

XXV Ogólnopolski Konkurs Chemiczny dla młodzieży szkół średnich

Rozwiązania zadań 1 etapu

Zadanie 1

Istnieją tylko 2 pierwiastki będące cieczeniami (Br, Hg) oraz dwa mające nazwy takie jak planety (U, Np). Pluton nie jest uznawany obecnie za planetę.

Dla czterech możliwych kombinacji można utworzyć ciągi liter i znaleźć możliwe warianty gdzie będą występować 3 kolejne litery.

BRU	aBcRU, BcdRU, BopRU, BpRsU
BNPR	BNPRs
GHU	fGHU, GHiU (i jedna dodatkowa litera z wyjątkiem e, i lub f,j)
GHNP	fGHNP, GHiNP, GHNoP

Nazwy europejskich krain historycznych mają pierwiastki Ga, Ge (w przypadku wątpliwości co do zakresu definicji „kraj historyczny” można rozpatrywać jeszcze Fr, Po, Ru, Sc, Tm, Cu, Hs). Inne „europejskie” pierwiastki mają nazwy pochodzące od nazw miast (Sr, Y, Tb, Yb, Lu) i samego kontynentu (Eu).

Porównanie liter w obu grupach prowadzi do ograniczenia listy do

BopRU ($35+84+92=211 \neq 213$)
GHU Ga, Ge, (Ru, Cu, Hs)
GHNP Po

Czyli jednym z tych pierwiastków jest rtęć. Suma liczb atomowych

Hg, U ($80+92 = 172$)

Hg, Np ($80+93 = 173$)

Z tej sumy pozostaje 41/40 do podziału na 3 pierwiastki, co ogranicza wybór do Ga, Ge, (Cu) i odrzucenia wariantu Hg i Np

Pozostaje:

Hg, U, Ga (afGHU) (suma liczb atomowych = 203) pozostaje 10

Hg, U, Ge (efGHU) (suma liczb atomowych = 204) pozostaje 9

Hg, U, Cu (cfGHU) (suma liczb atomowych = 201) pozostaje 12

Pozostałe 2 pierwiastki muszą więc mieć liczby atomowe nie mniejsze niż 8-11 a dostępne litery ograniczają wybór do H, He, C, F

Hg, U, Ga (afGHU) F, H (213)

Hg, U, Ge (efGHU) F, He/H (215/214)

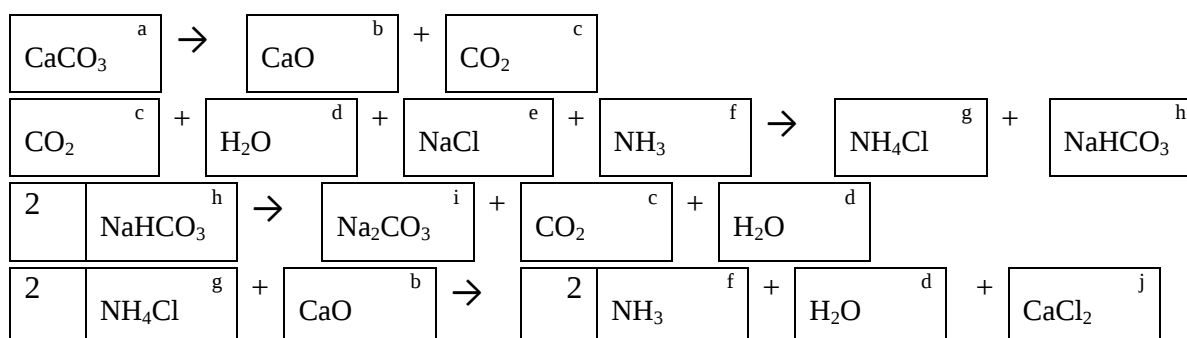
Hg, U, Cu (cfGHU) F, C/H (216/211)

Jedynie pierwszy wariant ma odpowiednią sumę liczb atomowych.

Odp. H, F, Ga, Hg, U

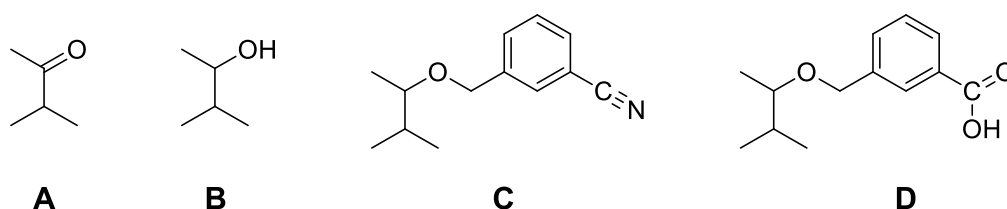
Zadanie 2

Schemat ilustruje proces produkcji sody (węglanu sodu) metodą Solvaya.



Zadanie można rozwiązać wpisując w odpowiednich kratkach symbol tlenu (b,c,d- tlenki), N – (f,g - związki azotu, H (h-wodorosól) i zaznaczając gazy (c, f). W kratkach e,g,j możemy zaznaczyć X symbolizujące anion nieznanego kwasu. Wiemy także, że proces dotyczy surowca do produkcji szkła więc możemy przyjąć, że nieznanne substancje to związki nieorganiczne. Pierwsza reakcja jest reakcją rozkładu surowca kopalnego na dwa tlenki, z czego jeden jest gazem. Wskazuje to na CaCO_3 , CaO , CO_2 . W drugiej reakcji gazowy związek azotu (nie będący tlenkiem) tworzy sól (która nie może być azotanem) a w reakcji 4 ta sól reaguje z CaO z wytworzeniem gazowego związku azotu. Czyli $f = \text{NH}_3$ a g jest solą amonową. Z reakcji 4 możemy wywnioskować, że $d = \text{H}_2\text{O}$ (reakcja soli amonowej z tlenkiem zasadowym, bilans wodoru, anion nieznanego kwasu bez zmian). Do tego samego wniosku można dojść analizując reakcję 2 gdzie tworzy się wodorosól. Z reakcji 2 i 3 wynika, że wodorosolą musi być wodorowęglan (rozkład tej soli na wodę i CO_2) a i to węglan metalu jednowartościowego (współczynniki stechiometryczne) – najprawdopodobniej sodu. Tak więc e musi być solą sodu. Kopalna sól sodu to zapewne NaCl . Potwierdza to reakcja 4, która wskazuje, że nieznaną kwas jest jednoprotonowy (kwas solny) a $j = \text{CaCl}_2$.

Zadanie 3



Keton o 3 pierwiastkach to $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$. Uwodornienie ketonu prowadzi do alkoholu. Dla $z = 1$, mamy $88-16(\text{O}) = 72$, czyli $x = 5$ (na razie nie rozważamy innych przypadków np. $z = 2$ itd.). Reakcja alkoholu z bromkiem alkiowym w podanych warunkach prowadzi do eteru. Skoro do cząsteczki C wbudowany zostanie fragment o budowie zgodnej ze schematem, to dwie alifatyczne grupy $-\text{CH}-$ muszą pochodzić od alkoholu B, w którym nie może być grup $-\text{CH}_2-$. Skoro $x=5$ a $y = 12$, to odjęcie dwóch grup $-\text{CH}-$ oznacza, że pozostałymi grupami funkcyjnymi muszą być trzy grupy $-\text{CH}_3$. Dwie chemicznie identyczne grupy CH_3 wskazują na fragment $-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$. Czyli keton ma budowę A. Informacja o jednym pierścieniu w związku D potwierdza, że $z = 1$. Informacja o zwiększeniu masy o 19 (od C do D) oznacza przyłączenie co najmniej dwóch cząsteczek wody i utratę fragmentu o masie 17 (np. NH_3).

Musi to być reakcja hydrolizy nitrilu do kwasu karboksylowego $-\text{CN} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow -\text{COOH} + \text{NH}_3$.

Zadanie 4

Obliczenie ilości potrzebnej do osiągnięcia chronicznej dawki promieniowania (spożywanej codziennie przez 7 lat)

1 banan – 0,1 μS

x bananów – 274 μS

x = 2740 bananów

422 mg K · 2740 = 1156280 mg K

1156280 mg K – x

658 mg – 60 ml koncentratu

x = 105436 ml koncentratu

1156280 mg K – x

1406 mg – 200 g ugotowanej fasoli

x = 164478 g ugotowanej fasoli

Obliczenie minimalnej ilości potrzebnej do wywołania hiperkaliemii:

0,422 g K – 1 banan

18 g – x

x = 42,65 banany

0,658 g K - 60 ml koncentratu

18 g – x

x = 1641,3 ml koncentratu

1,406 g K – 200 g fasoli

18 g – x

x = 2560,4 g

produkt	ilość potrzebna do osiągnięcia chronicznej dawki promieniowania (spożywana codziennie przez 7 lat)	minimalna ilość potrzebna do wywołania hiperkaliemii
banan [sztuka]	2740	42,65
ugotowana fasola czerwona [g]	164478	2560,4
koncentrat [ml]	105436	1641,3

Zadanie 5

Rozwiązanie (propozycja)

Gdy udział miedzi w formie skompleksowanej wynosi 1%, stężenie jonu kompleksowego

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}] = 0,01 \cdot 0,01 = 0,0001 \text{ mol/dm}^3$

Stężenie swobodnych jonów miedzi

$$[\text{Cu}^{2+}] = 0,99 \cdot 0,01 = 0,0099 \text{ mol/dm}^3$$

Stężenie wolnego amoniaku

$$[\text{NH}_3] = \sqrt[4]{10^{-11,75} \frac{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]}} = \sqrt[4]{10^{-11,75} \frac{0,0001}{0,0099}} = 3,66 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

Z bilansu amoniaku wynika, że stężenie jonów amonowych wynosi

$$[\text{NH}_4^+] = 0,05 - 3,66 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 0,0001 = 0,0492 \text{ mol/dm}^3$$

Zatem stężenie jonów wodorowych

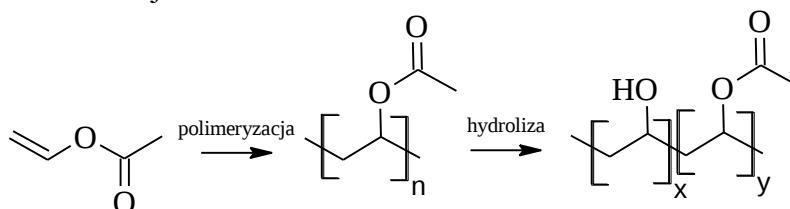
$$[\text{H}^+] = 10^{-9,24} \cdot \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = 10^{-9,24} \cdot \frac{0,0492}{3,66 \cdot 10^{-4}} = 10^{-7,11} \text{ mol/dm}^3$$

Wynika z tego graniczna wartość $\text{pH} = 7,11$, poniżej której barwa kompleksu nie będzie widoczna.

Alternatywnie – skoro udział formy skompleksowanej wynosi 1% to stosunek stężeń $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}]$ do Cu^{2+} wynosi 1 do 99. Pozwala to obliczyć stężenie amoniaku korzystając ze wzoru na stałą trwałości kompleksu miedzi (bez znajomości stężenia miedzi). Drugi krok obliczeń może być taki sam jak wyżej. Można też założyć, że w zakwaszonym roztworze kompleksu stężenie jonu NH_4^+ będzie równe stężeniu analitycznemu amoniaku (0,05 M) i znając stężenie amoniaku (z 1 wzoru) obliczyć $\text{pH} \approx 7,1$ z drugiego wzoru, co nie odbiega znacząco od dokładniejszych obliczeń w 1 wariancie.

Zadanie 6

Przykładowy schemat reakcji:



Gdzie $x = 0,88$ $y = 0,12$ – wpisane we wzorze, lub poza jak w przykładzie.

Masa kopolimeru otrzymana z 10 g monomeru wynosiła 5.7 g

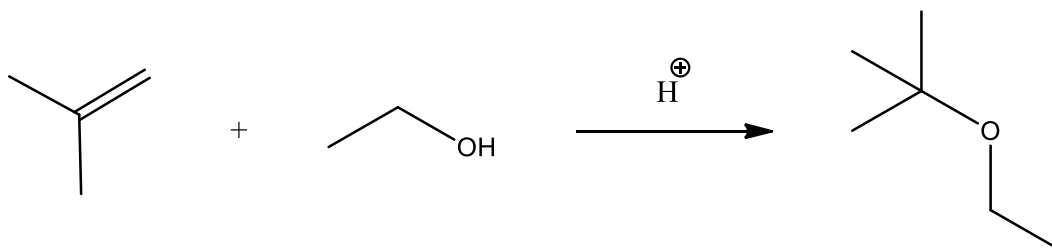
$$m = 10 \cdot \frac{(0,12 \cdot 86,09 + 0,88 \cdot 44,05)}{86,09}$$

Masa molowa octanu winylu: 86,09 g/mol

Masa molowa alkoholu winylowego: 44,05 g/mol

Zadanie 7

1. Napisanie poprawnego schematu reakcji (strukturalnie/półstrukturalnie/sumarczynie)
3 pkt.



2. Obliczenie nadmiaru molowego etanolu ($1,2 \cdot 670 \text{ mola} = 804 \text{ mole}$) - 1pkt
3. Obliczenie masy etanolu (w kg) $804 \text{ mole} \cdot 0,046 \text{ kg} = 36,984 \text{ kg}$ - 1pkt
4. Obliczenie wydajności reakcji np. jako $(\alpha \cdot 100\%) \cdot S = (0,92 \cdot 100\%) \cdot 95\% = 87,4\% = W$ - 2pkt
5. Obliczenie liczby moli produktu, jaką uzyskano w procesie; $0,874 \cdot 670 \text{ moli} = 582,9 \text{ mola}$ - 1pkt
6. Obliczenie masy uzyskanego produktu: $582,9 \text{ mola} \cdot 0,102 \text{ kg} = 59,456 \text{ kg}$ produktu - 1 pkt

Zadanie 8

[Mn₂(CO)₁₀]	[MnBr(CO)₅]	MnSO₄	[Mn(CO)₄]
A + Br ₂	[Mn₂(CO)₁₀] + Br₂ -> 2[MnBr(CO)₅]		
A + H ₂ SO ₄	[Mn₂(CO)₁₀] + 4H₂SO₄ -> 2MnSO₄ + 10CO + 2SO₂ + 4H₂O		
Ogrzewanie A	[Mn₂(CO)₁₀] -> 2[Mn(CO)₄] + 2CO		

Zadanie 9

Powierzchnia cysterny narażona na korozję:

$$S = 1/2 P_{PB} + P_P = (1/2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot r \cdot l) + (3,14 \cdot r^2)$$

$$r = 1,4 \text{ m}$$

$$l = 12,6 \text{ m}$$

$$S = (3,14 \cdot 1,4 \cdot 12,6) + (3,14 \cdot 1,4^2) = 61,54 \text{ m}^2 = 615400 \text{ cm}^2$$

Prąd korozji:

$$j = I/S$$

$$I = j \cdot S$$

$$j = 5,1 \cdot 10^{-6} \text{ A/cm}^2$$

$$i = 5,1 \cdot 10^{-6} \cdot 615400 = 3,14 \text{ A}$$

Ubytek masy:

z Prawa Faradaya

$$m = (I \cdot M \cdot t) / (z \cdot F)$$

$$z = 2$$

$$I = 3,14 \text{ A}$$

$$M = 56 \text{ g/mol}$$

$$F = 96478 \text{ C}$$

$$m = (3,14 \cdot 56 \cdot 4,32 \cdot 10^6) / (2 \cdot 96487) = 3936,43 \text{ g} = 3,936 \text{ kg}$$

Po ilu latach doszłoby do wycieku

Gęstość stali $7,86 \text{ g/cm}^3$

zawartość Fe = $7,83 \text{ g/cm}^3$ (99,6% w stali)

grubość ścianki cysterny = $7 \text{ mm} = 0,7 \text{ cm}$

grubość ścianki * powierzchnia cysterny = $0,7 \cdot 615400 = 430780 \text{ cm}^3$

$7,83 \text{ g} \text{ ----- } 1 \text{ cm}^3$

$x \text{ ----- } 430780 \text{ cm}^3$

m Fe w cysternie = 3373007 g

z Prawa Faradaya

$$t = (m \cdot z \cdot F) / (I \cdot M)$$

$m = 3373007 \text{ g}$

$z = 2$

$I = 3,14 \text{ A}$

$M = 56 \text{ g/mol}$

$F = 96478 \text{ C}$

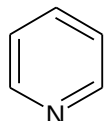
$$t = (3373007 \cdot 2 \cdot 96478) / (3,14 \cdot 56) = 42843,47 \text{ dni} = 117,4 \text{ lat}$$

Zadanie 10

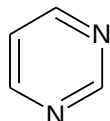
Przykładowy sposób rozwiązania zadania nr 10.

Cechy układu aromatycznego: a) atomy cząsteczki są połączone w pierścień b) występuje sprzężony układ wiązań podwójnych, a tym samym możliwość opisanie atomów pierścienia za pomocą hybrydyzacji sp^2 c) płaskość cząsteczki d) spełnianie reguły Hückla $4n+2$ dla $n=0,1,2,\dots$ dla elektronów π (można zwrócić uwagę na to, że reguła ta nie zawsze musi być spełniona – np. węglowodór koronen).

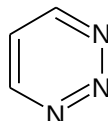
Wybrane przykłady sześcioczłonowych związków aromatycznych zawierających atomy azotu w pierścieniu:



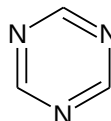
pyrydyna



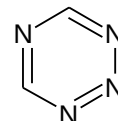
pirymidyna



1,2,3-triazyna



1,3,5-triazyna



1,2,3,5-tetrazyna

albo 1,3-diazyna