



XXXVII Konkurs Chemiczny – I etap



Warszawa, listopad 2021

Zadanie 1 (10 punktów)

W 200,0 cm³ wody rozpuszczono 2,69 dm³ gazowego amoniaku (warunki normalne) i mieszało z 300,0 cm³ roztworu zawierającego 3,4167 g metyloaminy. Otrzymany roztwór rozcieńczono do objętości 1,0 dm³. W roztworze znajduje się 0,1063 g jonów wodorotlenowych pochodzących z reakcji metyloaminy z wodą. Oblicz stałą równowagi tej reakcji oraz pH roztworu.

$pK_b \text{ NH}_3 = 4,8$; $M/\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: H – 1,01, C – 12,01, O – 16,00, N – 14,01

Zadanie 2 (10 punktów)

W zbiorniku o pojemności 20,0 dm³, pod ciśnieniem 2,25 bara i w temperaturze 293,0 K umieszczono mieszaninę gazową o gęstości 4,628 g·dm⁻³ składającą się z heksafluorku siarki, dwóch różnych tlenków siarki zmieszanych w stosunku molowym 1:2 oraz argonu. Analiza składu wykazała, że całkowita zawartość siarki w tej mieszaninie wynosi 19,87%_{mas}.

(i) Oblicz i podaj skład procentowy analizowanej mieszaniny wyrażony w %_{mol} i %_{mas}.

(ii) Przeanalizuj rozwiązanie i określ, jaki jest maksymalny możliwy do osiągnięcia stosunek molowy SO₂:SO₃, przy którym zadanie posiada fizyczne rozwiązanie.

$M/\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ S – 32,06; Ar – 39,95; F – 19,00, O – 16,00; $R = 8,3145 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Zadanie 3. (10 punktów)

Do kolby z wodą, o pojemności 200,0 cm³, wprowadzono 2,747 g PCl₃, a następnie ostrożnie dodano pewną ilość KOH i dopełniono wodą do kreski. pH otrzymanego roztworu było równe 7,5. Oblicz masę dodanego KOH.

$pK_{a1} \text{ H}_3\text{PO}_3 = 1,1$, $pK_{a2} \text{ H}_3\text{PO}_3 = 6,7$, $M/\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: K – 39,10, H – 1,01, O – 16,00, P – 30,97, Cl – 35,45

Zadanie 4. (10 punktów)

300,0 cm³ wodnego roztworu chlorku metalu na trzecim stopniu utlenienia poddano elektrolizie prądem o natężeniu 0,5 A. Elektrody są platynowe. Na anodzie wydzielilo się 672,0 cm³ chloru (w przeliczeniu na warunki normalne). Po zakończeniu elektrolizy pobrano 100,0 cm³ roztworu i zadano nadmiarem azotanu srebra, AgNO₃. Strącony osad odsączono, przemyto 500,0 cm³ wody i wysuszono. Masa osadu wynosiła 5,7328 g. Oblicz:

a) czas trwania elektrolizy

b) liczbę moli wydzielonego na katodzie metalu

c) wyjściowe stężenie elektrolitu

d) straty podczas przemywania osadu chlorku srebra wyrażone w %_{mas}

$M_{\text{AgCl}} = 143,32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, $K_{so \text{ AgCl}} = 1,58\cdot 10^{-10}$, $F = 96500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$

Zadanie 5 (10 punktów)

pH roztworu zawierającego kationy: Cu²⁺, Fe²⁺, Pb²⁺ i Zn²⁺ wynosi 1. Które kationy można całkowicie strącić ($[\text{Me}^{z+}] = 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$) nasycając roztwór gazowym siarkowodorem? Nasycony roztwór siarkowodoru zawiera 0,1 mola H₂S w 1 dm³ roztworu. Podaj zależność: $\log[\text{Me}^{z+}] = f(K_{so}, \text{pH})$ w przedziale pH 1÷5.

$pK_{a1} \text{ H}_2\text{S} = 7,05$; $pK_{a2} \text{ H}_2\text{S} = 12,89$; $pK_{so \text{ CuS}} = 35,2$; $pK_{so \text{ FeS}} = 17,2$; $pK_{so \text{ PbS}} = 26,6$; $pK_{so \text{ ZnS}} = 23,8$

Zadanie 6 (10 punktów)

a) Zaproponuj syntezę (E)-heks-2-enu i (Z)-heks-2-enu wykorzystując propyn jako jedyne źródło węgla, oraz dowolne odczynniki nieorganiczne.

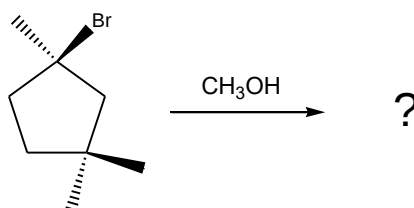
b) Jak z 4-bromobutan-2-onu i dowolnych innych reagentów otrzymać 6-hydroksyheksan-2-on?

Zadanie 7 (14 punktów)

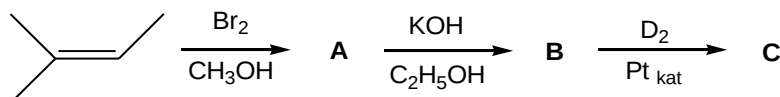
Jak z benzenu i dowolnych innych reagentów otrzymać: a) *m*-bromoanilinę, b) 1-etylo-3-nitrobenzen, c) 1-bromo-2-metoksybenzen, d) 1-bromo-3-metoksybenzen?

Zadanie 8 (8 punktów)

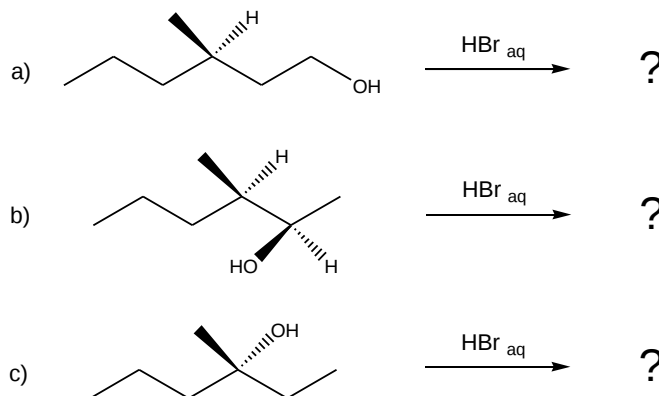
Jaki produkt powstanie w poniższej reakcji? Czy będzie on optycznie czynny? Uzasadnij odpowiedź.

**Zadanie 9 (8 punktów)**

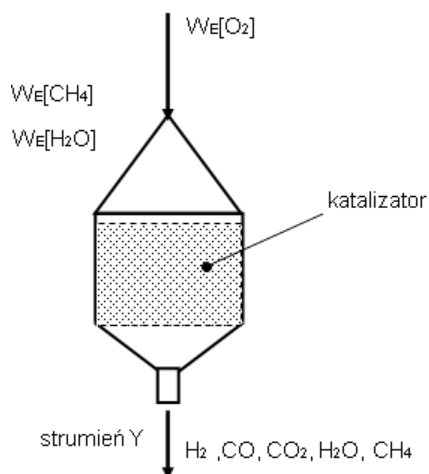
Podaj wzory związków A-C.

**Zadanie 10 (10 punktów)**

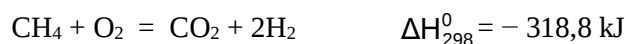
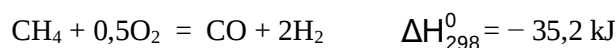
Jakie produkty powstają w reakcjach a)-c)? Czy są one optycznie czynne?

**Zadanie 11 (10 punktów)**

Jednym ze sposobów przemysłowego wytwarzania gazów syntezowych jest tzw. autotermiczny proces reformingu węglowodorów. Źródłem ciepła potrzebnego do przeprowadzenia reakcji endotermicznych, są reakcje zachodzące wewnątrz reaktora. W tym celu do reaktora oprócz węglowodorów i pary wodnej wprowadza się strumień tlenu.



Surowcem jest metan (główny składnik gazu ziemnego), który reaguje z tlenem w silnie egzotermicznych, szybko zachodzących reakcjach, w których powstają tlenki węgla.



Reakcje te zachodzą w górnej części reaktora, gdzie temperatura reagentów przekracza 1000 °C.

Następny etap procesu przebiega w złożu katalizatora, gdzie zachodzą reakcje:



Stosunek molowy tlenu do metanu wynosi $\frac{W_E[\text{O}_2]}{W_E[\text{CH}_4]} = n$, a stopień przemiany metanu i pary wodnej

$$(W_E[\text{CH}_4] \text{ i } W_E[\text{H}_2\text{O}]) \text{ w wodór: } X_1 = \frac{2W_Y[\text{H}_2]}{4W_E[\text{CH}_4] + 2W_E[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{W_Y[\text{H}_2]}{2W_E[\text{CH}_4] + W_E[\text{H}_2\text{O}]}$$

oraz stopień przemiany metanu $W_E[\text{CH}_4]$ w tlenek węgla ($W_Y[\text{CO}]$) $X_2 = \frac{W_Y[\text{CO}]}{W_E[\text{CH}_4]}$.

Wyznaczyć zależność wielkość strumieni poszczególnych składników w mieszaninie produktów odprowadzanych z reaktora: $W_Y[\text{H}_2]$, $W_Y[\text{CO}]$, $W_Y[\text{CO}_2]$, $W_Y[\text{CH}_4]$, $W_Y[\text{H}_2\text{O}]$ od n , X_1 i X_2 .

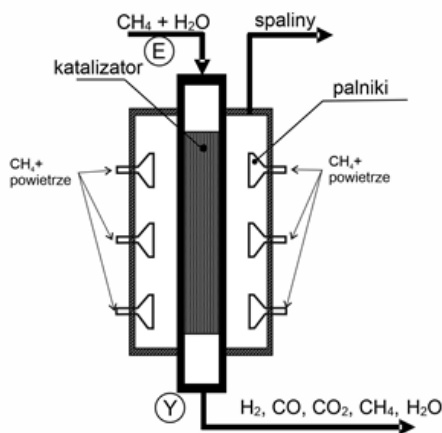
Obliczenia wykonaj zakładając, że $\frac{W_E[\text{H}_2\text{O}]}{W_E[\text{CH}_4]} = 0,2$.

Zadanie 12 (10 punktów)

Przemysłowy proces konwersji metanu z parą wodną (tzw. reforming parowy) stosuje się do wytwarzania gazu syntezowego z gazu ziemnego. Konwersję metanu z parą wodną prowadzi się w zakresie temperatury 750–900 °C stosując katalizator niklowy. W tych warunkach zachodzą dwie główne reakcje:



Proces jest endotermiczny i dlatego do reaktorów trzeba doprowadzać odpowiednio duży strumień ciepła w celu ogrzania substratów. Reaktory ogrzewa się palnikami, w których spala się część gazu ziemnego. Rury wypełnione są katalizatorem, którego aktywnym składnikiem jest nikiel osadzony na nośniku z tlenku glinu.



Reakcje, które zachodzą na katalizatorze mają charakter odwracalny, a skład reagentów zależy od stosunku molowego pary wodnej do metanu w mieszaninie substratów oraz od warunków procesu. Stosunek molowy $[\text{H}_2\text{O}]:[\text{CH}_4]$ w instalacjach produkujących gazy syntezowe wynosi od 2,5 do 5. Stopień przemiany metanu i pary wodnej zawartych w strumieniu E ($W_E[\text{CH}_4]$ i $W_E[\text{H}_2\text{O}]$) w wodór ($W_Y[\text{H}_2]$) wynosi:

$$X_1 = \frac{2W_Y[\text{H}_2]}{4W_E[\text{CH}_4] + 2W_E[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{W_Y[\text{H}_2]}{2W_E[\text{CH}_4] + W_E[\text{H}_2\text{O}]},$$

a stopień przemiany metanu (strumień $W_E[\text{CH}_4]$) w tlenek węgla wynosi: $X_2 = \frac{W_Y[\text{CO}]}{W_E[\text{CH}_4]}$.

Zakładając, że stosunek molowy pary wodnej do metanu w strumieniu E wprowadzanym do reaktora wynosi:

$\frac{W_E[\text{H}_2\text{O}]}{W_E[\text{CH}_4]} = 3$, wyznaczyć wielkości strumieni $W_Y[\text{H}_2]$, $W_Y[\text{CO}]$, $W_Y[\text{CO}_2]$, $W_Y[\text{CH}_4]$ i $W_Y[\text{H}_2\text{O}]$ wchodzących

w skład strumienia Y od wartości X_1 i X_2 .



Prace konkursowe prosimy nadsyłać do 28 lutego 2022 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.

