



XV Konkurs Chemiczny dla Uczniów Szkół Ponadgimnazjalnych

Etap III

Zadanie 1

W czterech, ponumerowanych, umieszczonych w ciemności, probówkach znajdują się roztwory benzenu, toluenu, etylobenzenu i styrenu w tetrachlorku węgla (stężenia roztworów są takie same, kolejność ustawienia probówek jest przypadkowa). Do każdej próbki dodano taką samą objętość roztworu bromu w CCl_4 (dodano mniej niż 1 mol bromu na 1 mol węglowodoru). Następnie probówki odślonięto i wystawiono na działanie światła. Na podstawie zmian zachodzących w probówkach przyporządkuj wymienione węglowodory do numerów probówek. Uzasadnij różnice w reaktywności. Podaj wzory strukturalne substratów, zapisz równania zachodzących reakcji i nazwij (systematycznie) otrzymane produkty. W przypadkach, w których powstaje kilka związków, zaznacz produkt główny.

Zadanie 2

W dwóch kolbach stożkowych znajduje się bardzo rozcieńczony roztwór kwasu siarkowego(VI), w pierwszej z nich w H_2O , w drugiej zaś w D_2O . Kolbki zamknięte są balonikami zawierającymi taką samą ilość magnezu. Zaobserwuj zmiany w zachowaniu obu układów po wprowadzeniu magnezu do kolbek.

- Z czego wynikają różnice w zachowaniu się zawartości obu kolb?
- Zapisz równania zachodzących reakcji.
- Jak otrzymuje się w przemyśle wodę ciężką?
- Jakie zastosowanie znajduje D_2O – podaj jeden przykład.

Zadanie 3

Podczas pracy w laboratorium należy liczyć się z nieoczekiwanymi zdarzeniami. Eksperymentator powinien wiedzieć, jak zachować się w razie wypadku, aby móc szybko zażegnać powstałe zagrożenie. Poniżej podano kilka przykładowych sytuacji kryzysowych w laboratorium – napisz, jakie kroki powinien przedsięwziąć wykonujący eksperyment, gdy:

- Stłuczeniu uległ termometr rtęciowy a zawarty w nim metal wylał się na podłogę.
- Na stole laboratoryjnym zapłonowi uległy kawałki potasu.
- Eksperymentator zorientował się, że do ogrzewanej w kolbie cieczy nie wrzucił porcelanki wrzennej (tzw. szamotki).
- Podczas pracy przeprowadzający doświadczenia oblał sobie dłoń kwasem siarkowym(VI).

Zadanie 4

Po odkryciu promieniotwórczości przez pewien czas ludzkość, zafascynowana tym fenomenem, używała źródeł promieniowania jako leków „na wszystko”, cudownych składników preparatów kosmetycznych, podczas spotkań okultystycznych, jako afrodyzjaków i w innych dziedzinach życia. Wówczas to furorę zaczęły robić tzw. wody radocenne – naturalne wody mineralne zawierające produkt rozpadu radu-226 ($T_{1/2} = 1622$ lata), radon-222 ($T_{1/2} = 3,8$ doby). Największym zainteresowaniem cieszyły się uzdrowiska czeskie, ze względu na duże stężenie radonu w wodzie. Rekordowe stężenia tego gazu odkryto w wodach z miejscowości Jachymow, w okolicach Rudaw. Popularność tego rodzaju terapii

spowodowała, iż wyprodukowano szereg aparatów, służących do produkcji wody radoczynnej w domowych warunkach. W najprostszej, najstarszej wersji (zwanej „domowym Jachymowem”) zawierały one nierozpuszczalną sól radu (na przykład siarczan(VI) radu, $pK_{so} = 14,4$) w pojemniku, do którego wlewało się pewna ilość wody. Po pewnym czasie wodę zlewało się i piło. Autorzy tego „genialnego” wynalazku nie wzięli jednak pod uwagę rozpuszczalności tej soli w wodzie, co zaowocowało szeregiem chronicznych, śmiertelnych zatruc radem.

- Oblicz dobowy ubytek radu w generatorze radonu, zawierającym 200 mg siarczanu(VI) radu, wywołany rozpadem promieniotwórczym oraz rozpuszczalnością w wodzie, przyjmując że wlewało do niego 200 cm³ wody o zawartości siarczanów wynoszącej 10 mg/dm³. Wpływ siły jonowej na rozpuszczalność zanedbaj.
- Ile radu-226, a ile radonu-222 wchłonął w jednej dawce wody nieszczęsny „domowy kuracjusz”. Przyjmij że w generatorze umieszczono tyle samo wody, o takich samych parametrach, jak w punkcie a. Przyjmij, że stężenie radonu osiągnęło wartość równowagową, załóż całkowitą rozpuszczalność tego gazu w wodzie.
- Jaki jest produkt promieniotwórczego rozpadu radonu – ulega on przemianie α . Zapisz równania reakcji jądrowych, o których mowa w zadaniu.
- Kto i z czego po raz pierwszy wyizolował rad?

Zadanie 5

Współczesny przemysł spożywczy i chemiczny, poddany naciskom konsumentów przewrażliwionych na punkcie swojej sylwetki i upatrujących wszelkich swoich niepowodzeń w nadmiernym spożyciu cukrów, wprowadził na rynek szereg substancji charakteryzujących się słodkim smakiem, lecz nie dostarczających (lub dostarczających organizmowi znikoma ilość) kalorii. Jednym z takich preparatów jest aspartam, powszechnie stosowany m. in. w napojach. Związek ten jest estrem, pochodną dipeptydu zbudowanego z naturalnych, białkowych α -aminokwasów. Masa molowa aspartamu wynosi 294,3 g/mol. Aspartam poddano hydrolizie, uzyskując trzy produkty, z których dwa (**A** i **B**) są ciałami stałymi, wykazującymi czynność optyczną, natomiast produkt **C** jest cieczą. Z 1 g aspartamu uzyskano 0,5617 g **A**, 0,4522 g **B** i 0,1088 g **C**. Gęstość pary **C**, zmierzona w temperaturze 350 K, pod ciśnieniem 1013 hPa, wynosi 1,115 g/dm³ (załóż, że jest ona gazem doskonałym). 1 g związku **B** reaguje z 75,13 cm³ roztworu kwasu solnego o stężeniu 0,1 M albo z 167,7 cm³ roztworu KOH, zawierającego 0,5 g tego związku w 100 cm³. Związek ten zawiera jedną grupę aminową w cząsteczce. Roztwór związku **B** o stężeniu 1 % ($d = 1 \text{ g/cm}^3$) jest roztworem o stężeniu 0,0751 M. Cząsteczka związku **A** posiada w swej strukturze jedną grupę karboksylową i jedną grupę aminową. Sól sodowa **A** zawiera 12,29 % sodu. Związek **A** reaguje z kwasem azotowym (w obecności kwasu siarkowego) z wytworzeniem jasnożółtego produktu o masie molowej większej od masy **A** o 46 g/mol.

- Zidentyfikuj związki **A** – **C**.
- Narysuj możliwe struktury aspartamu, z pominięciem izomerów optycznych i diastereoizomerów.
- Zaproponuj syntezę dowolnego izomeru spełniającego warunki zadania, używając wyłącznie substratów nieorganicznych.
- Ile stereoizomerów posiada każdy ze związków spełniających warunki zadania.
- W wyniku metabolizmu 1 g aspartamu uwalnia się około 17 kJ energii. $\Delta H_{tw}^{\circ}(\text{sacharoza}) = -2226,1 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_{tw}^{\circ}(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_{tw}^{\circ}(\text{H}_2\text{O}) = -241,8 \text{ kJ/mol}$. Wiedząc, że aspartam jest około 200 razy słodszy od sacharozy (porównanie dokonane w jednostkach masy obu substancji) oblicz, jaki procent

energii zawiera napój w wersji „light” w porównaniu do swojego tradycyjnego, słodzonego cukrem, odpowiednika.

Zadanie 6

Pierwiastek **X** jest, w warunkach normalnych, gazem. W związkach może przyjmować różne stopnie utlenienia. Mieszanina **X** z wodorem wybucha pod wpływem światła. Powstaje wówczas gazowy produkt **A**, którego wodne roztwory wykazują odczyn kwaśny; atom **X** w tym związku osiąga najniższy możliwy dla **X** stopień utlenienia. W reakcji **A** z wodorotlenkiem sodu otrzymuje się biały, rozpuszczalny w wodzie, krystaliczny produkt **B** – substancję o olbrzymim znaczeniu praktycznym. Podczas elektrolizy roztworu związku **B**, prowadzonej w określonych warunkach (podwyższona temperatura, prąd o dużym natężeniu), otrzymuje się, obok innych produktów, krystaliczny produkt **C**, zawierający atom **X** na wyższym, choć nie maksymalnym dla tego pierwiastka, stopniu utlenienia. Związek ten zawiera 21,60 % sodu. Podczas ogrzewania **C** zachodzi reakcja dysproporcjonowania, w wyniku której otrzymuje się mieszaninę związków **B** i **D**. Związek **D** to krystaliczna sól o silnych właściwościach utleniających. Wprowadzając **X** do wodnego roztworu NaOH otrzymuje się równomolową mieszaninę dwóch substancji zawierających ten pierwiastek: **B** i **E**. Związek **E** jest nietrwały, znany jest jedynie z roztworów wodnych. Tlenek **X**, będący bezwodnikiem kwasu, którego anion występuje w związku **E**, otrzymać można przepuszczając **X** nad rozgrzanym tlenkiem rtęci(II), jako drugi produkt powstaje sól rtęci i kwasu **A**. Podczas reakcji stężonego kwasu siarkowego(VI) z solą **C** zachodzi dysproporcjonowanie, powstaje wówczas kwas **F**, którego solą jest **D**, oraz gazowy, czerwonożółty tlenek pierwiastka **X**, charakteryzujący się silnymi właściwościami wybuchowymi i utleniającymi – **G** (nie jest on bezwodnikiem żadnego kwasu **X**). Rozpuszczanie **G** w wodnym roztworze NaOH prowadzi do powstania dwóch soli – **C** i **H**, w stosunku molowym 1:1. Sól **H** zawiera 35,38 % tlenu.

- Zidentyfikuj pierwiastek **X** i związki **A-H**. Podaj ich wzory i nazwy.
- Zapisz równania reakcji o których mowa w zadaniu.
- Jakie zastosowanie mają związki **B**, **C**, **D** i **E** – podaj po jednym przykładzie.
- Podaj dowolny przykład reakcji dysproporcjonowania, zachodzącej z udziałem atomu pierwiastka innego niż **X**.
- Podaj przykłady dwóch minerałów zawierających pierwiastek **X**.
- Pierwiastek **Y** leży w tej samej grupie układu okresowego co **X**. Ma mniejszą od niego liczbę atomową. Jaki to pierwiastek? Odpowiedniki których substancji **A-H** mogą powstać przez zastąpienie atomu **X** atomem **Y**?

Zadanie 7

Jednym z najbardziej obiecujących nośników energii jest wodór, którego głównym atrybutem jest „ekologiczność” – jego wykorzystanie nie wiąże się ze skażeniem środowiska. Sprawą otwartą pozostaje sposób uwolnienia energii z tego paliwa. O ile w przypadku zastosowań komunikacyjnych możliwe jest spalanie wodoru w nieznacznie zmodyfikowanym silniku wysokoprężnym, o tyle zasilanie nim urządzeń codziennego użytku wymaga wcześniejszej konwersji drzemiącej w nim energii chemicznej na elektryczną. Dokonać tego można przy pomocy tak zwanego ogniwa paliwowego. W najprostszym przypadku składa się ono z dwóch elektrod platynowych (bądź o powierzchni modyfikowanej platyną, będącą katalizatorem reakcji), których przestrzenie elektrodowe są odseparowane – jedna z nich zasilana jest gazowym wodorem, druga zaś tlenem. Elektrolitem może być roztwór kwasu, na przykład fosforowego(V). Zachodzący na elektrodach proces jest odwróceniem zjawiska elektrolizy wody.

- a. Oblicz różnicę potencjałów wyidealizowanego ogniwa paliwowego, złożonego z elektrod platynowych zanurzonych w roztworze kwasu o stężeniu jonów wodorowych wynoszącym 0,1 M, pracującego w normalnych warunkach ciśnienia i temperatury; $E^\circ(\text{O}_2+4\text{H}^++4\text{e}^-\rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}) = 1,23\text{ V}$.
- b. Jaki znak będzie miała elektroda zasilana gazowym wodorem?
- c. W obwodzie zasilanym ogniwem paliwowym płynie prąd o natężeniu 10 A. Jakie objętości wodoru i tlenu (warunki normalne) zużywa ten układ w czasie 1 h. Załóż 100 % sprawność ogniwa.

Punktacja:

Zadanie 1	9 pkt.
Zadanie 2	9 pkt.
Zadanie 3	4 pkt.
Zadanie 4	12 pkt.
Zadanie 5	14 pkt.
Zadanie 6	14 pkt.
Zadanie 7	8 pkt.
<hr/>	
Łącznie	70 pkt.

Czas trwania zawodów: 180 min.

H 1,008																	He 4,003
Li 6,941	Be 9,012											B 10,811	C 12,011	N 14,067	O 15,999	F 18,998	Ne 20,180
Na 22,990	Mg 24,305											Al 26,982	Si 28,086	P 30,974	S 32,066	Cl 35,453	Ar 39,948
K 39,098	Ca 40,078	Sc 44,956	Ti 47,867	V 50,941	Cr 51,996	Mn 54,938	Fe 55,845	Co 58,933	Ni 58,693	Cu 63,546	Zn 65,39	Ga 69,723	Ge 72,61	As 74,922	Se 78,96	Br 79,904	Kr 83,80
Rb 85,468	Sr 87,62	Y 88,906	Zr 91,224	Nb 92,906	Mo 95,94	Tc 98,906	Ru 101,07	Rh 102,905	Pd 106,42	Ag 107,868	Cd 112,411	In 114,818	Sn 118,710	Sb 121,760	Te 127,60	I 126,904	Xe 131,29
Cs 132,905	Ba 137,327	La 138,906	Hf 178,49	Ta 180,948	W 183,84	Re 186,207	Os 190,23	Ir 192,217	Pt 195,078	Au 196,967	Hg 200,59	Tl 204,383	Pb 207,2	Bi 208,980	Po 208,982	At 209,987	Rn 222,018
Fr 223,020	Ra 226,025	Ac 227,028															

Lantanowce

Ce 140,116	Pr 140,908	Nd 144,24	Pm 146,915	Sm 150,36	Eu 151,964	Gd 157,25	Tb 158,925	Dy 162,50	Ho 164,930	Er 167,26	Tm 168,934	Yb 173,04	Lu 174,967
Th 232,038	Pa 231,036	U 238,029	Np 237,048	Pu 244,064	Am 243,061	Cm 247,070	Bk 247,070	Cf 251,080	Es 252,083	Fm 257,095	Md 258,098	No 259,101	Lr 260,105

Aktynowce