

ZADANIA II-go ETAPU XI KONKURSU CHEMICZNEGO
11 grudnia 2004, POZNAŃ

Czas: **180 min.**

Suma punktów: **54**

Zadanie 1

Lord Duncan, potomek szlacheckiej rodziny angielskiej, umiłował spokój i wypoczynek na łonie natury. Sielankowe życie w jego wiejskiej posiadłości psuła mu jednakże kłótniwa i zrzędliva małżonka. Gdy wszelkie metody perswazji zawiodły, aby zaznać spokoju, lord postanowił uciec się do rozwiązania ostatecznego – w tym celu domieszał do ukochanej przez jego żonę herbaty Earl Gray słuszną ilość cyjankali (zrobił to tym łatwiej, iż w owych czasach nieznaną była jeszcze herbata ekspresowa). Przy okazji najbliższej „a cup of tea” nastąpiło oczekiwane, radosne dla lorda rozwiązanie problemu (i przy okazji rozwiązanie nieoczekiwane, acz radosne, dla jego sąsiada - Sir Gawaina, męża przyjaciółki jej lordowskiej mości). Wezwanego na miejsce Sherlocka Holmesa zaintrygowały dwie rzeczy: dziwny uśmiech na twarzach obu zmarłych niewiast oraz delikatny zapach migdałów zmieszany z wonią bergamoty, unoszący się w pokoju (potwierdzony przez Dr Watsona). Nie dał się zwieść zapewnieniom lorda, iż pochodzi on z najnowszego, niemieckiego płynu do czyszczenia mebli, zabrał więc imbryk z resztą trunku do analizy. W celu oznaczenia zawartości jonów cyjankowych postanowił on wykorzystać metodę analizy wagowej. Aby przeprowadzić oznaczenie, umieścił 10 ml herbaty w kolbie i po zakwaszeniu wywaru kwasem siarkowym, oddestylował powstały cyjanowodor z parą wodną, a jego pary pochłaniał w roztworze NaOH. Po zobojętnieniu zawartości odbieralnika, do destylatu dodał nadmiar azotan(V) srebra(I). Wytracony osad cyjanku srebra(I) odsączył i po wysuszeniu zważył, uzyskując 0,9395 g tej soli. W tym momencie detektyw wiedział już, iż dokonano morderstwa i choć w głębi duszy rozumiał lorda, poczucie sprawiedliwości zmusiło go do doprowadzenia arystokraty przed sąd. Oblicz, wielokrotność dawki śmiertelnej, którą wchłonęła małżonka arystokraty, jeśli przed opuszczeniem tego padolu wypła filiżankę (około 120 cm³) herbaty, a dawka śmiertelna dla KCN wynosi 10 mg/kg masy ciała. Lady D., ze względu na awersję do wysiłku fizycznego i słabość do francuskich pralinek osiągnęła masę 220 funtów (1 funt = 0.453592 kg). **(8 pkt.)**

Zadanie 2

Ile należy rozpuścić tlenku magnezu w 1 dm³ roztworu kwasu azotowego(V) o $d = 1,151 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ i stężeniu 25%, aby uzyskać roztwór zawierający 10% azotan(V) magnezu. **(3 pkt.)**

Zadanie 3

Elektrolizie poddano stopiony wodorek litu. Jakie produkty i w jakich ilościach wydzielili się na elektrodach, jeśli proces prowadzono przez 30 minut prądem o natężeniu 1 A? Zapisz równania reakcji elektrodowych. **(4 pkt.)**

Zadanie 4

„No cóż! Widzicie, klimat był raczej zawsze przeciwko nam...” co niestety obróciło się przeciwko środowisku naturalnemu. Konieczność ogrzewania mieszkań wiąże się najczęściej ze spalaniem paliw kopalnych, czemu towarzyszy emisja zanieczyszczeń. Jednym ze sposobów ograniczenia zanieczyszczenia środowiska jest zapewnienie dobrej izolacji termicznej budynków, pozwalającej zmniejszyć ilość zużywanych kopalin. Do najczęściej

stosowanych materiałów pozwalających ograniczyć „ucieczkę” ciepła należy styropian – spieniony polistyren. Wiedząc, iż styren to fenyloeten, zaproponuj syntezę polistyrenu z dowolnych odczynników nieorganicznych. (6 pkt.)

Zadanie 5

Liczne substancje chemiczne tworzą hydraty – stałe połączenia zawierające ściśle określoną ilość wody. W wielu wypadkach dany związek może tworzyć kilka hydratów o różnej stechiometrii, w zależności od warunków krystalizacji i przechowywania. Jedną z takich substancji jest chromian(VI) sodu. Ile cząsteczek wody przypadało na jedną molekułę chromianu(VI) sodu w znajdującym się w laboratorium odczynniku, jeśli po rozpuszczeniu 100 g tej substancji w wodzie i dopełnieniu do 1 dm³ uzyskano roztwór zawierający 0,585 mola Na⁺ w litrze. (3 pkt.)

Zadanie 6

Ze względu na rosnące zanieczyszczenie środowiska, wynikające ze wzrostu zapotrzebowania naszej cywilizacji na energię, naukowcy starają się opracować inne, ekologicznie czyste paliwa i nośniki energii. Obiecującym wydaje się zastosowanie w tej roli wodoru. Niestety, dostępne obecnie metody otrzymywania wodoru, albo wykorzystują energię uzyskaną ze spalania paliw kopalnych, albo ich wydajność jest zbyt niska, aby znalazły zastosowanie w technice. Ciekawą propozycją wydaje się być metoda otrzymywania wodoru na drodze tak zwanych cykli termochemicznych, wykorzystujących ciepło powstające w reaktorach jądrowych. Wymaga to opracowania cyklu reakcji chemicznych, zestawionych w ten sposób, by ich bilans sprowadzał się do rozkładu wody na wodór i tlen. Przykładem takiego procesu są następujące po sobie reakcje tworzenia tlenku cezu w wyniku reakcji metalicznego cezu z parą wodną zachodząca w temperaturze 573K oraz termicznego rozkładu tlenku cezu na pierwiastki przebiegająca w temperaturze 1273K. Oblicz, ile wodoru można otrzymać w ciągu 24 godzin, wykorzystując reaktor jądrowy o mocy cieplnej 200 MW, jeżeli wydajność procesu wynosi 85%. (10 pkt.)

$$\Delta H_{\text{tw}}^{573\text{K}}(\text{Cs}) = 9,0 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{\text{tw}}^{1273\text{K}}(\text{Cs}) = 99,4 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta H_{\text{tw}}^{573\text{K}}(\text{Cs}_2\text{O}) = -296,9 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{\text{tw}}^{1273\text{K}}(\text{Cs}_2\text{O}) = -214,7 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta H_{\text{tw}}^{573\text{K}}(\text{H}_2\text{O}) = -179,5 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{\text{tw}}^{573\text{K}}(\text{H}_2) = 13,0 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{\text{tw}}^{1273\text{K}}(\text{O}_2) = 36,5 \text{ kJ/mol}$$

$$[1 \text{ W}] = 1 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$$

Zadanie 7

Do przygotowania popularnych na całym świecie ogórków konserwowych używa się octu spożywczego. W celu oznaczenia zawartości czystego kwasu octowego w zaprawie ogórkowej pobrano jej 10 cm³ i dodano nadmiar soli żelaza(III). Tak otrzymaną próbkę doprowadzono do wrzenia otrzymując osad octanu dihydroksyżelaza(III), który odsączono i wyprażono do stałej masy w temperaturze 900 °C otrzymując 0,5932 g tlenku żelaza(III). Oblicz pH zalewy octowej, jeśli stopień dysocjacji kwasu octowego wynosi 0,2%. (6 pkt.)

Zadanie 8

W pewnym laboratorium chemicznym, na skutek bałaganu i niedopatrzeń ze strony pracowników, z kilku butelek poodpadały naklejki. Wiedząc, że w pojemnikach znajdowały się roztwory: HCl, HNO₃, H₃PO₄, CaCl₂ i H₂O₂ o stężeniu około 1 mol·dm⁻³ podaj, jak ustalić

zawartość poszczególnych opakowań, wykorzystując wyłącznie metody klasycznej analizy jakościowej. Zapisz równania odpowiednich reakcji. (5 pkt.)

Zadanie 9

Głównym składnikiem blendy smolistej jest tlenek uranu(VI) i (IV) – U_3O_8 . Ile sześciowodnego azotanu uranylu – $UO_2(NO_3)_2$, można otrzymać w wyniku rozpuszczenia 100 g blendy smolistej w kwasie azotowym(V), jeśli U_3O_8 stanowi 95%. Zapisz równania zachodzących w trakcie opisanego procesu reakcji chemicznych. Jaką objętość 65% HNO_3 o gęstości $1,4 \text{ g/cm}^3$ należy w tym celu użyć? (3 pkt.)

Zadanie 10

Zidentyfikuj substancje chemiczne ukryte pod oznaczeniami A-F. Podaj ich nazwy oraz wzory sumaryczne i strukturalne. (6 pkt.)

I. Gazy **A** i **B** to tlenki tego samego pierwiastka. Tworzą się w atmosferze ziemskiej na skutek wielu naturalnych procesów, takich jak wyładowania atmosferyczne czy procesy trawienne u pewnych gatunków bakterii. Antropogeniczne źródła **A** i **B** związane są ze spalaniem paliw kopalnych w wysokiej temperaturze (głównie paliw ciekłych w silnikach pojazdów). Pomimo iż źródła te stanowią zaledwie 8% ogólnej (tj. naturalnej i antropogenicznej) emisji tych związków, to skażenie powietrza w aglomeracjach miejskich substancjami **A** i **B** spędza sen z powiek ekologów i lekarzy. Uczestniczą one w tworzeniu tak zwanego smogu fotochemicznego – niebezpiecznego skażenia uszkadzającego system oddechowy zwierząt i aparat fotosyntetyzujący roślin. Głównymi etapami tworzenia się smogu fotochemicznego są katalizowane światłem: reakcja **A** z tlenem, prowadząca do powstania **B** oraz reakcje **B** z tlenem, prowadząca do powstania cząsteczki ozonu i odtworzenia molekuly **A**.

II. Związek **C** to pochodna organiczna zawierająca atom metalu zaliczanego do metali ciężkich. Stosowany był przez lata jako przeciwstukowy dodatek do paliw, jednak ze względu na emisję do środowiska znacznych ilości wspomnianego metalu oraz jego związków, kumulujących się w tkankach roślinnych i zwierzęcych, prowadzącego do licznych zmian patologicznych, został już praktycznie wycofany z użycia.

III. Substancja **D** jest tworzywem sztucznym, które ze względu na swoje unikalne właściwości chemiczne i mechaniczne znalazło liczne zastosowania w przemyśle i życiu codziennym jako materiał do produkcji okien plastikowych, wykładzin, rur wodno-kanalizacyjnych, opakowań i innych przedmiotów. Jednakże, ze względu na zawartość chloru w swojej cząsteczce, powodującą skażenie środowiska związkami chloroorganicznymi tworzącymi się podczas spalania **D**, nie jest ono lubiane przez ekologów.

IV. Jony **E** i poli**E** są składnikami proszków do prania (gdzie pełnią funkcje zmiękczaczy wody) oraz nawozów sztucznych. Nadmierna emisja tych pochodnych do środowiska jest przekleństwem dla hydroekosystemów – powodują one bowiem wzbogacenie w składniki pokarmowe zbiorników wodnych, a w konsekwencji wystąpienia tzw. zakwitów glonów.

V. Związek **F** jest żrącym i trującym gazem przyczyniającym się do powstawania licznych chorób cywilizacyjnych i zniszczeń wielkich połaci lasów. Głównymi jego źródłami jest emisja wulkaniczna oraz spalanie stałych paliw kopalnych. Jego obecność w opadach atmosferycznych, jak również obecność produktów jego utleniania, jest głównym powodem

niszczenia zabytków architektury, rzeźb i konstrukcji stalowych. Przyczynia się także do niszczenia strefy włósnikowej korzeni roślin i wymywania substancji pokarmowych z gleby.