



XXIII Konkurs Chemiczny — I etap



Warszawa, październik 2007

Zadanie 1 (6 punktów)

W 50 cm³ 37% kwasu azotowego(V), HNO₃, o gęstości 1,2270 g/cm³ rozpuszczono m gramów fosforanu(V) sodu, Na₂HPO₄ · 12 H₂O, a następnie dodano stechiometryczną ilość molibdenianu(VI) amonu, (NH₄)₂MoO₄. Powstał krystaliczny osad soli amonowej kwasu fosfomolibdenowego (NH₄)₃PO₄ · 12 MoO₃ · 2 H₂O. Po wyprażeniu osadu w odpowiedniej temperaturze otrzymano bezwodnik kwasu fosfomolibdenowego, P₂O₅ · 24 MoO₃.

1. Napisz równania wszystkich reakcji.

2. Oblicz:

(a) masę Na₂HPO₄ · 12 H₂O,

(b) masę P₂O₅ · 24 MoO₃,

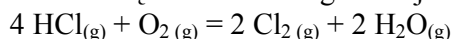
(c) objętość 0,2-molowego roztworu NaOH, potrzebną do rozpuszczenia fosfomolibdenianu amonu.

Zadanie 2 (10 punktów)

Powietrze zawiera 20% objętościowych tlenu. W temperaturze 0 °C i pod ciśnieniem 100 kPa mieszano propan i powietrze w ilościach zapewniających całkowite spalanie propanu. Mieszaninę zapalono, po czym warunki fizyczne doprowadzono do wartości wyjściowych. Jaki był stosunek molowy propanu do tlenu, jeśli objętość mieszaniny gazowej zmieniła się o 5%. Oblicz ułamek molowy CO₂ w końcowej mieszaninie gazów.

Zadanie 3 (7 punktów)

W zamkniętym reaktorze znajduje się mieszanina chlorowodoru (57% obj.) i tlenu (43% obj.). Temperatura w reaktorze wynosi 298 K, a ciśnienie 123883 Pa. Po ogrzaniu układu do 700 K przereagowało 72% chlorowodoru i ustalił się stan równowagi reakcji:



Oblicz stałą równowagi reakcji K_p .

Zadanie 4 (8 punktów)

W pewnym roztworze stopień dysocjacji kwasu malonowego, CH₂(COOH)₂, wynosi 0,137. Oblicz pH tego roztworu.

$$\text{p}K_{\text{CH}_2(\text{COOH})_2} = 2,8$$

$$\text{p}K_{\text{CH}_2(\text{COOH})\text{COO}^-} = 5,7$$

Zadanie 5 (8 punktów)

Zmieszano równe objętości 0,002 molowego roztworu Pb(NO₃)₂ i 2 molowego roztworu KI. Oblicz:

1. stężenie wolnych jonów Pb²⁺ i wszystkich kompleksów,

2. jaki procent jonów I⁻ został związany w kompleksy.

Logarytmy sumarycznych stałych trwałości kolejnych kompleksów wynoszą: 1,3; 2,8; 3,4; 3,9.

Wskazówka: należy posłużyć się uławkami molowymi wszystkich kompleksów liczonymi w stosunku do całkowitego stężenia ołowiu.

Zadanie 6 (6 punktów)

W 150 cm³ nasyconego roztworu fluorku wapnia, CaF₂, znajduje się 2,55 · 10⁻³ g soli. Oblicz iloczyn rozpuszczalności CaF₂.

$$\text{p}K_{\text{HF}} = 3,2$$

Zadanie 7 (8 punktów)

Roztwór chlorku cyny, SnCl_2 , o $\text{pH} = 1,5$ nasycano gazowym siarkowodorem aż do całkowitego strącenia SnS (tzn., że stężenie jonów Sn^{2+} pozostałych w roztworze nie przekracza wartości 10^{-5} mol/dm^3). Ile mg jonów Sn^{2+} pozostanie w 400 cm^3 tego roztworu? Nasycony roztwór siarkowodoru zawiera $0,1 \text{ mola H}_2\text{S}$ w 1 dm^3 .

$$\text{pK}_{\text{rSnS}} = 25$$

$$\text{pK}_{\text{H}_2\text{S}} = 7,1$$

$$\text{pK}_{\text{HS}^-} = 12,9$$

Zadanie 8 (8 punktów)

20 g mieszaniny węglanów dwóch metali rozтворzono w nadmiarze kwasu solnego, otrzymując odpowiednie chlorki. Następnie wydzielono metale, prowadząc elektrolizę przez 3 godziny, przy natężeniu prądu 2 A (zakładamy, że na katodzie wydzielają się tylko metale). Jaka objętość dwutlenku węgla (mierzona w warunkach normalnych) wydzielila się w reakcji węglanów z kwasem solnym?

Zadanie 9 (6 punktów)

1 g stali chromowej rozpuszczono w kwasie – otrzymano roztwór soli chromu(III). Chrom(III) utleniono do chromianu(VI) za pomocą bizmutanu(V) sodu. Następnie chromian zredukowano używając soli Mohra $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}]$. Stechiometryczna ilość soli, potrzebna do zredukowania chromianu, równa jest jej zawartości w $51,9 \text{ cm}^3$ $0,1$ molowego roztworu (w praktyce używa się nadmiaru odczynnika). Napisz równania reakcji i oblicz procentową zawartość chromu w stali.

Zadanie 10 (8 punktów)

Elektrolizowano 1 dm^3 $2,5$ molowego roztworu NaClO_3 prądem o natężeniu 3 A do momentu, gdy 95% NaClO_3 uległo przemianom w NaClO_4 . Temperatura roztworu wynosiła 298 K . Wydajność prądowa była równa 80% .

1. Napisz równania reakcji elektrodowych.
2. Oblicz SEM powstałego wskutek elektrolizy ogniwa
 - (a) w momencie, gdy zaczną wydzielać się gazowy wodór (przyjmij, że nastąpi to wtedy, gdy przez elektrolizer przepłynie ładunek $Q = 2,34375 \cdot 10^{-3} \text{ F}$),
 - (b) w chwili kończenia elektrolizy.
3. Oblicz czas trwania elektrolizy.

$$E^0_{\text{ClO}_4^-/\text{ClO}_3^-} = +1,189 \text{ V}$$

$$E^0_{\text{OH}^-/\text{H}_2} = -0,8277 \text{ V}$$

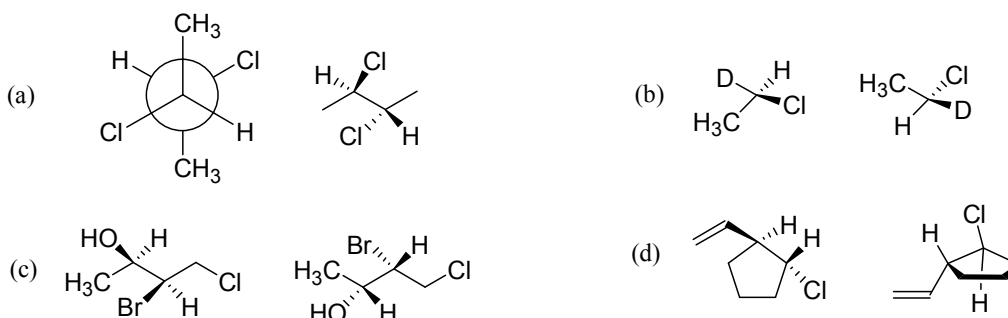
$$R = 8,3143 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)}$$

Zadanie 11 (6 punktów)

W reakcji dezoksybenzoyny (1,2-difenyloetanonu) z eterem chlorometylowoizopropylowym, prowadzonej wobec zasady, otrzymano produkt **A** o wzorze sumarycznym $\text{C}_{18}\text{H}_{20}\text{O}_2$. Widmo $^1\text{H NMR}$ związku **A** (δ , ppm): $0,96$ (dublet, $J = 6 \text{ Hz}$, 6H); $3,85$ (septet, $J = 6 \text{ Hz}$, 1H); $4,92$ (singlet, 2H); $6,08$ (singlet, 1H); $7,0\text{--}7,9$ (multiplet, 10H). Podaj wzór strukturalny związku **A** i objaśnij, jak on powstał.

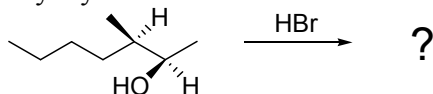
Zadanie 12 (8 punktów)

Jakie są relacje między przedstawionymi parami związków (enancjomery, identyczne, diastereoizomery, itp.)?

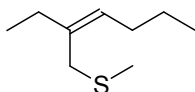


Zadanie 13 (8 punktów)

W poniższej reakcji powstaje produkt zawierający tylko jeden asymetryczny atom węgla. Jaki to produkt, jak on powstaje, czy jest optycznie czynny?

**Zadanie 14 (9 punktów)**

Jak otrzymać



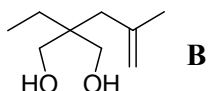
z substratów organicznych zawierających najwyżej cztery atomy węgla i dowolnych odczynników nieorganicznych?

Zadanie 15 (12 punktów)

Zaproponuj syntezę 3-metylobut-2-en-1-olu i 4-metylo-1,3-dioksanu z substratów organicznych zawierających najwyżej trzy atomy węgla i dowolnych odczynników nieorganicznych.

Zadanie 16 (8 punktów)

Jak z malonianu dietylu i innych dowolnych reagentów organicznych i nieorganicznych otrzymać związek **B**?



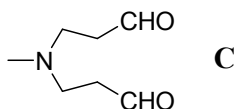
Związek **B** poddany działaniu katalitycznej ilości mocnego kwasu uległ cyklizacji do związku o wzorze sumarycznym $C_9H_{18}O_2$. Podaj wzór tego związku.

Zadanie 17 (12 punktów)

Dysponując malonianem dietylu, (Z)-1,4-dichlorobut-2-enem i cyklopentanonem oraz dowolnymi odczynnikami nieorganicznymi, zaproponuj syntezę wszystkich izomerycznych kwasów cyklopentenokarboksylowych.

Zadanie 18 (12 punktów)

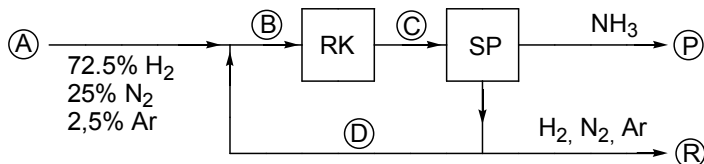
Próba syntezy związku **C**



z metyloaminy i akroleiny w reakcji Michaela zawiodła – powstał inny produkt, jak myślisz, jaki? Związek **C** otrzymano w reakcji Mannicha z metyloaminy oraz organicznych substratów **D** i **E**. Podaj wzory związków **D** i **E**. Związek **C** poddany działaniu wodnego roztworu wodorotlenku sodu utworzył produkt **F** o wzorze sumarycznym $C_7H_{11}NO$. Podaj jego wzór strukturalny.

Zadanie 19 (13 punktów)

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



Gaz syntezowy (strumień A) zawiera niestechiometryczną ilość wodoru i azotu oraz 2,5% argonu. Ułamek molowy wodoru i azotu w strumieniu A wynosi odpowiednio 72,5 i 25%. Przed reaktorem strumień A miesza się z gazem obiegowym (strumień D). Gazy po reakcji przechodzą przez skraplacz,

gdzie następuje całkowite wykroplenie amoniaku (strumień P). Część nieprzereagowanego gazu odprowadza się na zewnątrz instalacji (strumień R), a reszta jest zwracana do reaktora. Stosunek wodoru do azotu w strumieniu B wynosi m ($m = W_B[\text{H}_2]/W_B[\text{N}_2]$). Wydajność procesu wynosi η :

$$\eta = (W_A[\text{H}_2] - W_R[\text{H}_2]) / W_A[\text{H}_2]$$

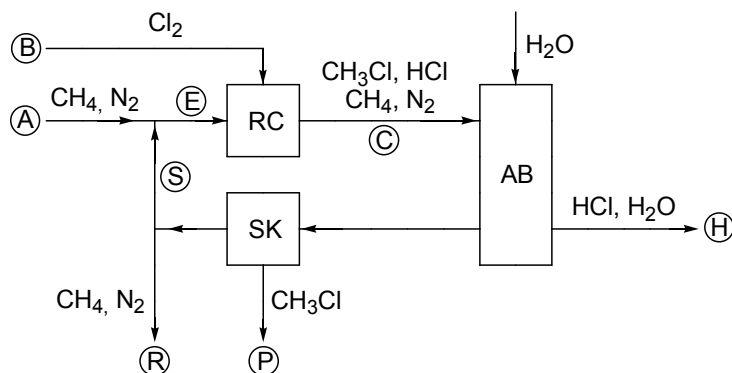
Stopień przemiany wodoru w reaktorze x wynosi:

$$x = (W_B[\text{H}_2] - W_C[\text{H}_2]) / W_B[\text{H}_2]$$

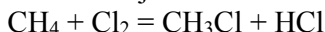
Przyjmując za podstawę bilansu 100 kmoli/h strumienia A i wydajność procesu $\eta = 0,9$ obliczyć zależność m od stopnia przemiany wodoru w reaktorze ($m = f(x)$).

Zadanie 20 (7 punktów)

Syntezę chlorku metylu prowadzi się w instalacji, którą przedstawiono na rysunku.



Chlorek metylu otrzymuje się w procesie chlorowania metanu (strumień E) gazowym chlorem (strumień B). Strumień E oprócz metanu zawiera azot. Proces chlorowania metanu prowadzi się stosując nadmiar metanu w stosunku do chloru. W reakcji:



chlor zużywa się całkowicie. Powstały w reaktorze RC chlorowódor usuwany jest w absorberze AB za pomocą strumienia wody. Po oddzieleniu w skraplaczu SK chlorku metylu część metanu i azotu odprowadzana jest z instalacji (strumień R) a pozostała część zwracana jest do reaktora RC.

Stosunek natężenia metanu w strumieniu S do natężenia metanu w strumieniu A wynosi u ($u = W_S[\text{CH}_4]/W_A[\text{CH}_4]$). Stopień przemiany metanu w reaktorze RC wynosi x .

$$x = (W_E[\text{CH}_4] - W_C[\text{CH}_4]) / W_E[\text{CH}_4]$$

Wydajność przetwarzania metanu w chlorek metylu wynosi:

$$\eta = \frac{W_P[\text{CH}_3\text{Cl}]}{W_A[\text{CH}_4]}$$

Oblicz zależność $u = f(x)$ przyjmując wartość $\eta = 0,9$. Obliczenia należy wykonać przyjmując za podstawę bilansu natężenie strumienia $W_A[\text{CH}_4] = 100$ kmol/h.

Prace konkursowe prosimy nadsyłać do 31 stycznia 2008 r. na adres:

Dziekanat Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej
ul. Noakowskiego 3
00-664 Warszawa
 tel. 022 629 5714, 022 660 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

Prosimy także o **wyraźne** przyłożenie pieczęci szkoły.

Materiały przygotowawcze, zadania konkursowe i dodatkowe informacje znajdują się na stronie [www](http://www.ch.pw.edu.pl/~elfed/konkurs/):

<http://www.ch.pw.edu.pl/~elfed/konkurs/>

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