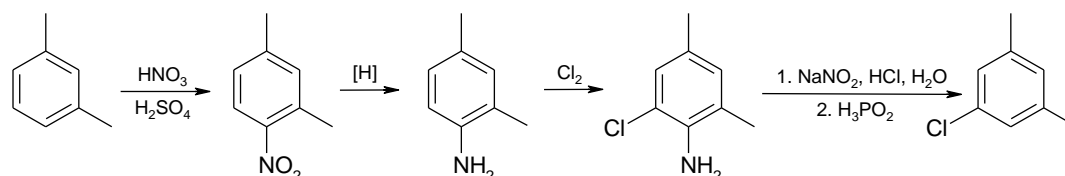
$$c = 0,017 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}; \quad n = 0,017 \text{ mol}; \quad m = 0,017 \cdot 118 = 2,006 \text{ g}$$

Zadanie 3.

Przykładowe rozwiązania:



Zadanie 4.



Zadanie 5.

Bilans masy wybranych składników w obszarze zewnętrznym

Przychód, kmol/h		Rozchód, kmol/h	
$W_E \text{ Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	100 z pods. bilansu (1)	$W_R \text{ CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	100(1- η) z bil. P (3)
		$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	300 η z bil. Ca (4)
		$W_Y \text{ H}_3\text{PO}_4$	200 η z def. η (2)

W nawiasach podano kolejne etapy bilansu.

Zależność $L = L(\eta)$ można obliczyć na podstawie definicji L przez podstawienie wyników bilansu 3 i 4.

$$L = \frac{G_R[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]}{G_R[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]} = \frac{W_R[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] \cdot 310}{W_R[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot 172}$$

$$L = 0,6 \frac{1-\eta}{\eta}$$