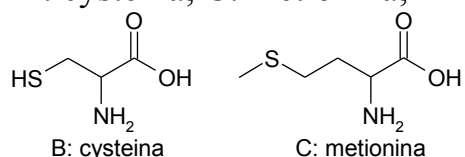


Rozwiązania zadań z konkursu XVI

1. A: S;

B: cysteina; C: metionina;



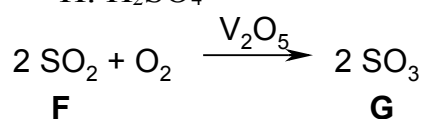
D: FeS₂,

E: H₂S;

F: SO₂;

G: SO₃;

H: H₂SO₄



2. Zawartość Cd w mieszance owocowej wynosi 0,625 µg/g. Do zaparzenia jednej szklanki potrzeba 2 g, więc 0,625 µg/g * 2 g = 1,25 µg Cd byłoby w 1 szklance gdyby cały kadm zawarty w suszu ługował się do naparu. Ługowalność wynosi jednak 8,6% więc pijąc szklankę naparu dostarczamy do organizmu 1,25 µg * 8,6% = 0,1075 µg Cd. Pijąc trzy szklanki przez tydzień dostarczymy do organizmu 0,1075 µg * 3 * 7 = 2,2575 µg Cd. Przeliczając tą ilość na kilogram masy ciała człowieka 2,2575 µg Cd / 50 kg = 0,045 µg/kg = 4,5 * 10⁻⁵ mg/kg uzyskujemy wielkość stanowiącą zaledwie 0,643% PTWI (4,5 * 10⁻⁵ mg/kg * 100% / 0,007 mg/kg = 0,643%).

3. Równania reakcji elektrodowych w pierwszej fazie eksperymentu:

Katody (2) i (4): $\text{Ag}^+ + e \rightarrow \text{Ag}$

Anody (1) i (3): $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}^+ + \text{O}_2 + 4e$

Równania reakcji elektrodowych w drugiej fazie eksperymentu:

Katody (2) i (3): $\text{Ag}^+ + e \rightarrow \text{Ag}$

Anoda (4): $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + e$

Anoda (1): $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}^+ + \text{O}_2 + 4e$

A) W pierwszej fazie eksperymentu elektrody (2) i (4) były katodami, a elektrody (1) i (3) – anodami. W drugiej fazie eksperymentu elektrody (2) i (3) były katodami, a (1) i (4) – anodami. Metal wydzielony na elektrodzie (4) jako katodzie rozтворzył się całkowicie w drugiej fazie eksperymentu. W warunkach zadania oznacza to, że przez elektrodę (4) w obu fazach eksperymentu przepłynął taki sam ładunek q (ale w przeciwne strony). Ładunek ten określa masa wydzielonego srebra. Zgodnie z prawem Faradaya $q_1 = m_1 \cdot F / M = 3,85 \cdot 96485 / 107,87 = 3444 \text{ C}$. W pierwszej fazie eksperymentu całkowity ładunek, jaki przepłynął przez oba elektrolizery wyniósł $q_c = I_1 \cdot t_1 = 0,5 \text{ A} \cdot 4 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s/h} = 7200 \text{ C}$. Ponieważ przez pierwszy elektrolizer przepłynęły 3444 C, to przez drugi musiało przepłynąć $q_2 = q_c - q_1 = 7200 - 3444 = 3756 \text{ C}$. Taki ładunek powoduje wydzielenie $m_2 = 3756 / 96485 \cdot 107,87 = 4,20 \text{ g}$ srebra. Czas trwania drugiej fazy eksperymentu wyniósł więc $t_2 = q_2 / I_2 = 12520 \text{ s} = 3^{\text{h}}28^{\text{m}}40^{\text{s}}$.

B) Po pierwszej fazie eksperymentu masa elektrody (2) wzrosła o 3,85 g, a masa elektrody (4) wzrosła o 4,20 g. Masy pozostałych elektrod (anod) nie zmieniły się.

W drugiej fazie eksperymentu masa elektrody (4) obniżyła się o 4,20 g, więc łącznie po obu fazach eksperymentu jej masa nie zmieniła się w stosunku do stanu wyjściowego.

Elektrody (2) i (3) były w tej fazie katodami, więc ich masy wzrosły o 4,20 g. Elektroda (3) była w pierwszej fazie anodą (wtedy jej masa nie uległa zmianie), więc przyrost o 4,20 g jest jej całkowitym przyrostem masy. Elektroda (2) była w obu fazach katodą, więc jej łączny przyrost masy wyniósł $3,85 + 4,20 = 8,05$ g. Elektroda (1) w obu fazach była anodą, na której wydzielal się tlen, a więc jej masa nie zmieniła się.

Zestawienie wyników w formie tabeli:

Nr elektrody	Sumaryczny przyrost masy w g
1	0
2	8,05
3	4,20
4	0

C) W pierwszej fazie eksperymentu połączone równolegle elektrolizery były zasilane napięciem $U_1 = 2,5$ V. Natężenia prądu w elektrolizerach wynosiły odpowiednio $I_{11} = 3444/(4 \cdot 3600) = 0,239$ A i $I_{12} = 3756/(4 \cdot 3600) = 0,261$ A. Ponieważ w obu elektrolizerach przebiegały takie same reakcje elektrodowe, więc różnice w natężeniu prądu wynikać musiały z większego oporu omowego pierwszego elektrolizera. W drugiej fazie eksperymentu przez oba elektrolizery przepływał prąd o natężeniu 0,3 A. Gdyby w dalszym ciągu reakcje elektrodowe były identyczne, napięcie na zaciskach pierwszego elektrolizera powinno być nieco wyższe (wyższy opór omowy). Tymczasem jednak w drugiej fazie eksperymentu tylko w pierwszym elektrolizerze przebiegały takie same reakcje, a w drugim elektrolizerze reakcja anodowa to reakcja roztwarzania srebra. W tym przypadku teoretyczne napięcie rozkładowe jest równe zero, więc dodatkowo wpływa to na relatywne zmniejszenie napięcia elektrolizy. W sumie więc obie przyczyny, tzn. mniejszy opór omowy i zerowe napięcie rozkładowe spowodowały, że w drugiej fazie eksperymentu napięcie na zaciskach drugiego elektrolizera było mniejsze od napięcia pierwszego elektrolizera.

4. Skoro równomolowa mieszanina KH_2PO_4 i K_2HPO_4 ($[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = [\text{HPO}_4^{2-}]$) ma $\text{pH} = 7,20$, to

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = [\text{H}^+], \text{ czyli } \text{p}K_2 = 7,20$$

Analogicznie:

Skoro równomolowa mieszanina K_2HPO_4 i K_3PO_4 ($[\text{HPO}_4^{2-}] = [\text{PO}_4^{3-}]$) ma $\text{pH} = 12,36$, to

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+][\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} = [\text{H}^+], \text{ czyli } \text{p}K_3 = 12,36$$

Po zmieszaniu roztworów A i B zajdzie reakcja



Załóżmy, że 10 cm^3 roztworu B zawierało po n moli K_2HPO_4 i K_3PO_4 , a 20 cm^3 roztworu A zawierało po $2n$ moli KH_2PO_4 i K_2HPO_4 . W wyniku reakcji n moli K_3PO_4 przereaguje z n moli KH_2PO_4 , dając w wyniku $2n$ moli K_2HPO_4 .

Bilans molowy reagentów przedstawić można w tabelce:

Substancja	Przed reakcją	Po reakcji
KH_2PO_4	$2n$	$2n - n = n$
K_2HPO_4	$n + 2n = 3n$	$3n + 2n = 5n$ n
K_3PO_4	n	$n - n = 0$

Po reakcji w roztworze pozostanie n moli KH_2PO_4 i $5n$ moli K_2HPO_4 . Stosunek stężeń

$$\frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = \frac{5n}{n} = 5$$

Zatem $K_2 = 5[H^+]$

Po zlogarytmowaniu $-\log K_2 = -\log 5 - \log [H^+]$

$pK_2 = -\log 5 + \text{pH}$

$\text{pH} = pK_2 + \log 5 = 7,20 + 0,70 = 7,90$

5. W wyniku reakcji jądrowej masa substratu częściowo zamienia się w energię. Różnica mas wynosi w tym wypadku $2 \cdot 2,0141 - 4,0026 = 0,0256$ u. W przeliczeniu na 1 g deuteru ubytek masy wyniesie $1 \cdot 0,0256 / (2 \cdot 2,0141) = 0,00636$ g. Masa ta zamienia się na energię zgodnie ze wzorem Einsteina $E = mc^2$.

$E = 0,00636 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 (\text{m/s})^2 = 5,724 \cdot 10^{11} \text{ J}$. Liczba moli węgla, jaką należy spalić, aby uzyskać taką ilość energii wynosi $5,724 \cdot 10^{11} \text{ J} / (393,5 \cdot 10^3 \text{ J/mol}) = 1,455 \cdot 10^6$ mola, czyli $1,455 \cdot 10^6 \text{ mola} \cdot 12,01 \text{ g/mol} = 1,747 \cdot 10^7 \text{ g} = 17470 \text{ kg}$.

6.

a) Żelazo stanowi zanieczyszczenie surowych nanorurek, czyli: masa Fe pochodząca z ferrocenu, przy założeniu całkowitego przeniesienia do wewnątrz nanorurek w wyniku jego rozkładu termicznego (nie jest to więc katalizator sensu *stricto*), wynosi:

$$m_{\text{Fe}} = (0,20 \text{ g} \cdot 55,85 \text{ g}) / 186,04 \text{ g} = \mathbf{0,06 \text{ g}}$$
, co stanowi:

$$\% \text{Fe} = (0,06 \text{ g} / 3,75 \text{ g}) \cdot 100\% = \mathbf{1,60\%}$$
.

b) Węgiel stanowi więc:

$$\% \text{C} = 100\% - 1,60\% (\text{Fe}) - 0,34\% (\text{H}) = \mathbf{98,06\%}$$
.

$$n_{\text{C}} = (98,06 \text{ g} / 12,01 \text{ g/mol}) \cdot 122,55 (\text{przel. na 1000 atomów}) = \mathbf{1000}$$

$$n_{\text{H}} = (0,34 \text{ g} / 1,008 \text{ g/mol}) \cdot 122,55 = \mathbf{42}$$

c) Węgiel w produkcie pochodzi zarówno od toluenu jak i ferrocenu:

W surowcu jest więc:

od toluenu: $(9,80 \text{ g} \cdot 84,07 \text{ g/mol}) / 92,14 \text{ g/mol} = 8,94 \text{ g C}$

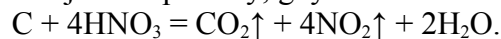
od ferrocenu: $(0,20 \text{ g} \cdot 120,10 \text{ g/mol}) / 186,04 \text{ g/mol} = 0,13 \text{ g C}$

Wydajność w przeliczeniu na C:

$$W = [(3,75 \text{ g} \cdot 0,9806) / (8,94 \text{ g} + 0,13 \text{ g})] \cdot 100\% = \mathbf{40,60\%}$$
.

d) $\text{Fe} + 6\text{HNO}_3 = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$

Nie jest bezpieczny, gdyż zachodzi roztwarzanie ścian nanorurek:

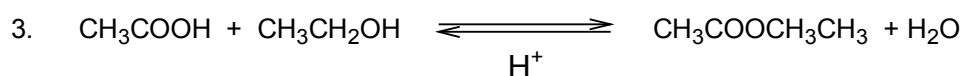
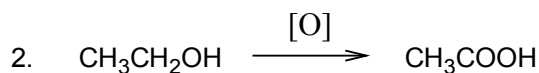
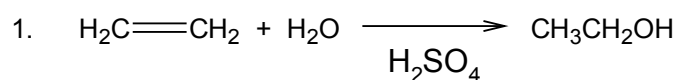


7.

					1.	A	R	G	O	N									
					2.	A	M	I	N	A									
				3.	P	O	L	I	M	E	R	Y	Z	A	C	J	A		
4.	N	I	T	R	O	G	E	N	I	U	M								
					5.	K	O	K	S										
				6.	P	R	O	B	Ó	W	K	A							
					7.	Z	W	I	A	Z	E	K							
					8.	K	A	L	C	Y	T								
				9.	D	E	S	T	Y	L	A	C	J	A					

8.

Równania zachodzących reakcji:



Przykładowy sposób wykonania obliczeń:

Otrzymano 50 kg etanolu, co stanowi 84% wydajności teoretycznej. Wydajność teoretyczna (100%) etanolu wynosi $50/0.84 = 59,52$ kg, czyli 1,294 kmola związku. Taka sama ilość moli etenu musiała wziąć udział w reakcji hydratacji, czyli $28 \cdot 1,294 = 36,23$ kg etenu.

Do reakcji utleniania użyto 10 kg etanolu czyli, 0,217 kmola. Powinno powstać (po uwzględnieniu wydajności) $0,217 \cdot 0.95 = 0,2065$ mola kwasu octowego, czyli $0,2065 \cdot 60 = 12,39$ kg tego kwasu.

Z 0,2065 kmola kwasu powinno powstać 0,2065 kmola estru, a po uwzględnieniu wydajności reakcji estryfikacji mamy $0,2065 \cdot 0.86 = 0,1776$ kmola estru, czyli $0,1776 \cdot 88 = 15,64$ kg estru.

Po reakcji estryfikacji pozostało 14% nieprzereagowanego kwasu octowego, czyli $12,39 \cdot 0,14 = 1,745$ kg

Na powstanie 0.1776 kmola estru zużyto tyle samo etanolu, czyli w kilogramach: $0,1776 \cdot 46 = 8,17$ kg, co oznacza, że po reakcji estryfikacji pozostało $40 - 8,17 = 31,83$ kg etanolu.

9. średnia odległość Ziemi od Księżyca wynosi 384 000 km = 384 000 000 m = $3,84 \cdot 10^{10}$ cm; W nici o takiej długości znajduje się:

$$3,84 \cdot 10^{10} \text{ cm} / (1 \cdot 10^{-8} \text{ cm/atom Au}) = 3,84 \cdot 10^{18} \text{ atomów Au}$$

Taka ilość atomów złota waży:

$$\begin{array}{r} 6,022 \cdot 10^{23} - 197 \text{ g} \\ 3,84 \cdot 10^{18} - x \\ x = 1,256 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 1,256 \text{ mg} \end{array}$$

10.

a) Sól podwójna zachowuje swoją indywidualność w fazie stałej, np. kryształy alunu glinowo-potasowego $\mathbf{KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O}$, a traci ją po rozpuszczeniu w wodzie (roztwór jonów K^+ , Al^{3+} , SO_4^{2-}), związek (jon) kompleksowy ($[Fe(CN)_6]^{4-}$) zachowuje swoją indywidualność w roztworze (brak jest jonów Fe^{2+} i CN^-);

b) Kompleks jednordzeniowy zawiera jedno centrum koordynacji (np. $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$), a kompleks wielordzeniowy kilka centrów koordynacji (np. chlorek μ (hydrokso)bis(pentaaminachromu(III)) $[(NH_3)_5Cr-(OH)-Cr(NH_3)_5]Cl_5$);

c) Klastery – kompleksy wielordzeniowe, których centra koordynacji połączone są bezpośrednio ze sobą, a nie za pomocą mostków (μ), np. $Ir_4(CO)_{12}$ dodekakarbonyltetrairyd;

d) $[Zn(NH_3)_4](NO_3)_2$ $[Cr(H_2O)_4Cl_2]_2SO_4$

e) heksacyjanożelazian(II) miedzi(II) heksafluoroglinian(III) sodu

f) Rząd wiązania (RW) jest równy połowie różnicy liczby elektronów znajdujących się na orbitalach cząsteczkowych wiążących i antywiążących. Ze wzrostem RW długość wiązania maleje.

g) RW = 1 H - Cl

RW = 2 $CH_2 = CH_2$

RW = 3 $HC \equiv CH$

RW = 4

