



XX Konkurs Chemiczny dla Uczniów Szkół Ponadgimnazjalnych

Etap II

Zadanie 1

W szkolnym laboratorium chemicznym znajdują się pojemniki z odczynnikami, z których podpadały etykiety. Zidentyfikuj znajdujące się w nich substancje na podstawie podanych informacji o zawartości słoików. Zapisz równania reakcji, o których mowa w zadaniu. Uzasadnij krótko swoje odpowiedzi.

- W słoiku **A** znajdują się drobne, białe kryształy. Rozpuszczają się w wodzie, tworząc niebieski roztwór, który przyjmuje zabarwienie granatowe po dodaniu wody amoniakalnej.
- W słoiku **B** znajduje się biała, krystaliczna substancja. Po rozpuszczaniu w wodzie uzyskuje się roztwór o odczynie zasadowym. Roztwór ten mętnieje w kontakcie z powietrzem. Substancja **B** wprowadzona do płomienia palnika powoduje jego zabarwienie na żółtawozielony kolor. Ogrzewanie substancji **B** w probówce powoduje wydzielanie się pary wodnej.
- W pojemniku **C** znajdują się brunatnofioletowe (prawie czarne) kryształy o metalicznym połysku. Ich rozpuszczalność w wodzie jest nieznaczna – roztwór wodny ma żółtawe zabarwienie. Kryształy rozpuszczają się łatwo w chloroformie, tworząc fioletowy roztwór. Badana substancja nie rozpuszcza się w kwasie siarkowym, reaguje natomiast ze stężonym kwasem azotowym(V), tworząc biały, krystaliczny produkt.
- W słoiku **D** znajdują się bryłki srebrzystego metalu. Topi się on w temperaturze poniżej 300°C. Rozpuszcza się powoli w stężonym kwasie solnym, tworząc krystaliczny produkt rozpuszczalny w wodzie. Metal **D** reaguje także ze stężonym kwasem azotowym(V) – otrzymuje się bezpostaciowy, biały osad nie rozpuszczalny w wodzie ale rozpuszczający się w wodnym roztworze wodorotlenku sodu.
- Opakowanie **E** zawiera różowe kryształy, łatwo rozpuszczające się w wodzie. Roztwór wodny tej substancji jest prawie bezbarwny. Po dodaniu do roztworu wodorotlenku sodu wytrąca się cielisty, bezpostaciowy osad, który ciemnieje po wprowadzeniu kilku kropli nadtlenku wodoru. Dodanie do roztworu substancji **E** kwasu siarkowego(VI) i dichromianu(VI) potasu powoduje wydzielenie żółtozielonego gazu o duszącym zapachu.

Zadanie 2

Lantanowce tworzą najczęściej jony trójwartościowe, Ln^{3+} . Jony na innych stopniach utlenienia są rzadziej spotykane, a zawierające je związki – najczęściej nietrwałe. Europ(III) stosunkowo łatwo przeprowadzić można w jon Eu^{2+} . Stosuje się w tym celu metody chemiczne (na przykład redukcję za pomocą amalgamatu cynku) lub elektrochemiczne.

W zlewce umieszczono wodny roztwór chlorku europu(III), zakwaszono kwasem solnym i poddano elektrolizie. Proces prowadzono przez 2 h, a natężenie prądu wynosiło 5A. Po zakończeniu elektrolizy do roztworu dodano nadmiar kwasu siarkowego(VI). Wytrącony biały osad siarczanu(VI) europu(II) odsączono, przemyto wodą i wysuszono, uzyskując 5,2570 g osadu. Oblicz wydajność procesu elektrolizy (przyjmij, że powstająca sól jest całkowicie nierozpuszczalna w wodzie). Co to są amalgamaty?

Zadanie 3

Rosnący pospolicie w Polskich lasach grzyb, lejkówka zielonawa (*Clitocybe odora*) ma charakterystyczny, zdecydowanie nie-grzybowy zapach. Analiza składników zapachowych tego gatunku wykazała, że główną substancją lotną, odpowiedzialną za woń owocników jest związek **A**, będący bezbarwną cieczą o intensywnym zapachu. Analiza substancji **A** dostarczyła następujących informacji:

- w wyniku spalenia 287 mg **A** otrzymano 742.0 mg tlenku węgla(IV) i 151.8 mg wody;
- związek **A** poddano oznaczeniu masy molowej metodą Meyera. W wyniku odparowania 145 mg związku w temperaturze 255°C ($p = 1025$ hPa) uzyskano 45,6 ml pary (załóż, że zachowuje się ona jak gaz doskonały);
- roztwór związku **A** w wodzie ma odczyn obojętny;
- związek **A** nie reaguje z roztworem kwasu solnego ani z rozcieńczonym roztworem wodorotlenku sodu;
- do roztworu związku **A** w czterochlorku węgla dodano kroplę bromu i tak uzyskaną mieszaninę pozostawiono na pewien czas w ciemności. Nie zaobserwowano zmian w próbce;
- związek **A** nie reaguje z metalicznym sodem;
- dodanie związku **A** do wodnego roztworu chlorku żelaza(III) nie powoduje widocznych zmian;
- w wyniku reakcji **A** z bromem w obecności katalizatora (kwasu Lewisa) otrzymano dwie izomeryczne monobromopochodne, przy czym jedna występuje w zdecydowanej przewodze;
- w wyniku reakcji **A** z amoniakalnym roztworem wodorotlenku srebra stwierdzono powstawanie lustra srebrowego;
- związek **A** nie jest związkiem heterocyklicznym.

Polecenia:

- Zapisz wzór półstrukturalny związku **A**, podaj jego nazwę systematyczną.
- Zaproponuj syntezę związku **A**. Dysponujesz dowolnymi węglowodorami i związkami nieorganicznymi. Na schemacie uwzględnij wszystkie substraty (nie musisz zapisywać i bilansować równań reakcji).
- Zapisz wzory monobromopochodnych, o których mowa w podpunkcie „h”. Która z nich powstaje w nadmiarze?
- Co to jest kwas Lewisa? Podaj dowolny przykład kwasu Lewisa.
- Znając strukturę **A** zaproponuj, czym pachnie lejkówka zielonawa.

Zadanie 4

Chlorek tytanu(IV) jest bezbarwną, dymiącą na powietrzu cieczą ($d = 1,73$ g/cm³), która stosowana jest jako katalizator, surowiec do produkcji tlenku tytanu(IV) oraz tytanu metalicznego. Jedną z najprostszych metod otrzymywania tlenku tytanu(IV) w warunkach laboratoryjnych, jest bezpośrednia reakcja chlorku tytanu(IV) z wodą. Proces ten przebiega bardzo gwałtownie z wydzieleniem dużej ilości ciepła, co z kolei powoduje częściowe odparowanie substratu i, w konsekwencji, stosunkowo niską wydajność procesu. Oblicz wydajność reakcji otrzymywania tlenku tytanu(IV) w reakcji chlorku tytanu(IV) z wodą, jeżeli po wkropleniu 2 cm³ odczynnika do 500 cm³ wody i odsączeniu powstałego produktu stwierdzono, iż pH przesącza wynosi 1,00. W zadaniu zaniebaj efekty zmiany objętości roztworu. Załóż, że tlenek tytanu(IV) jest całkowicie nierozpuszczalny w wodzie, a otrzymany produkt reakcji nie jest zanieczyszczony chlorkami oksotytanu(IV) (tlenochlorkami tytanu(IV)). Podaj przykład zastosowania tlenku tytanu(IV).

Zadanie 5

Nitroceluloza (bawełna strzelnicza) to niepoprawna nazwa estru – azotanu(V) celulozy. Stopień estryfikacji cząsteczki celulozy jest zależny od warunków prowadzenia reakcji estryfikacji.

1. Narysuj wzór półstrukturalny celulozy oraz produktu jej całkowitej estryfikacji kwasem azotowym(V).
2. W celu przygotowania mieszaniny estryfikującej masz do dyspozycji tak zwany „dymiący” kwas azotowy(V) (99,5%; $d = 1,50 \text{ g/cm}^3$), stężony kwas azotowy(V) (69%; $d = 1,40 \text{ g/cm}^3$) i stężony kwas siarkowy(VI) (98%; $d = 1,84 \text{ g/cm}^3$). Jakie objętości poszczególnych kwasów użyjesz, aby uzyskać 100 g roztworu zawierającego 24% kwasu azotowego(V) i 67% kwasu siarkowego(VI).
3. Do estryfikacji 1 g celulozy (zawierającej 6% wody) użyto 100 g roztworu kwasów o składzie podanym w podpunkcie 2. Po zakończeniu reakcji azotan celulozy odsączono. Oblicz skład poreakcyjnej (tzw. odciekowej) mieszaniny kwasów wiedząc, że otrzymano bezwodny azotan(V) celulozy o zawartości azotu 12,9%. Celuloza i jej ester nie rozpuszczają się w mieszaninie reakcyjnej.
4. Oblicz, jaki procent grup hydroksylowych uległ estryfikacji, jeśli użyto celulozy o cząsteczkach składających się średnio z 2000 merów, a zawartość azotu w końcowym produkcie wynosiła 12,9%. Załóż, że podczas estryfikacji łańcuchy celulozy nie ulegają fragmentacji.
5. Kwas azotowy(V), podczas przechowywania, żółknie – dlaczego? Zapisz równanie reakcji, odpowiedzialnej za ten proces.

Zadanie 6

Do niedawna bizmut uważany był za najcięższy, trwały pierwiastek (informacja ta nadal powielana jest w wielu źródłach). W 2003 roku we francuskim Institut d'Astrophysique Spatiale w Orsay ustalono, że bizmut-209 jest α promieniotwórczy a jego czas połowicznego zaniku wynosi $1,9 \times 10^{19}$ lat. Zapisz równanie rozpadu jądra bizmutu-209. W laboratorium znajduje się słoik, zawierający 1 kg pięciowodnego azotanu(V) bizmutu(III). Jaka jest aktywność promieniotwórcza tego materiału? Wynik wyraż w bekerelach (1 Bq to aktywność preparatu wynosząca 1 rozpad na sekundę).

Punktacja:

Zadanie 1	40	pkt.
Zadanie 2	15	pkt.
Zadanie 3	60	pkt.
Zadanie 4	15	pkt.
Zadanie 5	50	pkt.
Zadanie 6	25	pkt.
Łącznie	205	pkt.

Czas trwania zawodów: 180 min.

UWAGA: Masy atomowe należy zaokrąglić do pierwszego miejsca po przecinku!

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