



XXXIII Konkurs Chemiczny – I etap



Warszawa, listopad 2017

Zadanie 1. (8 punktów)

Próbka zawierająca bromowodór i jodowodór o łącznej masie 2,897 g przereagowała całkowicie z nadmiarem stężonego kwasu siarkowego(VI). W wyniku reakcji otrzymano gazowy brom i dwutlenek siarki oraz stały jod. Oblicz procentową zawartość wagową bromowodoru w próbce oraz ciśnienie cząstkowe wywołane przez dwutlenek siarki, jeśli gazowe produkty reakcji zebrane w naczyniu o pojemności 628,2 cm³ w temperaturze 25°C wywierały ciśnienie 9,846·10⁴ Pa.

Zadanie 2. (8 punktów)

1,16 g zanieczyszczonego nadtlenku baru BaO₂ roztworzono w kwasie siarkowym(VI). Otrzymany roztwór zmiareczkowano za pomocą mianowanego roztworu KMnO₄ w środowisku kwasowym. Zużyto 41,25 cm³ roztworu KMnO₄ o stężeniu 0,02106 mol·dm⁻³. Oblicz procentową zawartość wagową nadtlenku baru w próbce i zapisz uzgodnione równania reakcji chemicznych opisanych w zadaniu w formie jonowej. Oblicz masę wydzielonego siarczanu(VI) baru przy założeniu, że zanieczyszczenia nie zawierają jonów baru(II).

Zadanie 3. (8 punktów)

W wodnym roztworze siarczanu(VI) cynku zanurzono platynowe elektrody i przez pewien czas przepuszczano prąd o natężeniu 2,4 A. Na katodzie wydzielono 605 cm³ wodoru i pewna ilość cynku, a na anodzie 750 cm³ tlenu. Objętość obu gazów zmierzono w warunkach normalnych. Oblicz: a) jak długo prowadzono elektrolizę, b) ile cynku wydzielono na katodzie.

Zadanie 4. (9 punktów)

W 100,0 cm³ 0,10 M roztworu AgNO₃ rozpuszczono 1,867 g cyjanku sodu ($M_{\text{NaCN}} = 49,01$ g/mol). Oblicz potencjały elektrody srebrnej zanurzonej w tym roztworze przed i po dodaniu cyjanku. Czy potencjał elektrody srebrnej po dodaniu kolejnej porcji cyjanku sodu wzrośnie czy zmaleje? $E^\circ_{\text{Ag}/\text{Ag}^+} = 0,800$ V; stała trwałości $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- \beta_2 = 5,5 \cdot 10^{18}$

Zadanie 5. (9 punktów)

Mieszanie soli zawierającą 52,543 g Na₃PO₄ i 20,685 g NaH₂PO₄ rozpuszczono w wodzie otrzymując 628,2 cm³ roztworu. Oblicz pH otrzymanego roztworu oraz masę NaH₂PO₄, przy założeniu, że objętość roztworu się nie zmieni, który należy dodatkowo rozpuścić w tym roztworze aby uzyskać roztwór o pH=7,0. $\text{pK}_{\text{a}1} = 2,15$; $\text{pK}_{\text{a}2} = 7,20$; $\text{pK}_{\text{a}3} = 12,32$ M (g/mol) : Na – 22,99, H – 1,01, O – 16,00, P – 30,97

Zadanie 6. (9 punktów)

Oblicz, jaki procent cząsteczek kwasu malonowego pozostaje niezdisocjowane w częściowo zobojętnionym roztworze tego kwasu o stężeniu 0,1 mol/dm³, którego odczyn doprowadzono za pomocą zasady do wartości pH równej 4,05. $\text{pK}_{\text{a}1} = 2,83$; $\text{pK}_{\text{a}2} = 5,69$

Zadanie 7. (9 punktów)

Do 10,0 cm³ roztworu AgNO₃ o stężeniu 0,015 M wkraplano stopniowo 50,0 cm³ 0,02 M roztworu bromianu(V) sodu. Oblicz, w jakim zakresie objętości dodawanego roztworu NaBrO₃ wytrącać będzie się osad bromianu(VI) srebra(I) oraz masę zawieszoną w roztworze osadu w momencie dodania 10,0 cm³ NaBrO₃.

$K_{\text{so}} \text{AgBrO}_3 = 5,38 \cdot 10^{-5}$

M (g/mol) : Ag – 107,87, Na – 22,99, Br – 79,90, O – 16,00

Zadanie 8. (15 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 (%_{omas}) wyjściowej mieszaniny węglanu(IV), siarczanu(VI) i chlorku sodu
- skład procentowy (%_{omas}) mieszaniny siarczanu(VI) i chlorku sodu użytej do pierwszej krystalizacji
- masę hydratu Na₂SO₄·10H₂O otrzymanego w drugiej krystalizacji
- masę bezwodnego Na₂SO₄ otrzymanego po osuszeniu hydratu z pierwszej krystalizacji
- rozpuszczalność siarczanu(VI) sodu w temperaturze 20°C wyrażoną w g/100g H₂O
- 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 H₂O.

M (g/mol) : C – 12,01, Na – 22,99, H – 1,01, O – 16,00, S – 32,07, Cl – 35,45

Zadanie 9. (10 punktów)

W reakcji *cis*-4-bromocykloheksanolu z anionem hydroksylowym powstają produkty **A** i **B**, natomiast ze związku *trans* – **A** i **C**. Podaj wzory **A** – **C**. Wzory sumaryczne: **B** – C₆H₁₂O₂, **C** – C₆H₁₀O.

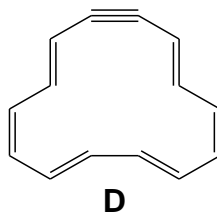
Zadanie 10. (12 punktów)

Jak z aniliny i dowolnych reagentów otrzymać:

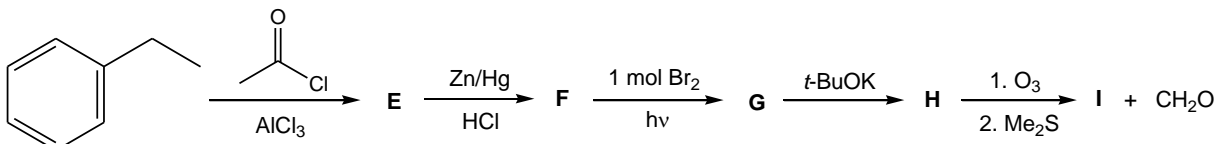
- p*-bromoanilinę; b) kwas benzoesowy; c) *m*-bromonitrobenzen; d) *o*-bromofenol; e) 2-fenyletanol; f) 1,3,5-tribromobenzen?

Zadanie 11. (8 punktów)

Związek **D** jest płaski. Czy jest on aromatyczny? Napisz 1-2 zdania uzasadnienia.

**Zadanie 12.** (9 punktów)

- Podaj wzory związków **E** – **I**



- Jak można otrzymać **I** w jednym etapie z etylbenzenu?

Zadanie 13. (8 punktów)

Narysuj produkty rodnikowego **dichlorowania** propanu. Które z nich są chiralne?

Zadanie 14. (10 punktów)

- Jak z 1-bromobutanu otrzymać butanon?
- Jak z 5-bromopent-1-enu otrzymać 2-metylotetrahydrofuran?

Zadanie 15. (8 punktów)

Jak z cykloheksenu, reagentów zawierających jeden atom węgla i dowolnych nieorganicznych otrzymać 2-metylocyklopentanon?

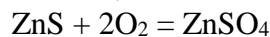
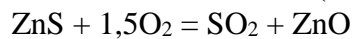
Zadanie 16. (10 punktów)

Narysuj, posługując się wzorami płaskimi, wszystkie stereoizomery 2-etylo-5-metylocykloheksanonu. Podaj wszystkie pary enancjomerów i diastereoizomerów.

Zadanie 17. (7 punktów)

W hutnictwie cynku wykorzystywany jest minerał zwany blendą cynkową, którego głównym składnikiem jest siarczek cynku ZnS. W procesie przetwarzania tego surowca oprócz cynku otrzymuje się tlenki siarki wykorzystywane do produkcji kwasu siarkowego.

Proces przetwarzania blendy cynkowej polega na utleniającym prażeniu tego surowca w strumieniu powietrza w temperaturze 800 – 1000 °C. W wyniku silnie egzotermicznych reakcji z tlenem siarczek cynku ulega przetworzeniu w tlenek i siarczan(VI) cynku:

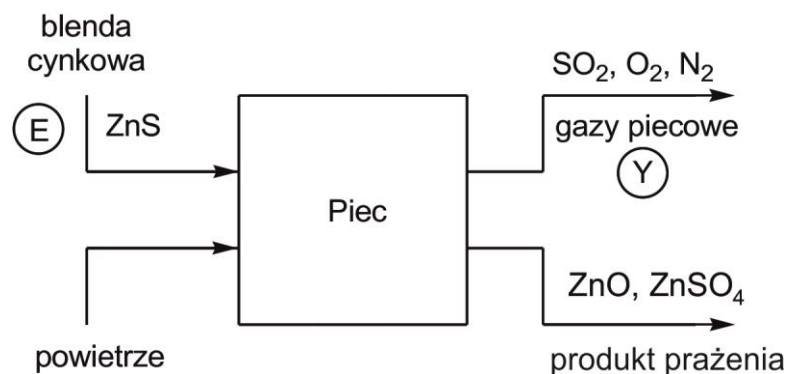


Większa część siarki znajdującej się w surowcu zostaje przetworzona w ditlenek siarki, który jest składnikiem odprowadzanych gazów piecowych zawierających SO₂, O₂ i N₂. Gazy te są wykorzystywane do produkcji kwasu siarkowego. Reszta siarki zawartej w surowcu pozostaje w produkcie stałym, w którym oprócz głównego składnika ZnO znajduje się ZnSO₄, które są wykorzystywane do produkcji metalicznego cynku w procesie elektrolizy. W gazach piecowych znajduje się nieprzereagowany tlen pochodzący z powietrza, które wprowadza się do pieca w nadmiarze.

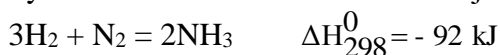
Stopień przemiany ZnS w SO₂: $x = \frac{w_Y[\text{SO}_2]}{w_E[\text{ZnS}]}$ [mol/mol]. W gazach piecowych Y stosunek

wielkości strumieni $\frac{w_Y[\text{O}_2]}{w_Y[\text{SO}_2]} = 0,8$ mol/mol.

Wyznaczyć zależności między natężeniem strumienia powietrza $W_P[\text{O}_2+\text{N}_2]$ doprowadzanego do pieca i stopniem przemiany x ZnS w SO₂ $W_P[\text{O}_2+\text{N}_2] = f(x)$. Obliczenia wykonać przyjmując za podstawę bilansu wielkość strumienia ZnS wprowadzanego do pieca w strumieniu surowca E : $W_E[\text{ZnS}] = 1000$ kmol/h i zakładając, że stosunek natężenia przepływu azotu do tlenu w strumieniu powietrza wynosi 4:1.

**Zadanie 18.** (13 punktów)

Synteza amoniaku z azotu i wodoru jest powszechnie stosowana w przemyśle związków azotowych.



Jest to silnie egzotermiczna reakcją odwracalna. Zastosowanie podwyższonego ciśnienia (10 – 30 MPa) oraz aktywnego katalizatora żelazowego umożliwia prowadzenie syntezy amoniaku w skali przemysłowej z dostateczną wydajnością. Jednak stopień przemiany substratów uzyskiwany w złożu katalizatora w najkorzystniejszych warunkach nie przekracza 0,25. Z tego powodu w instalacjach syntezy amoniaku stosuje się obieg powrotny reagentów. Do katalizacyjnego reaktora RK wprowadza się strumień E

zawierający oczyszczoną mieszaninę wodoru i azotu. W strumieniu tym znajduje się niewielka ilość gazów obojętnych (G_i). Strumień Y odprowadzany z reaktora RK zawiera amoniak, wodór, azot i gazy obojętne. Amoniak wydziela się przez skroplenie w skraplaczu – separatorze SP. W celu usunięcia z instalacji gazów obojętnych G_i , część strumienia z separatora SP odprowadza się jako tzw. gaz wdmuchowy lub resztkowy (strumień R). Powoduje to stratę części substratów.

Stopień przemiany wodoru w amoniak w reaktorze RK. $x = \frac{W_E[H_2] - W_Y[H_2]}{W_E[H_2]}$ [mol/mol]. Stosunek

wielkości strumieni: powrotnego Z i gazu doprowadzanego do instalacji S $u = \frac{W_Z}{W_S}$ [mol/mol]. Udział

molowy gazów obojętnych w gazie syntezowym S doprowadzanym do instalacji:

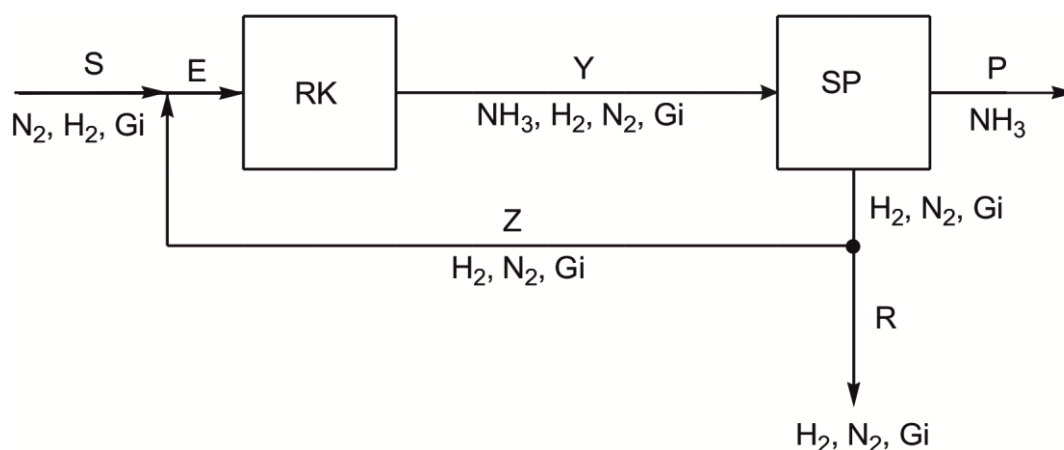
$\frac{W_S[G_i]}{W_S} = 0,04$ mol/mol. Stosunek molowy wodoru do azotu w gazie syntezowym S doprowadzanym do

instalacji: $\frac{W_S[H_2]}{W_S[N_2]} = 3$ mol/mol.

Wydajność przetwarzania wodoru w amoniak $\eta = \frac{3 W_P[NH_3]}{2 W_S[H_2]} = 0,95$ mol/mol.

Wyznaczyć zależność między stosunkiem wielkości strumieni $\frac{W_Z}{W_S} = u$ i stopniem przemiany x wodoru

w reaktorze RK $u = f(x)$, przyjmując za podstawę bilansu natężenie strumienia S wprowadzanego do instalacji: $W_S = 100$ mol/s



Prace konkursowe prosimy nadsyłać do 15 lutego 2018 r. na adres:

Dziedzinat 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.

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

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.