



XXXVI Konkurs Chemiczny – I etap



Warszawa, listopad 2020

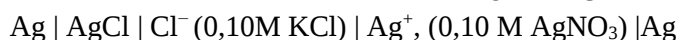
Zadanie 1 (8 punktów)

Oblicz, ile gramów kwasu bursztynowego rozpuszcza się w 1000 cm³ roztworu, którego odczyn doprowadzono do wartości pH równej 3,05. Przyjmij gęstość roztworu równą 1,0 g·cm⁻³.

$$pK_{a1} = 4,21, \quad pK_{a2} = 5,64 \quad M/\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}: \text{H} - 1,01, \text{C} - 12,01, \text{O} - 16,00$$

Zadanie 2 (8 punktów)

Przygotowano 150,0 cm³ 0,10 M roztworu AgNO₃, w którym zanurzono blaszkę srebrną oraz elektrodę chlorosrebrną zawierającą wewnątrz 0,10 M roztwór KCl, tworząc ogniwo zgodnie ze schematem:



SEM tak zbudowanego ogniwa zmierzony w temperaturze 15°C wynosi 0,455 V. Oblicz iloczyny rozpuszczalności AgCl temperaturach 15 i 25 °C.

$$E^\circ_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = +0,799 \text{ V} \quad E^\circ_{\text{Cl}^-/\text{AgCl}/\text{Ag}} = +0,222 \text{ V} \quad R = 8,3145 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, F = 96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Zadanie 3. (8 punktów)

Próbkę gazowej mieszaniny chloru i wodoru zapalono, a po oziębieniu produkty reakcji zaabsorbowano w 500,0 cm³ wodnego roztworu amoniaku o stężeniu 0,250 mol·dm⁻³. Oblicz jaką objętość badanej mieszaniny odmierzonej w warunkach normalnych użyto w reakcji, jeśli wiadomo, że jej gęstość w tych warunkach wynosi 1,07 g·dm⁻³, a pH roztworu otrzymanego po całkowitym rozpuszczeniu gazów wyniosło 9,15.

$$pK_b \text{ NH}_3 = 4,75 \quad M/\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}: \text{H} - 1,01, \text{Cl} - 35,45$$

Zadanie 4. (8 punktów)

Do 900,0 cm³ roztworu zawierającego 0,01 mola jonów Zn²⁺ dodawano kroplami roztwór KCN. Po dodaniu nadmiaru czynnika strącającego rozpuścił się cały, wytrącony osad. Otrzymano 1,0 dm³ roztworu. Oblicz, jakie było stężenie wolnego liganda w otrzymanym roztworze oraz stężenie dodawanego roztworu KCN.

$$pK_{so} \text{ Zn(CN)}_2 = 15,5; \log \beta_4 [\text{Zn(CN)}_4]^{2-} = 16,7;$$

Zadanie 5 (8 punktów)

Oblicz maksymalne stężenie jonów żelaza(II), przy jakim z wodnego roztworu siarkowodoru o stężeniu 2,50·10⁻³ mol·dm⁻³, którego pH doprowadzono do wartości równej a) 6,1, b) 7,1 c) 8,1 nie będzie jeszcze wytrącał się osad FeS. Jakie teoretyczne pH musiałby mieć roztwór o takim stężeniu H₂S, aby zamiast FeS jako pierwszy wytrącił się osad wodorotlenku żelaza(II)?

$$pK_{so} \text{ FeS} = 17,20; \quad pK_{so} \text{ Fe(OH)}_2 = 17,31; \quad pK_{a1} \text{ H}_2\text{S} = 7,05; \quad pK_{a2} \text{ H}_2\text{S} = 12,89$$

Zadanie 6 (8 punktów)

Rozpuszczono 11,585 g soli KH₂PO₄ w wodzie otrzymując 645,4 cm³ roztworu A. Następnie w tym roztworze rozpuszczono 46,778 g K₃PO₄ otrzymując roztwór B. Oblicz pH roztworu A i B oraz masę 80,0% roztworu H₃PO₄, który należy dodać do roztworu B aby otrzymać roztwór C o pH równym 7,0.

$$pK_{a1} = 2,15; \quad pK_{a2} = 7,20; \quad pK_{a3} = 12,32 \quad M (\text{g/mol}) : \text{K} - 39,10, \text{H} - 1,01, \text{O} - 16,00, \text{P} - 30,97$$

Zadanie 7. (12 punktów)

20,0 g bezwodnej mieszaniny zawierającej węglan(IV), siarczan(VI) i chlorek sodu powstałej po odparowaniu całej wody z próbki solanki odpadowej zadano 0,1M kwasem solnym otrzymując 200,47 cm³ CO₂ w warunkach normalnych. Po ponownym dokładnym osuszeniu otrzymano mieszaninę bezwodnego siarczanu(VI) sodu i chlorku sodu o całkowitej zawartości chloru równej 22,90%_{wag.} 10,0 g powstałej mieszaniny rozpuszczono w 100,0 g wody, po czym odparowano 79,04 g wody. Po schłodzeniu roztworu do temperatury 20°C wykrystalizowano część siarczanu sodu w postaci dziesięciowodnego hydratu. Otrzymany w pierwszej krystalizacji hydrat stopiono i odwodniono, a następnie bezwodny Na₂SO₄ ponownie rozpuszczono w 25,0 g wody. Po odparowaniu 18,0 g wody i schłodzeniu roztworu do temperatury 20°C otrzymano podczas drugiej krystalizacji hydrat Na₂SO₄·10H₂O o masie większej o 3,4029 g od masy bezwodnego Na₂SO₄ użytego do tej krystalizacji. Oblicz:

- skład procentowy (%_{mas}) wyjściowej mieszaniny węglanu(IV), siarczanu(VI) i chlorku sodu
- skład procentowy (%_{mas}) mieszaniny siarczanu(VI) i chlorku sodu użytej do pierwszej krystalizacji

- c) masę hydratu $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ otrzymanego w drugiej krystalizacji
 d) masę bezwodnego Na_2SO_4 otrzymanego po osuszeniu hydratu z pierwszej krystalizacji
 e) rozpuszczalność siarczanu(VI) sodu w temperaturze 20°C wyrażoną w g/100g H_2O
 f) maksymalną ilość wody, którą można odparować podczas pierwszej krystalizacji, tak aby nie zaczął strącać się chlorek sodu, zakładając, że jego rozpuszczalność w tych warunkach wynosi 26,41 g/100g H_2O .
 M (g/mol) : C – 12,01, Na – 22,99, H – 1,01, O – 16,00, S – 32,07, Cl – 35,45

Zadanie 8. (15 punktów)

Trimetyloglin występujący w fazie gazowej w formie dimerów ulega częściowej dysocjacji do monomerycznych cząsteczek zgodnie z równaniem $\text{Me}_6\text{Al}_2 \leftrightarrow 2\text{Me}_3\text{Al}$. Zależność stałej ciśnieniowej równowagi tej reakcji (K_p/atm) od temperatury (T/K) opisuje wyrażenie w postaci: $\log K_p/\text{atm} = Z - W/T$. Uzupełnij poniższą tabelę, w której podano dla pewnych temperatur zmierzone równowagowe ciśnienie sumaryczne (P/mmHg), stopień dysocjacji (α), ułamek molowy formy monomerycznej (X_M) bądź jej prężność cząstkową (P_{iM}/mmHg) oraz podaj współczynniki Z i W w tym równaniu.

$t/^\circ\text{C}$	P/mmHg	α	X_M	P_{iM}/mmHg
66,78	92,52	0,02084		
69,75	104,63		0,043688	
78,70				7,95

Oblicz, w jakiej temperaturze stopień dysocjacji tej reakcji będzie równy 4,0 %, jeśli przyjmiemy, że zmianę równowagowego ciśnienia sumarycznego (P/mmHg) od temperatury t wyrażonej w $^\circ\text{C}$ opisuje wyrażenie w postaci:

$$\log P/\text{mmHg} = A - B/(t + C).$$

1 atm – 760 mmHg, 0°C – 273.15 K

Zadanie 9. (9 punktów)

Narysuj wzory wszystkich izomerycznych trimetylocyklopentanów. Które z nich są chiralne?

Zadanie 10. (7 punktów)

W celu otrzymania cykloheksylobenzenu w reakcji benzenu z cykloheksenem, prowadzonej wobec kwasu siarkowego, obok pożądanego produktu otrzymano w niewielkiej ilości jego izomer konstytucyjny. Jaki to związek i jak on powstał?

Zadanie 11. (12 punktów)

Zaproponuj syntezę *cis*-1-chloro-2-metylocyklopentanu z monofunkcyjnych substratów zawierających maksymalnie pięć atomów węgla.

Zadanie 12. (8 punktów)

Jak ze związków zawierających maksymalnie dwa atomy węgla i dowolnych nieorganicznych otrzymać (*Z*)-heks-3-en-1-ol?

Zadanie 13. (9 punktów)

Jak z propenu i dowolnych innych odczynników otrzymać:

- heks-3-en
- 2-metylopent-2-en
- 2-metylo-3-hydroksybutanal

Zadanie 14. (8 punktów)

Jak z benzenu i dowolnych innych reagentów zawierających maksymalnie trzy atomy węgla możliwie jednoznacznie otrzymać:

- 1-chloro-2-etylobenzen
- 3-fenylopentan
- kwas 2-fenylopentanowy
- 1-cyjano-3-propylobenzen

Zadanie 15. (10 punktów)

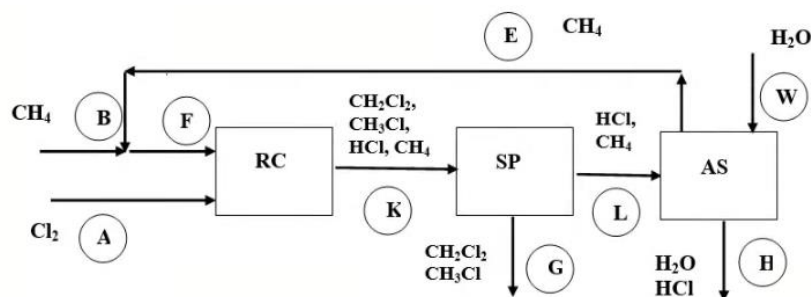
Jak z *t*-butanolu i dowolnych innych reagentów otrzymać keton *t*-butylowometylowy? Zaproponuj dwa sposoby.

Zadanie 16. (12 punktów)

2-metoksykarbonylo-2-metylocyklopentanon ogrzewano z metanolanem sodu. Po zakwaszeniu mieszaniny poreakcyjnej wydzielono z dobrą wydajnością 2-metoksykarbonylo-5-metylocyklopentanon. Przedstaw mechanizm tej przemiany.

Zadanie 17. (8 punktów)**Otrzymywanie chlorku metylu**

Chlorek metylu i dichlorometan otrzymuje się przez chlorowanie metanu. Proces prowadzi się w temperaturze 480-510°C 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 CH_3Cl , CH_2Cl_2 , HCl i H_2O . W skraplaczu (SP) następuje całkowite wydzielenie CH_3Cl i CH_2Cl_2 (strumień G). W absorberze AS następuje całkowite wydzielenie HCl , a metan zawracany jest do reaktora (strumień E).

Stopień 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:

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

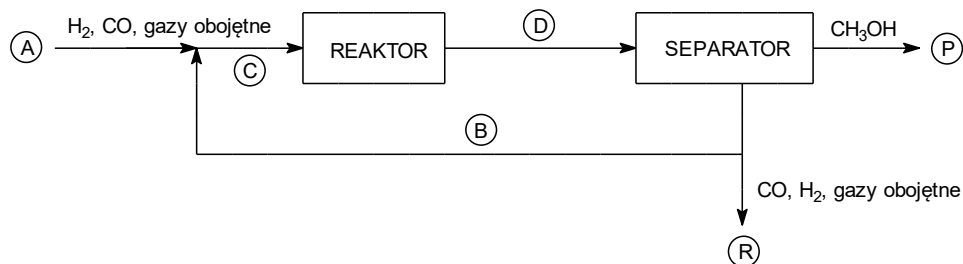
Wydajność procesu przetwarzania metanu w chlorek metylu (η) definiowana jest jako stosunek produkowanego chlorku metylu (strumień G) do strumienia wprowadzanego metanu (strumień B).

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

Przyjmując za podstawę bilansu 1 kmol/s strumienia metanu ($W_B = 1 \text{ kmol/s}$) oblicz: zależność η od x i u ($\eta = f(x, u)$).

Zadanie 18. (12 punktów)**Synteza metanolu**

Syntezę metanolu prowadzi się w instalacji, którą przedstawiono na rysunku.



Gaz syntezowy (strumień A) zawiera tlenek węgla, wodór i 1% molowy gazów obojętnych. Stosunek molowy wodoru do tlenku węgla w strumieniu A wynosi 2 ($W_A[\text{H}_2]/W_A[\text{CO}] = 2$). Stosunek strumienia zawracanego B do strumienia A wynosi u ($W_B/W_A = u$). Wydajność procesu syntezy metanolu wynosi 0,95 ($\eta = W_P[\text{CH}_3\text{OH}]/W_A[\text{CO}] = 0,95$). Przyjmując za podstawę bilansu 100 kmol/h strumienia A ($W_A = 100 \text{ kmol/h}$), wyznacz zależność u od stopnia przemiany tlenku węgla (do alkoholu metylowego) w reaktorze ($u = f(x)$).

$$\text{Stopień przemiany tlenku węgla do alkoholu metylowego } x = \frac{W_C[\text{CO}] - W_D[\text{CO}]}{W_C[\text{CO}]}$$



Prace konkursowe prosimy nadsyłać do 28 lutego 2021 r. na adres:

Dziekanat Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej
ul. Noakowskiego 3
00-664 Warszawa
tel. 022 629 5714, 022 234 7372

z dopiskiem „**Konkurs chemiczny**” na kopercie.

Prace powinny zawierać na pierwszej stronie napisane **czytelnie drukowanymi literami**:

Imię i nazwisko oraz rok nauki uczestnika

Imię i nazwisko nauczyciela oraz nazwę i adres szkoły oraz **wyraźnie** przyłożoną pieczęć szkoły

Prosimy także o umieszczenie rozwiązań każdego zadania na osobnej kartce, co ułatwi i przyspieszy sprawdzanie prac.

Materiały przygotowawcze, zadania konkursowe i dodatkowe informacje znajdują się na stronie www:

<http://konkurschemiczny.ch.pw.edu.pl>

W tym miejscu będą także umieszczane wyniki kolejnych etapów Konkursu i inne informacje.

