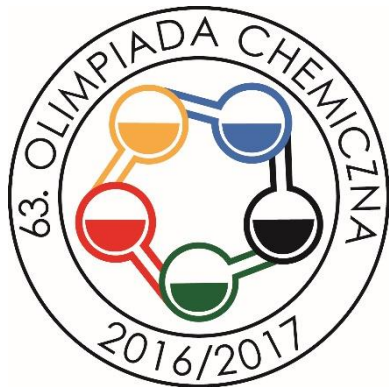




ETAP I

26.11.2016

Zadania teoretyczne

ZADANIE 1

Zasadowość amin

Aminy to związki organiczne zawierające w cząsteczkach grupę aminową ($-\text{NH}_2$, $-\text{NHR}$, $-\text{NRR}'$). Aminy wykazują właściwości zasadowe. Ze względu na obecność wolnej pary elektronowej na atomie azotu, zaliczane są do zasad Lewisa. Ich zasadowość zależy od liczby atomów węgla w cząsteczce, od rzędowości atomu azotu oraz od rodzaju grup organicznych wchodzących w skład danej aminy.

W roztworach wodnych aminy ulegają dysocjacji elektrolitycznej. Pominięcie autodysocjacji wody pozwala na założenie, iż stężenie powstałego sprzężonego kwasu ($[\text{BH}^+]$) jest równe stężeniu anionów wodorotlenowych obecnych w roztworze. Wyrażenie na stałą równowagi reakcji dysocjacji przedstawia równanie:

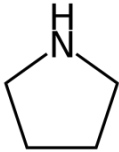
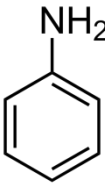
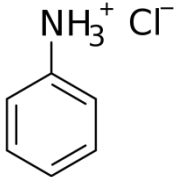
$$K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c - [\text{OH}^-]}$$

gdzie c oznacza stężenie sumaryczne (początkowe) wprowadzonej zasady.

Obliczenie stężenia anionów wodorotlenowych wymaga rozwiązania równania kwadratowego.

W przypadku gdy stopień dysocjacji $\alpha \leq 0,05$ lub $c/K_b \geq 400$, wyrażenie to można uprościć poprzez założenie, iż $c - [\text{OH}^-] \approx c$.

W celu określenia zasadowości powszechnie dostępnych w laboratorium amin sporządzono roztwory wodne amoniaku, metyloaminy, dimetyloaminy oraz pirolidyny. Aby zbadać właściwości kwasowo-zasadowe słabo rozpuszczalnej w wodzie aniliny, przeprowadzono ją w jej chlorowodorek (chlorek aniliniowy) i tak powstałą sól wprowadzono do wody.

		
pirolidyna	anilina	chlorek aniliniowy

Do pomiarów użyto 250 cm³ każdego roztworu. Ilość rozpuszczonego w roztworze amoniaku odpowiadała 0,0755 cm³ gazu odmierzonego w warunkach normalnych. Stała dysocjacji kwasowej jonu amonowego wynosi:

$$K_{a\text{NH}_4^+} = 10^{-9,25}$$

Roztwory metyloaminy i dimetyloaminy sporządzono tak, że w odpowiedniej kolbie znajdowało się 0,0513 mola danego związku. pH każdego roztworu zmierzono za pomocą pH-metru. pH roztworu aminy pierwszorzędowej wyniosło 11,98, a drugorzędowej 12,01.

Wyznaczono stopień dysocjacji α pirolidyny, który wyniósł 4,07% dla zawartości 19,2 g aminy w 250 cm³ roztworu.

Chlorek aniliniowy, w przeciwieństwie do czystej aniliny, jest bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie. Jego stężenie w badanym roztworze wyniosło 0,387 mol/dm³, a pH świeżo sporządzonego roztworu 2,52.

Polecenia:

- a. (2 pkt.)* Uzasadnij, dlaczego warunek $\alpha \leq 0,05$ jest równoważny wyrażeniu $c/K_b \geq 400$.
- b. (3 pkt.)* Korzystając z iloczynu jonowego wody w temperaturze 25°C ($[\text{OH}^-][\text{H}^+] = 1,00 \cdot 10^{-14}$), udowodnij zależność $K_a K_b = 1,00 \cdot 10^{-14}$ (prawdziwą w temperaturze 25 °C), słuszną dla sprzężonej pary kwas-zasada, wychodząc z wyrażen na ich odpowiednie stałe dysocjacji.
Za symbol zasady przyjmij B, a kwasu BH⁺.
- c. (5 pkt.)* Oblicz pH roztworu amoniaku.
- d. (10 pkt.)* Oblicz pK_b wszystkich amin (metyloaminy, dimetyloaminy, pirolidyny, aniliny) oraz amoniaku. Uszereguj badane związki zgodnie z rosnącą zasadowością.

W obliczeniach przyjmij następujące wartości mas molowych:

C – 12,01 g/mol, N – 14,01 g/mol, H – 1,01 g/mol, Cl – 35,45 g/mol.

ZADANIE 2

Tajemniczy stop metali

Pewien stop **X**, w skład którego oprócz domieszek wchodzi przede wszystkim dwa metale: **A** i **B**, znajduje szerokie zastosowanie jako materiał konstrukcyjny w przemyśle maszynowym, samochodowym, precyzyjnym oraz w jubilerstwie. Metal **A** ma charakterystyczną czerwonawą barwę. W wyniku dodania nadmiaru roztworu amoniaku do roztworu zawierającego kationy metalu **A** otrzymuje się roztwór o ciemnogrnatowej barwie. Metal **B** znajduje się w układzie okresowym pierwiastków obok metalu **A**, jego wodorotlenek jest biały i roztwarza się w nadmiarze wodorotlenku sodu. W wyniku reakcji metalu **A**, będącego składnikiem stopu **X** o najwyższej

zawartości wagowej, ze stężonym kwasem **C** otrzymano między innymi gaz **D**. Metal **B** reaguje z rozcieńczonym kwasem **C** z wydzielaniem gazu **E**. Pary metalu **B** reagują w temperaturze 850°C z gazem **D** i powstają dwa ciała stałe **F** i **G**, które mają taką samą strukturę krystaliczną. Stosunek mas molowych związków **F** i **G** wynosi około 1,2.

Polecenia:

- a.* (7 pkt.) Podaj wzory sumaryczne i nazwy systematyczne substancji **A-G**.
- b.* (4 pkt.) Zapisz równania połówkowe *redoks* (równania jonowo-elektronowe) oraz wskaż utleniacze i reduktory w powyższych dwóch reakcjach. Wyjaśnij, dlaczego metale **A** i **B** reagują z kwasem **C** w różny sposób.
- c.* (3 pkt.) Zapisz równania reakcji (jonowo lub cząsteczkowo) metalu **A** ze stężonym kwasem **C** oraz metalu **B** z rozcieńczonym kwasem **C**.
- d.* (3 pkt.) Podaj wzór elektronowy Lewisa i narysuj budowę przestrzenną cząsteczki gazu **D**.
- e.* (2 pkt.) Zapisz uzgodnioną reakcję par metalu **B** z gazem **D**. Wskaż utleniacz i reduktor.
- f.* (1 pkt.) Podaj nazwę stopu **X**.

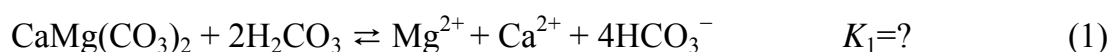
Potencjały półogniw: $E_{A^{n+}/A}^0 > 0 > E_{B^{n+}/B}^0$

ZADANIE 3

Wpływ zawartego w powietrzu CO₂ na erozję skał osadowych

Na południu Europy znajduje się pasmo gór zbudowanych ze skał osadowych złożonych głównie z minerału o wzorze $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ o nazwie dolomit. Stąd góry te nazywane są Dolomitami. W jednej z dolin znajduje się niewielkie i bardzo płytkie zagłębienie, w którym zbiera się woda opadowa tworząc niewielki staw. Poziom wody w zagłębieniu jest niemal stały, bo choć staw nie ma odpływu to woda przesącza się przez szczeliny tak, że ubytki wody są równoważone przez padające deszcze. Powierzchnia dna stawu wynosi 750 m² i można przyjąć, że średnia roczna objętość wody w stawie to 150 m³. Ustalono też, że cała objętość zawartej w stawie wody wymienia się 5-krotnie w ciągu roku wypłukując przy tym słabo rozpuszczalny w wodzie dolomit. Można przyjąć, że średnia roczna temperatura w tym rejonie wynosi 10 °C.

Wiadomo, że występujący w powietrzu w stężeniu 0,38% molowych ditlenek węgla rozpuszcza się w wodzie tworząc bardzo słaby kwas węglowy, który dysocjuje nadając wodzie deszczowej pH=5,7. W tak zakwaszonej wodzie rozpuszczanie dolomitu zachodzi według sumarycznej reakcji:



Przyjmijmy, że w rozpatrywanym dolomicie stosunek molowy Mg/Ca wynosi 1, a w wodzie przy powierzchni skał zachodzą następujące reakcje (obok reakcji podano odpowiednie stałe równowagi w temperaturze 10 °C):



Powyższe reakcje składają się na dwie reakcje sumaryczne:



Z kolei reakcje (7) i (8) składają się na reakcję (1). Należy przy tym pamiętać, że stosunek stężeń jonów $[\text{Mg}^{2+}]/[\text{Ca}^{2+}]$ w wodzie jest inny niż w stałym dolomicie.

Uwaga: W obliczeniach przyjmij stężenie standardowe $c_0 = 1 \text{ mol/dm}^3$.

Polecenia:

- a. (2 pkt.) Oblicz stężenie jonów wodorowych oraz kwasu węglowego w wodzie opadowej.
- b. (4 pkt.) Napisz równanie na stałą równowagi, K_{CaCO_3} , sumarycznej reakcji (7) rozpuszczania CaCO_3 w wodzie zawierającej H_2CO_3 i wyprowadź zależność stałej K_{CaCO_3} od stałych równowagi odpowiednich reakcji cząstkowych. Oblicz wartość tej stałej.
- c. (4 pkt.) Napisz równanie na stałą równowagi, K_{MgCO_3} , sumarycznej reakcji (8) rozpuszczania MgCO_3 w wodzie zawierającej H_2CO_3 i wyprowadź zależność stałej K_{MgCO_3} od stałych równowagi odpowiednich reakcji cząstkowych. Oblicz wartość tej stałej.
- d. (2 pkt.) Napisz równanie na stałą równowagi, K_1 , sumarycznej reakcji (1) rozpuszczania dolomitu w wodzie zawierającej H_2CO_3 i wyprowadź zależność stałej K_1 od stałych równowagi odpowiednich reakcji cząstkowych. Oblicz wartość tej stałej.
- e. (5 pkt.) Wyprowadź wzór określający stosunek stężeń jonów $[\text{Mg}^{2+}]/[\text{Ca}^{2+}]$, oblicz ten stosunek. Oblicz stężenia molowe jonów wapnia i magnezu oraz rozpuszczalność CaCO_3 i MgCO_3 w g/m^3 wody zawierającej CO_2 . (***Uwaga:*** Dla uproszczenia obliczeń przyjmij, że stężenie kwasu węglowego jest stałe i równe wartości obliczonej w poleceniu a. oraz, że stężenie jonów HCO_3^- jest (zgodnie ze stechiometrią reakcji) dwukrotnie większe niż sumaryczne stężenie jonów wapnia i magnezu.)
- f. (1 pkt.) Oblicz ile CaCO_3 i ile MgCO_3 rozpuści się w wodzie w opisanych w zadaniu warunkach w ciągu 1 roku.

g. (1 pkt.) Oblicz ile trzeba lat, żeby opisany staw pogłębił się średnio o 1 cm, wiedząc, że gęstość skały zbudowanej z dolomitu to $\rho = 2,8 \text{ g/cm}^3$. (**Uwaga:** należy przyjąć, że gęstość CaCO_3 i MgCO_3 jest taka sama jak gęstość dolomitu).

h. (1 pkt.) Wiedząc, że iloczyn rozpuszczalności $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ w czystej wodzie (o $\text{pH}=7$) w temperaturze 10°C wynosi $K_{\text{so}} \approx 2 \cdot 10^{-17}$, oblicz ile trzeba lat, żeby osiągnąć ten sam efekt co w poleceniu **g**.

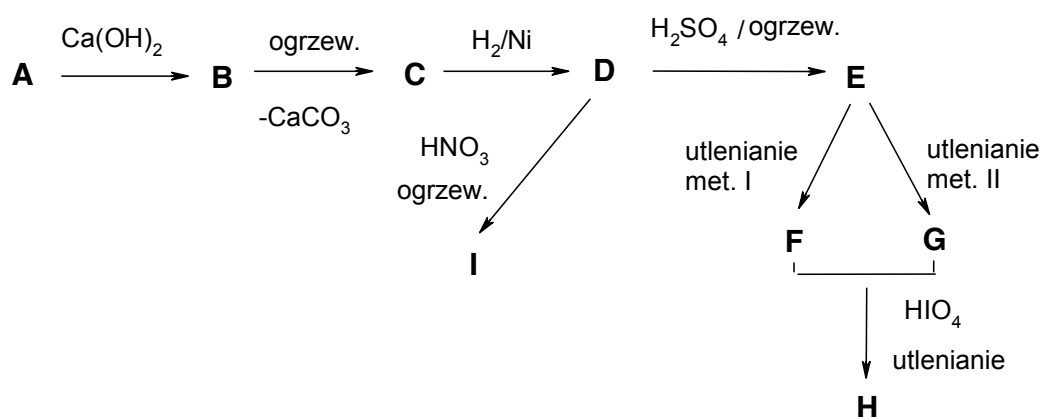
W obliczeniach przyjmij następujące wartości mas molowych:

C – 12,01 g/mol, Ca – 40,08 g/mol, Mg – 24,31 g/mol, O – 16,00 g/mol.

ZADANIE 4

Synteza organiczna

Związek **A** poddano reakcji z $\text{Ca}(\text{OH})_2$ i otrzymano jonowy związek **B**, który w wyniku ogrzewania w temperaturze 300°C , z wydzieleniem CaCO_3 , przekształcił się w związek **C**. W wyniku reakcji związku **C** z wodorem w obecności niklu powstał związek **D**, który następnie ogrzewano ze stężonym H_2SO_4 i otrzymano związek **E**. Związek **E** utleniano dwiema metodami. W wyniku utleniania związku **E** metodą **I** powstał związek **F** a metodą **II** związek **G**. Związki **F** i **G** mają taką samą masę cząsteczkową (niższą niż 150 u), ale różnią się temperaturami topnienia. Związek **H** można otrzymać w reakcji zarówno związku **F** jak i związku **G** z HIO_4 , przy czym następuje rozerwanie wiązania C-C między tymi atomami węgla, przy których znajdują się grupy funkcyjne. Dodanie związku **H** do świeżo wytrąconego $\text{Cu}(\text{OH})_2$ i ogrzanie powoduje powstanie czerwonego osadu.



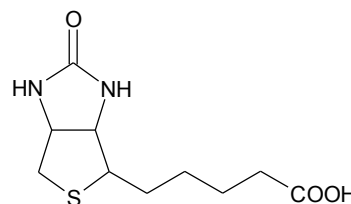
Informacje potrzebne do rozwiązania zadania:

- w wyniku spalania 4,1 g związku **E** otrzymano 13,2 g CO_2 oraz 4,5 g H_2O ;
- masa cząsteczkowa związków **F** i **G** różni się o 34 u od masy związku **E**;
- w reakcji utleniania związku **D** z HNO_3 w 80°C powstaje związek **I** o nierozgałęzionym łańcuchu, który dodany do roztworu NaHCO_3 powoduje wydzielanie się pęcherzyków gazu;
- związek **A** nie odbarwia wody bromowej.

Polecenia:

- a. (5 pkt.) Podaj wzór sumaryczny związku **E** oraz obliczenia uzasadniające ten wzór.
- b. (4 pkt.) Narysuj wzory półstrukturalne lub szkieletowe związków **A**, **C**, **D**, **E**.
- c. (1 pkt.) Narysuj związek **B** z uwzględnieniem struktury jonowej.
- d. (2 pkt.) Narysuj wzory półstrukturalne lub szkieletowe związków **F** i **G**.
- (1 pkt.) Do jakiej grupy związków zaliczysz związki **F** i **G**?
- (1 pkt.) Podaj nazwę związku **F** lub **G** zgodnie z nomenklaturą IUPAC.
- e. (2 pkt.) Przedstaw wzory półstrukturalne lub szkieletowe związków **H** i **I**.
- f. (2 pkt.) Niektóre rośliny mają zdolność biosyntezy biotyny ze związku **A**.

Na rysunku przedstawiono wzór biotyny bez zaznaczonej stereochemii. W karcie odpowiedzi, na wzorze biotyny zaznacz: (obwiedź kółkiem) ugrupowanie mocznikowe i postaw gwiazdki przy centrach stereogenicznych.



- g. (2 pkt.) Przedstaw wzory wybranej pary enancjomerów biotyny.

W obliczeniach przyjmij następujące wartości mas molowych:

C – 12,0 g/mol, H – 1,0 g/mol, O – 16,0 g/mol.

ZADANIE 5

Chemiczna zgadywanka

Cztery związki chemiczne zdradzają swoje sekrety. Czy potrafisz odgadnąć ich strukturę?

Związek A: Zawieram 58,8% masowych węgla, 27,4% azotu oraz wodór. Powstaję w gnijącym mięsie w wyniku dekarboksylacji jednego z aminokwasów białkowych i jestem odpowiedzialna za jego nieprzyjemny zapach. Masa molowa tego aminokwasu jest o 43,1%_{mas.} większa od mojej. W wyniku reakcji z bezwodnikiem octowym moja masa molowa zwiększa się o 82,3%_{mas.} i tracę swój zapach.

Związek B: Jestem trójpodstawioną pochodną benzenu złożoną tylko z węgla wodoru i tlenu. Gdy rozważyć względne ułożenie moich podstawników parami, to jedna para znajduje się we względnym ułożeniu *orto*, druga w *para*, a trzecia w *meta*. Moja masa molowa wynosi 152,15 g/mol. Na skalę przemysłową otrzymuje się mnie z gwajakolu (2-metoksyfenolu). Wykazuję pozytywny wynik w próbie lustra srebrowego (inaczej próbie Tollensa, czyli reakcji z Ag₂O). Gdyby w mojej strukturze zamienić miejscami dwa podstawniki znajdujące się we względnym ułożeniu *orto*, to powstałby związek zawierający podstawnik w pozycji *para* do grupy metoksyłowej (-OCH₃). Ze względu na mój przyjemny zapach jestem często dodawana do deserów i ciast.

Związek C: Jestem cząsteczką kwasu organicznego, choć nie mam grupy karboksylowej. Zawieram 31,5% masowych węgla, 1,3% wodoru, 18,3% azotu oraz 7 atomów tlenu. Wybucham po podgrzaniu do temperatury powyżej 300 °C. Otrzymuje się mnie z wykorzystaniem mieszaniny nitrującej. W mej strukturze żadne dwa takie same podstawniki nie są przyłączone do sąsiadujących atomów węgla.

Związek D: Jestem węglowodorem. Pachnę ziołami i dlatego jestem wykorzystywany w przemyśle perfumeryjnym. Moja masa molowa zawiera się pomiędzy 135 a 143 g/mol i mam parzystą liczbę atomów węgla. Reaguje z wodą bromową zwiększając swoją masę ponad 4 razy. W wyniku całkowitego uwodnienia tworzę mieszaninę izomerycznych alkoholi. W wyniku energicznego utleniania tworzę mieszaninę kwasu mrówkowego, acetonu (dimetyloketonu) i kwasu 2-oksoglutarynowego ($\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{C(O)COOH}$). Zdradzę również, że najbardziej podstawione wiązane podwójne w mojej strukturze jest oddzielone od najmniej podstawionego wiązania podwójnego czterema wiązaniami pojedynczymi oraz że nie posiadam izomerów geometrycznych.

Polecenia:

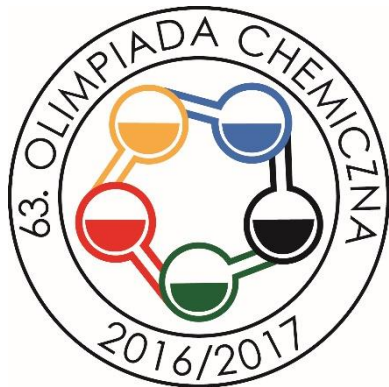
- a.* (2 pkt.) Podaj wzór sumaryczny związku **A**. Uzasadnij odpowiednimi obliczeniami.
- b.* (2 pkt.) Narysuj wzór strukturalny związku **A**.
- c.* (2 pkt.) Napisz równanie reakcji związku **A** z bezwodnikiem octowym.
- d.* (2 pkt.) Narysuj wzór strukturalny związku **B**.
- e.* (2 pkt.) Narysuj cztery możliwe regioizomery (izomery położenia podstawnika) związku **B** posiadające ten sam względny układ podstawników.
- f.* (1 pkt.) Napisz równanie reakcji związku **B** z Ag_2O .
- g.* (2 pkt.) Podaj wzór sumaryczny związku **C**. Uzasadnij odpowiednimi obliczeniami.
- h.* (2 pkt.) Narysuj wzór strukturalny związku **C**.
- i.* (2 pkt.) Podaj wzór sumaryczny związku **D**.
- j.* (2 pkt.) Narysuj wzór strukturalny związku **D**.
- k.* (1 pkt.) Napisz równanie reakcji związku **D** z wodą bromową.

W obliczeniach przyjmij następujące wartości mas molowych:

C – 12,01 g/mol, H – 1,01 g/mol, N – 14,01 g/mol, O – 16,00 g/mol

PUNKTACJA: wszystkie zadania po 20 pkt., łącznie 100 pkt.

CZAS TRWANIA ZAWODÓW: 300 minut



ETAP I

26.11.2016

Rozwiązania zadań teoretycznych

ROZWIĄZANIE ZADANIA 1

- a. Stałą dysocjacji dla rozcieńczonych roztworów słabych elektrolitów o stopniach dysocjacji α można opisać za pomocą wyrażenia (uproszczone prawo rozcieńczeń Ostwalda):

$$K = \alpha^2 \cdot c$$

Po przekształceniu otrzymujemy inną postać tego wyrażenia:

$$\frac{1}{\alpha^2} = \frac{c}{K}$$

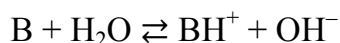
Zastosowanie przybliżenia jest uzasadnione, gdy $\alpha \leq 0,05$, czyli gdy $\frac{1}{\alpha^2} \geq 400$, stąd:

$$\frac{1}{\alpha^2} \geq 400 \Leftrightarrow \frac{c}{K} \geq 400$$

- b. Dysocjację kwasu BH^+ w wodzie przedstawia równanie:



Analogicznie, dysocjację sprzężonej do niego zasady B przedstawia równanie:



Obie reakcje opisywane są stałymi dysocjacji, odpowiednio kwasowej oraz zasadowej:

$$K_a = \frac{[B][H^+]}{[BH^+]}$$

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

Następnie należy pomnożyć oba wyrażenia:

$$K_a K_b = \frac{[B][H^+]}{[BH^+]} \cdot \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = [H^+][OH^-]$$

Wiedząc, iż iloczyn jonowy wody wynosi $1,00 \cdot 10^{-14}$ (w temperaturze pokojowej), tyle samo wynosi też iloczyn stałych dysocjacji sprzężonych kwasu i zasady.

- c. Liczbę moli amoniaku można obliczyć, wiedząc że objętość molowa gazów doskonałych w warunkach normalnych wynosi $22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$:

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{V}{V_{\text{mol}}} = \frac{7,55 \cdot 10^{-5}}{22,4} = 3,37 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

Następnie stężenie molowe obliczamy ze wzoru:

$$c_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V_{\text{r-r}}} = \frac{3,37 \cdot 10^{-6}}{0,25} = 1,35 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Dysocjacja amoniaku jest opisywana stałą dysocjacji zasadowej, której wartość wynosi $K_b = 10^{-4,75}$. Zastosowanie przybliżenia jest możliwe, gdy spełniony jest warunek $\frac{c}{K} \geq 400$. W przypadku badanego roztworu amoniaku warunek ten nie jest spełniony:

$$\frac{c}{K_b} = \frac{1,35 \cdot 10^{-5}}{10^{-4,75}} \approx 0,76$$

W celu obliczenia pH należy rozwiązać równanie kwadratowe:

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c - [\text{OH}^-]}$$

$$[\text{OH}^-]^2 + K_b[\text{OH}^-] - K_b c = 0$$

Otrzymujemy dwa rozwiązania: $[\text{OH}^-]_1 = 8,97 \cdot 10^{-6}$ oraz $[\text{OH}^-]_2 = -2,68 \cdot 10^{-5}$. Drugie rozwiązanie odrzucamy ze względu na brak sensu fizycznego.

Wiedząc, iż $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-14}$, obliczamy:

$$[\text{H}^+] = \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = 1,11 \cdot 10^{-9} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$\text{pH}_{\text{NH}_3} = -\log[\text{H}^+] = 8,95$$

- d. Aby obliczyć $\text{p}K_b$ pozostałych amin, należy skorzystać z danych parametrów roztworów.

Liczba moli metyloaminy i dimetyloaminy w ich odpowiednich roztworach była taka sama i wynosiła 0,0513. Tym samym ich stężenia były równe i wynosiły:

$$c_{\text{CH}_3\text{NH}_2} = c_{(\text{CH}_3)_2\text{NH}} = \frac{0,0513}{0,25} = 0,205 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}.$$

Z podanych wartości pH roztworów amin można wyznaczyć stężenie jonów wodorotlenowych w poszczególnych roztworach:

$$[\text{OH}^-]_{\text{CH}_3\text{NH}_2} = 10^{-2,02} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}, \quad [\text{OH}^-]_{(\text{CH}_3)_2\text{NH}} = 10^{-1,99} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Korzystając z równania $K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c - [\text{OH}^-]}$, obliczamy odpowiednie stałe dysocjacji zasadowej metyloaminy i dimetyloaminy:

$$K_{b \text{ CH}_3\text{NH}_2} = 4,67 \cdot 10^{-4}, \quad pK_{b \text{ CH}_3\text{NH}_2} = 3,33$$

$$K_{b (\text{CH}_3)_2\text{NH}} = 5,38 \cdot 10^{-4}, \quad pK_{b (\text{CH}_3)_2\text{NH}} = 3,27$$

Masa molowa pirolidyny wynosi 71,14 g/mol. Obliczamy liczbę moli pirolidyny, a następnie jej stężenie:

$$n_{\text{pirolidyny}} = \frac{19,2}{71,14} = 0,270 \text{ mola}, \quad c_{\text{pirolidyny}} = \frac{0,270}{0,25} = 1,08 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Stopień dysocjacji tego roztworu wynosi $\alpha = 0,0407$, więc możliwe jest skorzystanie z przybliżonego prawa rozcieńczeń Ostwalda, niemniej jednak po zastosowaniu prawa rozszerzonego uzyskany wynik jest dokładniejszy:

$$K_{b \text{ pirolidyna}} = \frac{\alpha^2 \cdot c_{\text{pirolidyna}}}{1 - \alpha} = 1,86 \cdot 10^{-3}, \quad pK_{b \text{ pirolidyna}} = 2,73$$

Wyniki otrzymane z równania przybliżonego:

$$K_{b \text{ pirolidyna}} \approx \alpha^2 \cdot c_{\text{pirolidyna}} = 1,79 \cdot 10^{-3}, \quad pK_{b \text{ pirolidyna}} = 2,75$$

W przypadku aniliny należy mieć na uwadze, że rozpatrujemy dysocjację kwasową kationu aniliniowego. Sposób postępowania jest analogiczny, jak w przypadku metyloaminy i dimetyloaminy, jednak korzystamy z równania $K_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]}$, a z otrzymanej stałej dysocjacji kwasowej kationu aniliniowego należy obliczyć stałą dysocjacji zasadowej sprzężonej zasady – aniliny. pH roztworu przeliczamy na stężenie kationów wodorowych:

$$[\text{H}^+] = 3,02 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Następnie korzystając z podanego w treści zadania stężenia oraz powyższego wyrażenia, otrzymujemy:

$$K_{a \text{ kation aniliniowy}} = 2,38 \cdot 10^{-5}, \quad pK_{a \text{ kation aniliniowy}} = 4,62$$

Tym samym:

$$K_{b \text{ aniliny}} = 4,20 \cdot 10^{-10}, \quad pK_{b \text{ aniliny}} = 9,38$$

Analizowane związki uszeregowane zgodnie ze wzrostem właściwości zasadowych, w nawiasie podana jest wartość pK_b :

anilina (9,38), amoniak (4,75), metyloamina (3,33), dimetyloamina (3,27), pirolidyna (2,73)

Punktacja:

a. Za podanie uzasadnienia.	2 pkt.
b. Za podanie równań dysocjacji. Za podanie wyrażeń na stałe dysocjacji K_a i K_b . Za uzyskanie wzoru na wyrażenie $K_a \cdot K_b$.	2×0,5 pkt. = 1 pkt. 2×0,5 pkt. = 1 pkt. 1 pkt.
c. Za obliczenie stężenia amoniaku. Za rozwiązanie równania kwadratowego i podanie $[OH^-]$. Za obliczenie pH.	2 pkt. 2 pkt. 1 pkt.
d. Za obliczenie pK_b metylo- i dimetyloaminy oraz pirolidyny. Za obliczenie pK_b aniliny. Za obliczenie pK_b amoniaku. Za podanie prawidłowej kolejności.	3×2 pkt. = 6 pkt. 3 pkt. 0,5 pkt. 0,5 pkt.
RAZEM	20 pkt.

ROZWIĄZANIE ZADANIA 2

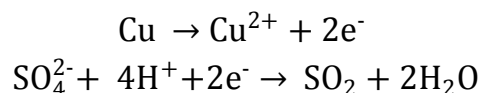
a. W treści zadania występują następujące substancje chemiczne:

A	Cu	miedź
B	Zn	cynk
C	H ₂ SO ₄	kwask siarkowy(VI)
D	SO ₂	tlenek siarki(IV)
E	H ₂	wodór
F	ZnS	siarczek cynku
G	ZnO	tlenek cynku

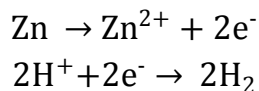
Tok rozumowania: Informacje o tym, że metal **A** ma czerwona barwę i o tym, że jego kationy tworzą z nadmiarem amoniaku granatowy kation kompleksowy pozwalają stwierdzić, że metalem **A** jest miedź. Metale, które sąsiadują z miedzią w układzie okresowym pierwiastków, to nikiel, srebro i cynk. Tylko wodorotlenek cynku jest biały i rozтворя się w nadmiarze NaOH, dlatego metalem **B** jest cynk. Miedź rozтворя się tylko w tzw. kwasach utleniających (HNO₃, H₂SO₄), dlatego gazem **D** nie jest wodór, lecz NO, NO₂ lub SO₂. Cynk rozтворя się w rozcieńczonych kwasach z utworzeniem wodoru (gaz **E**). Ponieważ gaz **D** reaguje z parami metalu **B** i w wyniku tej reakcji powstają izostrukturalne związki krystaliczne **F** i **G** (związki o takiej samej strukturze krystalicznej), muszą mieć one jednakową stechiometrię. Pozwala to przypuszczać, że są to siarczek cynku i tlenek cynku, kwas **C** jest kwasem siarkowym(VI), a gaz **D** tlenkiem siarki(IV). Stosunek mas molowych związków **F** i **G** potwierdza te przypuszczenia:

$$\frac{M_F}{M_G} = \frac{M_{ZnS}}{M_{ZnO}} = \frac{65,38 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 32,07 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{65,38 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{97,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{81,38 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,20$$

b. Równania połówkowe (jonowo-elektronowe) reakcji miedzi z kwasem siarkowym(VI) to:



zaś reakcje połówkowe roztwarzania cynku w H_2SO_4 są następujące:



W pierwszej reakcji utleniaczem są jony siarczanowe(VI) a reduktorem miedź, natomiast w drugiej reakcji utleniaczem są kationy oksoniowe (wodorowe), a reduktorem cynk.

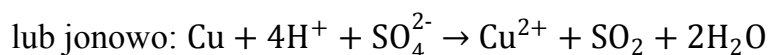
Różnice w przebiegu reakcji miedzi i cynku z kwasem siarkowym(VI) wynikają z tego, że potencjał standardowy elektrody cynkowej jest niższy, a potencjał standardowy elektrody miedzianej wyższy niż potencjał standardowy elektrody wodorowej. Dlatego kationy oksoniowe utleniają metaliczny cynk z wydzielaniem wodoru, a miedzi nie mogą utleniać.

Dodatkowy komentarz:

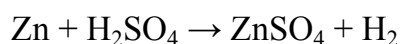
Różnice w przebiegu reakcji miedzi i cynku z kwasem siarkowym(VI) biorą się z różnic w wartościach standardowego potencjału elektrod metalicznych. Potencjał elektrody cynkowej ($E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0,76 \text{ V}$) jest ujemny i niższy niż potencjał elektrody wodorowej ($E_{2\text{H}^+/\text{H}_2}^0 = 0 \text{ V}$). Dlatego cynk jest utleniany przez jony H^+ (H_3O^+) pochodzące z dysocjacji kwasu siarkowego(VI) z wydzielaniem gazowego wodoru i powstaniem jonów cynku(II). Z kolei miedź jest metalem szlachetnym i potencjał elektrody miedzianej ($E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0,34 \text{ V}$) jest dodatni. Z tego powodu miedź nie może być utleniona przez jony H_3O^+ . Kwas siarkowy(VI) dysocjuje z wytworzeniem jonów siarczanowych(VI), które wykazują właściwości utleniające ($E_{\text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+/\text{SO}_2, \text{H}_2\text{O}}^0 = +0,17 \text{ V}$).

Wraz ze wzrostem stężenia jonów oksoniowych potencjał elektrody redoks $\text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+ | \text{SO}_2, \text{H}_2\text{O}$ rośnie i zwiększają się właściwości utleniające jonów siarczanowych(VI). Stąd w środowisku stężonego kwasu siarkowego(VI) aniony siarczanowe(VI) mogą utleniać metaliczną miedź z wytworzeniem kationów Cu^{2+} i gazowego tlenku siarki(IV).

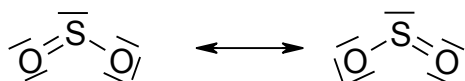
c. Reakcja między miedzią i stężonym kwasem siarkowym(VI) przebiega według równania:



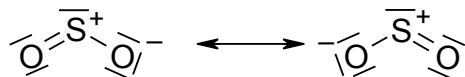
natomiast cynk reaguje z kwasem siarkowy(VI) z wydzielaniem wodoru:



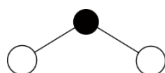
- d. Wzór elektronowy Lewisa tlenku siarki(IV) należy zapisać w postaci dwóch form rezonansowych analogicznie do wzoru elektronowego cząsteczki ozonu:



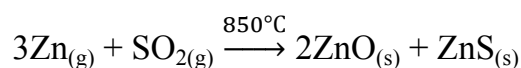
lub z ładunkami formalnymi:



Wokół siarki występują dwa wiązania z ligandami tlenkowymi o jednakowej długości oraz wolna para elektronowa powodująca, że cząsteczka tlenku siarki(IV) ma budowę kątową:



- e. Pary cynku reagują z tlenkiem siarki(IV) według następującej reakcji:



Utleniaczem jest w tej reakcji tlenek siarki(IV) ulegający redukcji do anionów siarczkowych, zaś reduktorem cynk utleniany do kationów Zn^{2+} .

- f. Stopem **X** jest mosiądz.

Punktacja:

a. Za podanie poprawnych wzorów substancji A-G . Za podanie poprawnych nazw systematycznych substancji A-G .	7×0,5 pkt. = 3,5 pkt. 7×0,5 pkt. = 3,5 pkt.
b. Za podanie 4 poprawnych równań połówkowych <i>redoks</i> . Za poprawne wskazanie utleniaczy i reduktorów w 2 reakcjach. Za wyjaśnienie przyczyn różnic w przebiegu reakcji miedzi i cynku z kwasem siarkowym(VI).	4×0,5 pkt. = 2 pkt. 4×0,25 pkt. = 1 pkt. 1 pkt.
c. Za podanie reakcji Cu z H_2SO_4 z uzgodnionymi współczynnikami stechiometrycznymi (cząsteczkowo lub jonowo). Za podanie reakcji Zn z H_2SO_4 z uzgodnionymi współczynnikami stechiometrycznymi (cząsteczkowo lub jonowo).	2 pkt. 1 pkt.
d. Za podanie wzoru elektronowego SO_2 (za jedną strukturę rezonansową 1 pkt.). Za narysowanie poprawnej budowy przestrzennej cząsteczki SO_2 .	2 pkt. 1 pkt.
e. Za podanie reakcji par cynku z tlenkiem siarki(IV). Za poprawne wskazanie utleniacza i reduktora.	1 pkt. 2×0,5 pkt. = 1 pkt.
f. Za podanie poprawnej nazwy stopu.	1 pkt.
RAZEM	20 pkt.

ROZWIĄZANIE ZADANIA 3

a. Stała równowagi K_2 wynikająca z równania reakcji (2) jest równa:

$$K_2 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = 3,30 \cdot 10^{-7} \quad (9)$$

Z definicji pH wiemy, że $pH = -\log[H^+]$, a zatem stężenie jonów wodorowych wynosi:

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-5,7} = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 \quad (10)$$

Stężenie kwasu węglowego wyznaczamy z równania (9) wiedząc z reakcji (2), że

$$[H^+] = [HCO_3^-] :$$

$$[H_2CO_3] = \frac{[H^+]^2}{K_2} = 1,21 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 \quad (11)$$

b. Stała równowagi K_{CaCO_3} wynikająca z równania reakcji (7) jest równa:

$$K_{CaCO_3} = \frac{[Ca^{2+}][HCO_3^-]^2}{[H_2CO_3]} \quad (12)$$

Łatwo zauważyć, że reakcja (7) jest sumą reakcji: (2)+(3)+(5)–(4), a zatem stała równowagi

$$K_{CaCO_3} = \frac{K_2 \cdot K_b \cdot K_{sCa}}{K_w} = 7,20 \cdot 10^{-5} \quad (13)$$

c. Stała równowagi K_{MgCO_3} wynikająca z równania reakcji (8) jest równa:

$$K_{MgCO_3} = \frac{[Mg^{2+}][HCO_3^-]^2}{[H_2CO_3]} \quad (14)$$

Łatwo zauważyć, że reakcja (8) jest sumą reakcji: (2)+(3)+(6)–(4), a zatem stała równowagi

$$K_{MgCO_3} = \frac{K_2 \cdot K_b \cdot K_{sMg}}{K_w} = 5,30 \cdot 10^{-4} \quad (15)$$

d. Stała równowagi K_1 wynikająca z równania reakcji (1) jest równa:

$$K_1 = \frac{[Ca^{2+}][Mg^{2+}][HCO_3^-]^4}{[H_2CO_3]^2} \quad (16)$$

Jest oczywiste, że reakcja (1) jest sumą reakcji (7) i (8), a stała równowagi $K_1 = K_{CaCO_3} \cdot K_{MgCO_3}$ wynosi $K_1 = 3,80 \cdot 10^{-8}$.

e. Stężenie jonów $[Ca^{2+}]$ wyznaczmy z równania (12), a jonów $[Mg^{2+}]$ z równania (14). Obliczając stosunek $[Mg^{2+}]/[Ca^{2+}] = r$ otrzymujemy:

$$r = [Mg^{2+}]/[Ca^{2+}] = K_{MgCO_3}/K_{CaCO_3} = 7,36 \quad (17)$$

Ze stechiometrii reakcji (7) i (8) wynika, że stężenie $[HCO_3^-]$ musi być dwukrotnie większe od sumy stężeń $[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$. Jeśli oznaczymy $[Ca^{2+}]$ jako x to możemy zapisać, że stężenie

$$[HCO_3^-] = 2 \cdot ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) = 2(x + x \cdot r) = 2x \cdot (1 + r) = 16,8x \quad (18)$$

Wstawiając wszystkie obliczone stężenia do równania (16) otrzymujemy równanie:

$$\frac{x \cdot 7,36x \cdot (16,8x)^4}{(1,21 \cdot 10^{-5})^2} = 3,80 \cdot 10^{-8} \quad (19)$$

$$x^6 = 9,67 \cdot 10^{-24} \quad \text{i stąd} \quad [Ca^{2+}] = 1,46 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

Wykorzystując obliczony stosunek $[\text{Mg}^{2+}]/[\text{Ca}^{2+}] = 7,36$

otrzymujemy $[\text{Mg}^{2+}] = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$. (Dla sprawdzenia poprawności obliczeń możemy obliczyć też stężenie jonów $[\text{HCO}_3^-] = 2,44 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ i po wstawieniu wszystkich stężeń do wzoru na stałą równowagi K_1 otrzymujemy właściwą wartość $3,80 \cdot 10^{-8}$)

Wiedząc, że $M_{\text{CaCO}_3} = 100,09 \text{ g/mol}$, obliczamy rozpuszczalność CaCO_3 w zakwaszonej przez CO_2 wodzie, która wynosi $0,0146 \text{ g/dm}^3$ czyli $14,6 \text{ g/m}^3$.

Podobnie wykorzystując stężenie $[\text{Mg}^{2+}] = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ i wiedząc, że $M_{\text{MgCO}_3} = 84,32 \text{ g/mol}$ obliczamy rozpuszczalność MgCO_3 w zakwaszonej przez CO_2 wodzie, która wynosi $0,0902 \text{ g/dm}^3$ czyli $90,2 \text{ g/m}^3$.

- f. Jeśli objętość stawu równa 150 m^3 wymienia się 5 razy w ciągu roku to znaczy, że objętość wody rozpuszczającej skałę wynosi $750 \text{ m}^3/\text{rok}$, a zatem ta objętość wody rozpuszcza

$$14,6 \text{ g/m}^3 \cdot 750 \text{ m}^3/\text{rok} = 10,95 \text{ kg/rok CaCO}_3$$

i $90,2 \text{ g/m}^3 \cdot 750 \text{ m}^3/\text{rok} = 67,65 \text{ kg/rok MgCO}_3$.

Łącznie w ciągu roku rozpuszczone zostaje $78,6 \text{ kg}$ masy skalnej.

- g. Znając gęstość dolomitu obliczamy objętość rozpuszczonej skały:

$$V = m/\rho = 78,6 \text{ kg/rok} / 2800 \text{ kg/m}^3 = 0,0281 \text{ m}^3/\text{rok}.$$

Ta objętość rozłożona na powierzchnię dna stawu równą 750 m^2 daje grubość rozpuszczonej warstwy $h = 0,0281 \text{ m}^3/\text{rok} / 750 \text{ m}^2 = 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ cm/rok}$.

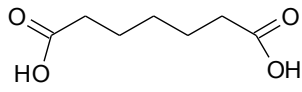
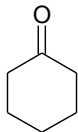
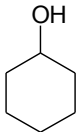
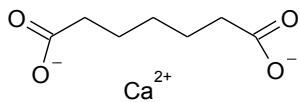
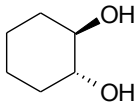
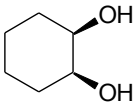
To oznacza, że na rozpuszczenie warstwy 1 cm potrzeba ok. 270 lat .

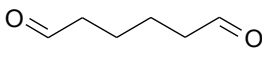
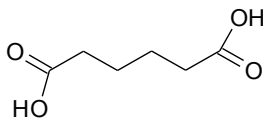
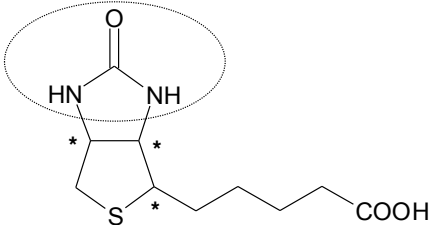
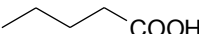
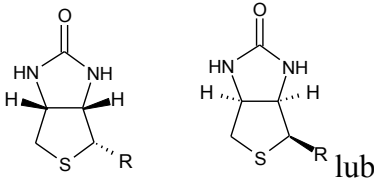
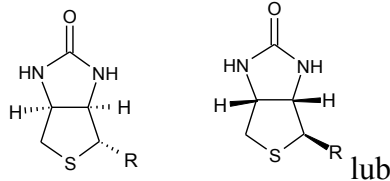
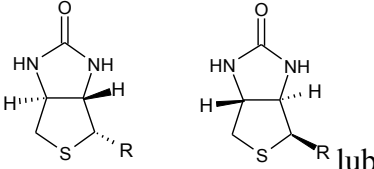
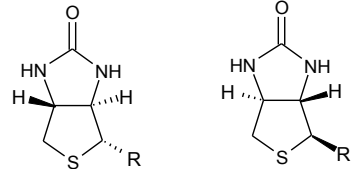
- h. Iloczyn rozpuszczalności dolomitu w czystej wodzie wynosi $K_{\text{so}} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2+}]^2 = 2 \cdot 10^{-17}$. Jeśli oznaczymy stężenie jonów wapnia jako z , to pamiętając o stechiometrii reakcji (1) otrzymamy: $4z^4 = 2 \cdot 10^{-17}$, a stąd $z = 4,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$. Rozpuszczeniu ulegnie ta sama liczba moli dolomitu o masie cząsteczkowej $184,41 \text{ g/mol}$, czyli $8,7 \cdot 10^{-3} \text{ g/dm}^3$ lub $8,7 \text{ g/m}^3$. To stężenie pomnożone przez roczny przepływ wody daje $6,5 \text{ kg/rok}$ rozpuszczonego dolomitu. Jest to ilość $78,6/6,5 \approx 12$ -krotnie mniejsza, a więc czas potrzebny na osiągnięcie takiego samego efektu rozpuszczania skał dolomitowych jest w przypadku czystej wody około 12 razy dłuższy niż w przypadku wody zawierającej atmosferyczny dwutlenek węgla. Rozpuszczenie warstwy 1 cm dolomitu za pomocą czystej wody bez CO_2 wymagałoby ok. 3240 lat .

Punktacja:

a. Za poprawnie obliczone stężenie jonów wodorowych. Za poprawnie obliczone stężenie kwasu węglowego.	1 pkt. 1 pkt.
b. Za podanie wzoru (12). Za podanie wzoru (13). Za poprawne obliczenie wartości stałej równowagi K_{CaCO_3} .	1 pkt. 2 pkt. 1 pkt.
c. Za podanie wzoru (14). Za podanie wzoru (15). Za poprawne obliczenie wartości stałej równowagi K_{MgCO_3} .	1 pkt. 2 pkt. 1 pkt.
d. Za podanie wzoru (16). Za poprawne obliczenie wartości stałej równowagi K_1 .	1 pkt. 1 pkt.
e. Za podanie wzoru (17) i obliczenie wartości $[\text{Mg}^{2+}]/[\text{Ca}^{2+}]$. Za wyprowadzenie i poprawne rozwiązanie równania (18). Za poprawne obliczenie wartości rozpuszczalności CaCO_3 . Za poprawne obliczenie wartości rozpuszczalności MgCO_3 .	1 pkt. 2 pkt. 1 pkt. 1 pkt.
f. Za obliczenie masy rozpuszczonej skały.	1 pkt.
g. Za poprawne obliczenie czasu potrzebnego na rozpuszczenie warstwy 1 cm.	1 pkt.
h. Za obliczenie rozpuszczalności dolomitu w czystej wodzie i podanie czasu osiągnięcia podobnego efektu jak w poleceniu g .	1 pkt.
RAZEM	20 pkt.

ROZWIĄZANIE ZADANIA 4

a.	Obliczenie zawartości węgla $12,0 \text{ g} \times 13,2 \text{ g} / 44,0 \text{ g} = 3,6 \text{ g}$; Obliczenie zawartości wodoru w próbce $2,0 \text{ g} \times 4,5 \text{ g} / 18,0 \text{ g} = 0,5 \text{ g}$. Związek E zawiera tylko węgiel i wodór, ponieważ $3,6 \text{ g} + 0,5 \text{ g} = 4,1 \text{ g}$. Stosunek C:H w tym związku wynosi 0,3:0,5 czyli 3:5 lub wielokrotność. Warunki zadania spełnia związek o wzorze sumarycznym C_6H_{10} .			
b.	A 	C 	D 	E 
c.	B  lub inna forma zapisu struktury jonowego związku B			
d.	F 	G 	Grupę związków, do której należą związki F i G można nazwać alkoholami wielowodorotlenowymi, alkoholami polihydroksylowymi, diolami, a czasem glikolami.	
	Zawodnicy w dowolny sposób przypisują symbole F i G izomerom cis- i trans-			

	Nazwy systematyczne związków F i G przedstawionych w punkcie <i>d</i> : F <i>trans</i> -cykloheksano-1,2-diol lub <i>trans</i> -1,2-dihydroksycykloheksan, G <i>cis</i> -cykloheksano-1,2-diol lub <i>cis</i> -1,2-dihydroksycykloheksan. W rozwiązaniu należy podać jedną z tych nazw, odpowiednio dla związku F lub G przedstawionego przez zawodnika w punkcie <i>d</i> .	
<i>e.</i>	H 	I 
<i>f.</i>		
<i>g.</i>	W odpowiedzi należy zamieścić wzory wybranej pary enancjomerów: R = 	
		
		

Punktacja:

<i>a.</i> Za obliczenia. Za podanie wzoru sumarycznego.	3 pkt. 2 pkt.
<i>b.</i> Za podanie wzorów półstrukturalnych lub szkieletowych związków A , C , D i E .	4×1 pkt. = 4 pkt.
<i>c.</i> Za narysowanie związku B z uwzględnieniem struktury jonowej.	2×0,5 pkt. = 1 pkt.
<i>d.</i> Za podanie wzorów półstrukturalnych lub szkieletowych związków F i G . Za podanie prawidłowej nazwy grupy związków. Za podanie nazwy związku F lub G .	2×1 pkt. = 2 pkt. 1 pkt. 1 pkt.
<i>e.</i> Za podanie wzorów półstrukturalnych lub szkieletowych związków H i I .	2×1 pkt = 2 pkt.
<i>f.</i> Za zaznaczenie ugrupowania mocznikowego. Za zaznaczenie centrów stereogenicznych.	1 pkt. 1 pkt.
<i>g.</i> Za przedstawienie wybranej pary enancjomerów biotyny.	2×1 pkt = 2 pkt.
RAZEM	20 pkt.

ROZWIĄZANIE ZADANIA 5

a. Obliczamy najpierw wzór empiryczny związku A:

$$58,8\%/12,01 = 4,9$$

$$27,4\%/14,01 = 2,0$$

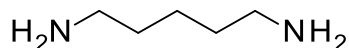
$$13,8\%/1,01 = 13,8$$

Wzór empiryczny związku A to $C_5H_{14}N_2$ ($M_E = 102,1$ g/mol)

Dekarboksylacja stanowi ubytek masy o 44,0 g/mol, co stanowi 43,1% masy związku A.

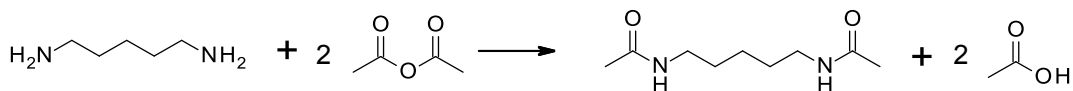
Masa molowa związku A wynosi zatem $44,0 \times 100 / 43,1\% = 102,1$ g/mol, a wzór sumaryczny jest taki sam jak wzór empiryczny, czyli $C_5H_{14}N_2$.

b. Jedynym aminokwasem zawierającym pięć atomów węgla i dwa atomy azotu jest lizyna, tak więc związek A musi być liniową diaminą.

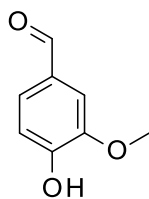


Związek A to kadaweryna.

c.

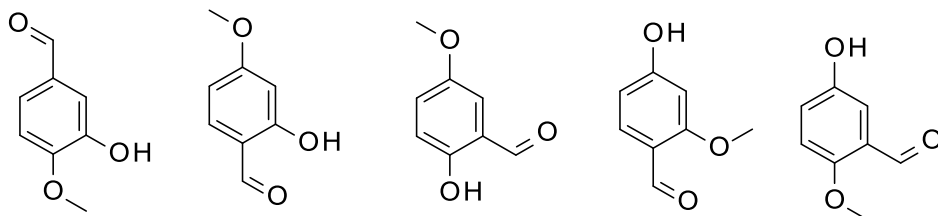


d. Związek B

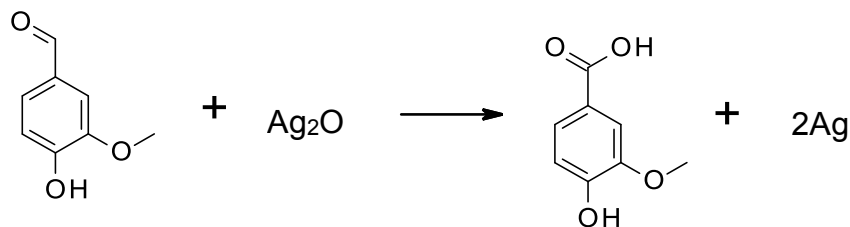


Wanilina

e. Dowolne cztery spośród 5 możliwych



f.



g. Siedem atomów tlenu stanowi 48,9%_{mas.} związku C. Masa molowa związku C wynosi zatem:

$$(7 \times 16,00) \times 100 / 48,9\% = 229,0 \text{ g/mol. Stąd:}$$

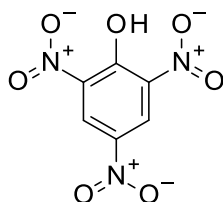
$$\text{Liczba atomów C: } 229,0 \times 31,5\% / 12,01 = 6$$

$$\text{Liczba atomów H: } 229,0 \times 1,35\% / 1,01 = 3$$

$$\text{Liczba atomów N: } 229,0 \times 18,3\% / 14,01 = 3$$

Wzór sumaryczny związku C: $C_6H_3N_3O_7$

h.



i. Wzory sumaryczne spełniające warunki zadania to:

$C_{10}H_{22}$ – związek nasycony, nie reaguje z Br_2

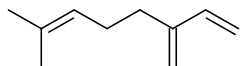
$C_{10}H_{20}$ – może reagować maksymalnie z jedną cząsteczką Br_2 ; zwiększenie masy $2,1\times$

$C_{10}H_{18}$ – może reagować maksymalnie z dwiema cząsteczkami Br_2 ; zwiększenie masy $3,3\times$

$C_{10}H_{16}$ – może reagować maksymalnie z trzema cząsteczkami Br_2 ; zwiększenie masy $4,5\times$

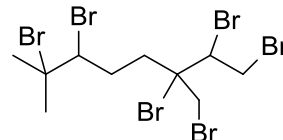
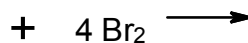
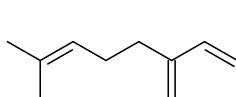
Tak więc warunki zadania spełnia jedynie cząsteczka o wzorze sumarycznym $C_{10}H_{16}$.

j.



Mircen

k.



Punktacja:

a. Za podanie wzoru sumarycznego związku A .	1 pkt.
Za uzasadnienie.	1 pkt.
b. Za narysowanie wzoru strukturalnego związku A .	2 pkt.
c. Za napisanie równania reakcji związku A z bezwodnikiem octowym.	2 pkt.
d. Za narysowanie wzoru strukturalnego związku B .	2 pkt.
e. Za narysowanie czterech regioizomerów związku B .	4×0,5 pkt. = 2 pkt.
f. Za napisanie równania reakcji związku B z Ag_2O .	1 pkt.
g. Za podanie wzoru sumarycznego związku C .	1 pkt.
Za uzasadnienie.	1 pkt.
h. Za narysowanie wzoru strukturalnego związku C .	2 pkt.
i. Za podanie wzoru sumarycznego związku D .	2 pkt.
j. Za narysowanie wzoru strukturalnego związku D .	2 pkt.
k. Za napisanie równania reakcji związku D z wodą bromową.	1 pkt.
RAZEM	20 pkt.