



Etap II

04.02.2000

Zadania teoretyczne

ZADANIE 1

Otrzymywanie i własności roztworów buforowych

Roztwory buforowe umożliwiające pracę przy stałym określonym pH są bardzo przydatne w pracy laboratoryjnej. Można je otrzymywać wykorzystując różne sposoby.

Przeprowadzając odpowiednie obliczenia zaproponuj dwa sposoby otrzymania 1 dm³ roztworu buforowego o pH = 10 i stężeniu formy kwasowej wynoszącym 0,5 mol/dm³, mając do dyspozycji następujące substancje w postaci stałej: NaHCO₃, NH₄Cl, NaOH oraz wodę. Ilości dodanych substancji (poza wodą) podaj w gramach.

Wielkością określającą zdolności buforujące jest pojemność buforowa, mówiąca ile moli mocnej zasady lub mocnego kwasu należy dodać, aby zmienić pH buforu o jednostkę.

1. Oblicz, ile moli NaOH należy dodać do jednego z zaproponowanych przez Ciebie buforów, aby podwyższyć pH tego buforu z 10 do 11. Ile moli HCl należy dodać, aby obniżyć pH tego samego buforu z 10 do 9? Dlaczego tak obliczone liczby moli są różne? Jakie powinny być zawartości składników buforu, aby takie same ilości kwasu i zasady powodowały zmianę pH o jednostkę (w przypadku kwasu obniżenie, a w przypadku zasady wzrost pH)?

Dla kwasu węglowego: $K_{a1} = 4 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 5 \times 10^{-11}$

Dla jonu NH₄⁺ $K_a = 1,58 \times 10^{-10}$

Masy molowe [g/mol]: H - 1, C - 12, N - 14, O - 16, Na - 23, Cl - 35,5

ZADANIE 2

Kinetyka izomeryzacji E-Z

W podwyższonej temperaturze izomery geometryczne 1,2-dichloroetenu mogą przechodzić w siebie z uchwytą szybkością. W pewnym eksperymencie kinetycznym, wychodząc od 0,1 mola izomeru *trans* zaobserwowano powstawanie izomeru *cis* zgodnie z następującą tabelą danych:

czas [min.]	$t =$	0	20	50	90	130
liczba moli izomeru <i>cis</i>	$x =$	0,0000	0,0188	0,0408	0,0615	0,0745

1. Napisz równanie badanej reakcji izomeryzacji z użyciem *strukturalnych* wzorów reagentów.
2. Określ *dowolną* metodą rząd badanej reakcji.
3. Wyznacz: (a) stałą szybkości tej reakcji (podaj jej miano!), zakładając przy zaokrągleniu ostatecznej wartości dokładność nie przekraczającą 1% oraz (b) czas połowicznej przemiany

(w zaokrągleniu do całkowitych minut) izomeru *trans* w izomer *cis* dla takiej początkowej liczby moli substratu, jaka jest podana w warunkach zadania.

4. Wyznacz czas połowicznej przemiany dla tej samej reakcji, ale dla początkowej ilości moli izomeru *trans* równej 1,5 mola. Odpowiedź uzasadnij.
5. Na podstawie wiedzy o naturze wiązań chemicznych w cząsteczkach związków organicznych wyjaśnij, dlaczego przejścia między izomerami *cis* - *trans* węglowodorów nienasyconych zachodzą znacznie wolniej (energia aktywacji wynosi ok. 250 kJ/mol) niż zmiany konformacji atomów w cząsteczkach węglowodorów nasyconych (energia aktywacji ok. 10-15 kJ/mol) ?

ZADANIE 3

Identyfikacja trzech organicznych związków siarki

Cząsteczki związków X, Y i Z zawierają po jednym atomie siarki, w każdym związku na innym, odpowiednio coraz wyższym stopniu utlenienia. Związek X składa się z węgla, wodoru i siarki, związki Y i Z również z tlenu. Zawartość w nich siarki w związkach X, Y i Z wynosi odpowiednio: 51,6 %, 41,0 % i 34,0 %. Wiadomo ponadto, że żaden z tych związków nie tworzy z wodnym roztworem NaOH soli sodowych, ani też nie ulegają one reakcji hydrolizy.

Podaj:

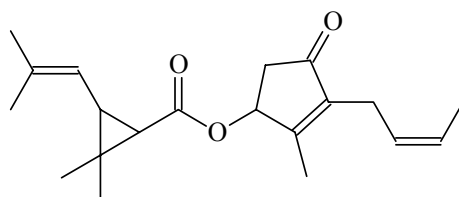
- a) masy molowe związków X, Y i Z;
- b) wzory strukturalne tych związków;
- c) wzory strukturalne trwałych izomerów tych związków, po jednym dla każdego, (odpowiednio X₁, Y₁ i Z₁), które mogą tworzyć sole sodowe z wodnym roztworem NaOH, ale nie ulegają reakcji hydrolizy;
- d) wzory strukturalne jednego trwałego izomeru związku Y (o wzorze Y₂) i jednego trwałego izomeru związku Z (o wzorze Z₂), które ulegają hydrolizie; zapisz równania reakcji hydrolizy związku Y₂ i Z₂ w środowisku zasadowym.

Masy atomowe w [g/mol]: H – 1, C – 12, O – 16, S – 32.

ZADANIE 4

Budowa Cineriny I

Cinerina I jest związkiem naturalnym wykazującym działanie owadobójcze i występuje między innymi w kwiatach chryzantemy. Hydroliza tego związku prowadzi do optycznie czynnego kwasu (+)chryzantemowego. Ozonoliza kwasu (+)chryzantemowego i następnie utlenienie produktów tej reakcji prowadzi do otrzymania acetonu i optycznie czynnego kwasu dikarboksylogowego (nazwanego kwasem karonowym). Poniżej przedstawiono wzór strukturalny (bez zaznaczenia budowy przestrzennej) cineriny I:



- a. Napisz reakcję hydrolizy cineriny I
- b. Napisz reakcję ozonolizy kwasu chryzantemowego
- c. Napisz reakcję utlenienia produktów ozonolizy
- d. Podaj możliwe struktury kwasu karonowego (określ konfiguracje absolutne asymetrycznych

atomów węgla). Jakie informacje potrzebne były do określenia struktury przestrzennej tego kwasu?

- e. Na podstawie budowy kwasu karonowego wywnioskuj jakie są możliwe struktury kwasu (+)chryzantemowego? Podaj wzory przestrzenne.

ZADANIE 5

Nawóz sztuczny

Należy otrzymać sztuczny nawóz do kwiatów, w którym stosunek wagowy pierwiastków N : P : K = 1,5 : 1 : 2, mając do dyspozycji 26,4 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (a), 10 g Na_3PO_4 (b), zawierającego 20% zanieczyszczeń i 20 g KNO_3 (c). Jaka największą ilość nawozu można otrzymać z powyższych ilości surowców?

Masy molowe [g/mol]: N - 14, O - 16, Na - 23, P - 31, K - 39

PUNKTACJA: Każde z zadań punktowane jest po **12 pkt.** Łącznie: **60 pkt**

CZAS TRWANIA ZAWODÓW: 240 minut



Etap II

04.02.2000

ROZWIĄZANIA ZADAŃ TEORETYCZNYCH

ROZWIĄZANIE ZADANIA 1

1. Wykorzystując podane odczynniki można utworzyć dwa bufony o pH = 10; jeden zawierający parę kwas/zasada $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ i drugi z parą $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$.

Wzór opisujący pH buforu jest następujący:

$\text{pH} = \text{pK}_a + \log(n_z/n_k)$, gdzie n_z i n_k to ilości moli formy zasadowej (CO_3^{2-} lub NH_3) i formy kwasowej (HCO_3^- lub NH_4^+); pK_a jest ujemną wartością logarytmu stałej dysocjacji kwasowej odpowiednio HCO_3^- (K_{a2}) i NH_4^+ .

Pierwszy sposób to rozpuszczenie NaHCO_3 , dodanie pewnej ilości NaOH w celu przeprowadzenia części jonów HCO_3^- w CO_3^{2-} i dopełnienie wodą.

Podstawiając dane do powyższego równania otrzymujemy:

$10 = 10,3 + \log(n_z/0,5)$; po podstawieniu otrzymujemy $n_z = 0,25$ mola, czyli ilości moli HCO_3^- i CO_3^{2-} wynoszą odpowiednio 0,5 mola i 0,25 mola.

Łączna ilość CO_3^{2-} i HCO_3^- to 0,25 mola + 0,5 mola = 0,75 mola. Należy więc wprowadzić 0,75 mola NaHCO_3 i dodać 0,25 mola NaOH , aby otrzymać 0,25 mola CO_3^{2-} .

Masy molowe NaHCO_3 i NaOH wynoszą odpowiednio 84 i 40 g/mol

Należy użyć: $0,75 \times 84 = 63$ g NaHCO_3 , $0,25 \times 40 = 10$ g NaOH i dopełnić roztwór wodą do objętości 1 dm³.

Drugi sposób to rozpuszczenie NH_4Cl , dodanie pewnej ilości NaOH w celu przeprowadzenia części jonów NH_4^+ w NH_3 i dopełnienie wodą.

Podstawiając dane do równania:

$$10 = 9,8 + \log(n_k/0,5)$$

otrzymujemy $n_z = 0,79$ mola,

czyli ilości moli NH_4^+ i NH_3 wynoszą odpowiednio 0,5 mola i 0,79 mola.

Łączna ilość NH_4^+ i NH_3 to $0,5 + 0,79$ mola = 1,29 mola. Należy więc wprowadzić 1,29 mola NH_4Cl i dodać 0,79 mola NaOH , aby otrzymać 0,79 mola NH_3 .

Masa molowa NH_4Cl wynosi 53,5 g/mol

Należy użyć: $1,29 \times 53,5 = 69$ g NH_4Cl , $0,79 \times 40 = 31,6$ g NaOH i dopełnić roztwór wodą do objętości 1 dm^3 .

2. Ilość moli dodanej zasady oznaczmy jako x , ilość dodanego kwasu oznaczamy jako y . Wówczas dla buforu $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ po dodaniu zasady:

$$11 = 10,3 + \log [(0,25 + x)/(0,5 - x)]$$

Po rozwiązaniu $x = 0,375$ mola

Po dodaniu kwasu: $9 = 10,3 + \log [(0,25 - y)/(0,5 + y)]$

Po rozwiązaniu $y = 0,214$ mola.

Dla buforu $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ po dodaniu zasady:

$$11 = 9,8 + \log [(0,79 + x)/(0,5 - x)]$$

Po rozwiązaniu $x = 0,424$ mola

Po dodaniu kwasu: $9 = 9,8 + \log [(0,79 - y)/(0,5 + y)]$

Po rozwiązaniu $y = 0,614$ mola.

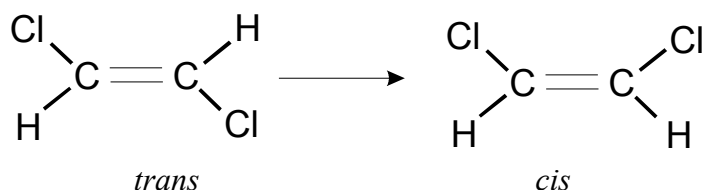
Różnica między x i y wynika z różnych ilości formy kwasowej i zasadowej buforu. Wartości x i y byłyby równe, gdyby ilości n_k i n_z też były równe. Wówczas pojemność buforowa jest największa. Dla buforu węglanowego podwyższanie pH z 10 do 11 powoduje przejście pH przez wartość 10,3, kiedy ilości formy kwasowej i zasadowej są równe i pojemność buforowa największa. Dlatego wartość x jest większa niż y . Dla buforu amonowego jest odwrotnie, obniżenie pH z 10 do 9 powoduje przejście przez wartość 9,8, kiedy ilości formy kwasowej i zasadowej są równe i pojemność buforowa największa. Z tego powodu wartość y jest większa od x .

Punktacja:

Wskazanie par kwas/zasada ($\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ i $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$) przydatnych do utworzenia buforu	1 pkt
Stwierdzenie, że bufony te można otrzymać przez reakcję części soli z NaOH	1 pkt
Obliczenie składu obu buforów	4 pkt
Obliczenie ilości kwasu potrzebnego do obniżenia pH o 1 (dla jednego z wybranych buforów)	2 pkt
Obliczenie ilości zasady potrzebnej do podwyższenia pH o 1	2 pkt
Wyjaśnienie, dlaczego dodane ilości kwasu i zasady są różne	<u>2 pkt</u>
RAZEM:	12 pkt

ROZWIĄZANIE ZADANIA 2

1.



2. Rząd reakcji ustala się, sprawdzając kolejne hipotezy. Dla reakcji rzędu pierwszego stężenie substratu powinno maleć wykładniczo z czasem:

$$c = c_0 \exp(-kt)$$

co oznacza, że wykres zależności $\ln(c) = f(t)$ powinien być linią prostą nachyleniu równym $-k$, zgodnie ze zlogarytmowaną postacią powyższego równania:

$$\ln c = \ln c_0 - kt$$

Takie podejście sugeruje sporządzenie odpowiedniego wykresu.

Można również, bez konieczności jego wykonywania, obliczyć dla każdego czasu stałą szybkości z aktualnego stosunku stężeń reagentów. Prawdziwy jest ten model kinetyczny, dla którego stała szybkości ma tę samą wartość dla każdego czasu (z uwzględnieniem ewentualnego niewielkiego błędu eksperymentalnego). Przyjmując założenie o kinetyce I rzędu obliczamy stałą szybkości z równania:

$$k = \frac{\ln[0,1 / (0,1 - x)]}{t} = - \frac{\ln(1 - 10x)}{t}$$

Dla kolejnych pomiarów otrzymujemy następujące wartości k : 0,0104, 0,0105, 0,0106, 0,0105 min^{-1} , a więc bardzo zbliżone (niewielki rozrzut wynika ze skończonej dokładności pomiarów). Reakcja może być więc opisana kinetyką I rzędu, a jako końcowy wynik dla stałej szybkości przyjmujemy średnią arytmetyczną: $k = 0,0105 \text{ min}^{-1}$. Wartość ta, zaokrąglona do 4 cyfr po przecinku odpowiada ok. 1% dokładności jej wyznaczenia.

3. Stałą szybkości została obliczona w p.2: $k: 0.0105 \text{ min}^{-1}$. Czas połowicznej przemiany ($t_{1/2}$) jest czasem, po którym ulega przereagowaniu połowa początkowej ilości substratu. Wynika z tego zależność:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \cong \frac{0,693}{k} = 66 \text{ min.}$$

4. Jak wynika z powyższej relacji, dla reakcji pierwszego rzędu (wyłącznie) czas połowkowy reakcji nie zależy od stężeń reagentów, a zatem dla 1,5 mola izomeru trans wynosi także 66 min.

5. Przejście między izomerami *cis* i *trans* w węglowodorach nienasyconych wymaga obrotu grup (CHCl) względem siebie o 180° , a to oznacza konieczność zerwania wiązania π , którego utworzenie wymaga równoległego ustawienia orbitali 2p atomów węgla. W ten sposób wiązanie π wymusza płaską strukturę cząsteczki. Maksymalna energia (sięgająca 250 kJ/mol) potrzebna jest do przekręcenia grup atomów o 90° , ponieważ wtedy orbitale 2p, tworzące wiązanie π znajdują się prostopadle do siebie i ich nakrywanie jest minimalne (wiązanie π jest praktycznie zerwane). W nasyconych związkach organicznych nie ma wiązań π , a zmiana konformacji cząsteczek dokonuje się przez obrót wokół pojedynczego wiązania σ , które nie ulega przy tym zerwaniu. Niewielka energia aktywacji tego procesu wynika ze słabego odpychania podstawników przy sąsiednich atomach węgla, gdy w trakcie obrotu znajdują się one naprzeciw siebie.

Punktacja:

- | | |
|--|----------------------|
| 1. za równanie reakcji izomeryzacji (z użyciem wzorów strukturalnych) | 1.0 pkt. |
| 2. za poprawne wyznaczenie rzędu reakcji = 1 | 2.5 pkt. |
| <i>- w tym: za ewentualne rozważania teoretyczne o sposobach wyznaczenia rzędów reakcji - bez konkretnego wniosku odnośnie reakcji z zadania lub za przyjęcie poprawnego rzędu pierwszego bez uzasadnienia</i> | |
| | <i>1.0 pkt</i> |
| 3. za poprawną wartość stałej szybkości reakcji | 1.5 pkt |
| za poprawne miano stałej szybkości | 1.0 pkt. |
| za przesadzoną lub niedostateczną dokładność poprawnego wyniku | |
| | <i>kara -0.5 pkt</i> |

za powiązanie czasu połowicznej przemiany ze stałą szybkości	1.5 pkt.
za poprawną wartość czasu $t_{1/2}$	1.0 pkt.
4. za uznanie, że czas połowicznej przemiany nie zależy od początkowej ilości substratu, a zatem jest taki sam jak w p. 3	1.5 pkt.
5. za wyjaśnienie wkładu energii zrywania wiązań π do energii aktywacji w alkenach i nieobecności tego efektu w związkach nasyconych	<u>2.0 pkt</u>
RAZEM	12.0 pkt.

ROZWIĄZANIE ZADANIA 3

a) i b)

Związek X – 62 g/mol, $\text{CH}_3\text{-S-CH}_3$;

O

↑

Y - 78 g/mol, $\text{H}_3\text{C-S-CH}_3$;

O

↑

Z - 94 g/mol, $\text{H}_3\text{C-S-CH}_3$.

↓

O

c) X_1 : $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$; Y_1 : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SOH}$ lub $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{SH}$; Z_1 : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SO}_2\text{H}$ lub $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{SOH}$

d) Y_2 : $\text{CH}_3\text{SOCH}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{SONa} + \text{CH}_3\text{OH}$;

Z_2 : $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{CH}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{SO}_2\text{Na} + \text{CH}_3\text{OH}$;

Uzasadnienie odpowiedzi:

1. Obliczamy masy molowe związków X, Y i Z:

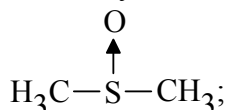
$$M_X = 32 \times 100 / 51,6 = 62,0155 \cong 62 \text{ g/mol}$$

$$M_Y = 32 \times 100 / 41 = 78,0488 \cong 78 \text{ g/mol}$$

$$M_Z = 32 \times 100 / 34 = 94,1176 \cong 94 \text{ g/mol}$$

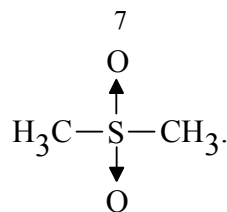
2. Ustalamy wzór związku X. Masa molowa związku X wskazuje, że na resztę węglowodorową przypada wartość 30 ($62 - 32 = 30$). Odpowiada to zawartości dwóch atomów węgla i sześciu atomów wodoru w cząsteczce. Do wyboru mamy tylko dwa wzory strukturalne: $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$ albo CH_3SCH_3 . Pierwszy z nich to etanotiol, związek który z roztworem NaOH tworzy sole sodowe. Stwierdzamy, że związkiem X jest sulfid dimetylu, a X_1 - etanotiol.

3. Ustalamy wzór związku Y. Różnica pomiędzy masami molowymi związku Y i X, wynosząca 16 g/mol sugeruje obecność w cząsteczce związku Y jednego atomu tlenu. Teoretycznie możliwe związki z dwoma atomami tlenu o wzorze sumarycznym $\text{CH}_2\text{O}_2\text{S}$ są nietrwałe. Warunki zadania spełnia tylko dimetylosulfotlenek:



Izomerem Y_1 może być $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SOH}$ (kwas etanosulfenowy) lub $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{SH}$ (2-merkaptioetanol). Związek Y_2 to $\text{CH}_3\text{-S-OCH}_3$ (metanosulfenylan metylu), który ulega hydrolizie. Inne izomery ($\text{HOCH}_2\text{SCH}_3$ lub $\text{HSCH}_2\text{OCH}_3$) są nietrwałe.

4. Ustalamy wzór związku Z. Warunek o wyższym stopniu utlenienia siarki w związku Z niż w związku Y pozwala przyjąć dla tego pierwszego z nich wzór sumaryczny: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2\text{S}$ (wzór $\text{CH}_2\text{O}_3\text{S}$, również o masie molowej 94 g/mol nie ma raczej sensu chemicznego). Sposoby rozumowania analogiczne jak w dwu punktach poprzednich pozwalają ustalić, że związkiem Z jest sulfon dimetylowy:



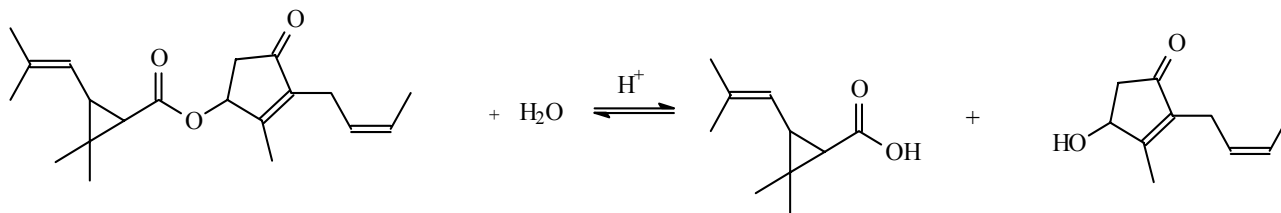
Izomerem Z_1 może być $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SO}_2\text{H}$ (kwas etanosulfonowy) lub $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{SOH}$ (kwas 2-hydroksyetanosulfenowy). Związek Z_2 to $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{CH}_3$ (metanosulfonian metylu). Inne wzory przedstawiałyby związki nietrwałe.

Punktacja:

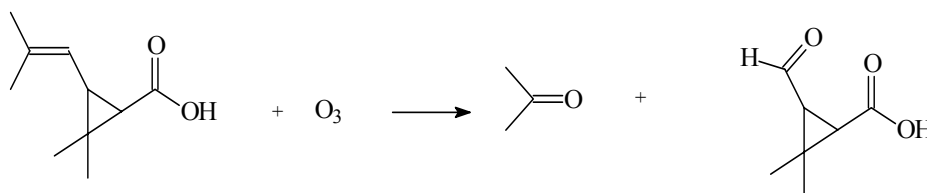
Masy molowe związków X, Y i Z	- 3 pkt
Wzory strukturalne związków X, Y i Z	- 3 pkt
Wzory strukturalne związków X_1 , Y_1 i Z_1	- 3 pkt
Wzory strukturalne związków Y_2 i Z_2	- 2 pkt
Równania reakcji hydrolizy	- 1 pkt (2 × 0,5pkt)
RAZEM	- 12 pkt

ROZWIĄZANIE ZADANIA 4

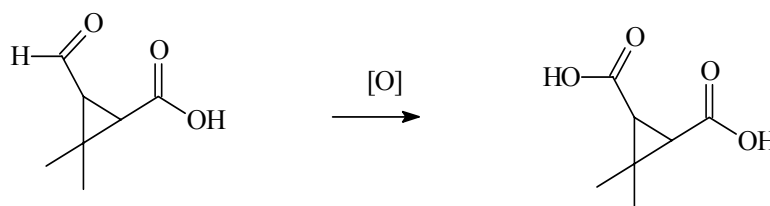
a. Reakcja hydrolizy wyjściowego związku:



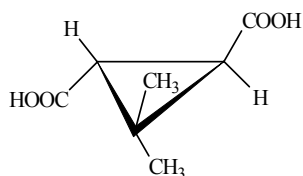
b. Reakcja ozonolizy kwasu chryzantemowego:



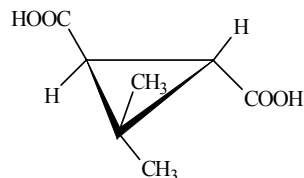
c. Utlenienie produktów ozonolizy prowadzi do utlenienia aldehydokwasu do odpowiedniego kwasu dikarboksyłowego (aceton nie ulegnie utlenieniu):



d. Kwas karonowy musi posiadać konfigurację *trans* (wniosek ten można wyciągnąć na podstawie informacji o optycznej czynności tego kwasu, bowiem izomer *cis* posiada płaszczyznę symetrii i jest optycznie nieczynny).

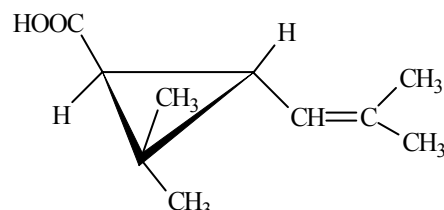
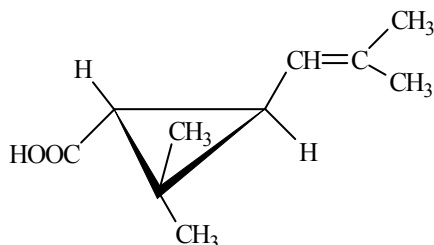


Obydwa asymetryczne atomy węgla mają konfigurację **R**



Obydwa asymetryczne atomy węgla mają konfigurację **S**

e. Kwas chryzantemowy musi zatem posiadać jedną z następujących struktur:



Punktacja

- | | |
|--|-------|
| a. Za reakcję hydrolizy | 2 pkt |
| b. Za reakcję ozonolizy | 2 pkt |
| c. Za reakcję utlenienia | 1 pkt |
| d. Za wniosek (z wyjaśnieniem) o położeniu <i>trans</i> obu grup karboksylowych w kwasie karonowym | 2 pkt |
| e. Za poprawne możliwe struktury kwasu karonowego po 1pkt | 2 pkt |
| f. Za poprawne określenie konfiguracji asymetrycznych atomów węgla po 1pkt | 2 pkt |
| g. Za poprawne możliwe wzory kwasu chryzantemowego po 0,5pkt | 1 pkt |

RAZEM

12 pkt

ROZWIĄZANIE ZADANIA 5

[Największą ilość nawozu uzyska się wtedy, gdy któryś ze związków będzie zużyty w całości]

$M[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = 132 \text{ g/mol}$, w tym 28 g azotu

$M[\text{Na}_3\text{PO}_4] = 164 \text{ g/mol}$, w tym 31 g fosforu

$M[\text{KNO}_3] = 101 \text{ g/mol}$, w tym 39 g potasu i 14 g azotu

1. Obliczenie ilości azotu w związku (a):

$$28/132 = x/26,4 \quad x = 5,6 \text{ g azotu}$$

2. Obliczenie ilości fosforu w związku (b). Ilość czystego związku: $10 \cdot 0,8 = 8 \text{ g}$.

$$31/164 = x/8 \quad x = 1,51 \text{ g fosforu}$$

3. Obliczenie ilości potasu i azotu w związku (c)

$$39/101 = x/20 \quad x = 7,72 \text{ g potasu}$$

$$14/101 = x/20 \quad x = 2,77 \text{ g azotu}$$

4. Należy ocenić, którego pierwiastka jest najmniej.

Gdyby zużyto cały związek (a), potrzeba byłoby

$$(5,6/1,5)1 = 3,73 \text{ g fosforu} \quad \text{i} \quad (5,6/1,5)2 = 7,46 \text{ g potasu}$$

Zabrakłoby związku (b)

Gdyby zużyto cały związek (b), potrzeba byłoby

$$1,51 \cdot 1,5 = 2,27 \text{ g azotu} \quad \text{i} \quad 1,51 \cdot 2 = 3,02 \text{ g potasu}$$

Wystarczy związków (a) i (c)

Gdyby zużyto cały związek (c), potrzeba byłoby

$$7,72/2 = 3,86 \text{ g fosforu} \quad \text{i} \quad (7,72/2)1,5 = 5,79 \text{ g azotu}$$

Zabrakłoby związku (b)

Zatem podstawą obliczeń będzie związek (b), który zostanie zużyty w całości.

5. Obliczenie ilości potasu i związku (c), [a nie azotu i związku (a) bo azot jest też w związku (c)]

$$1,51 \cdot 2 = 3,02 \text{ g potasu}, \quad 101/39 = x/3 \quad x = 7,77 \text{ g związku (c)}$$

6. Obliczenie ilości azotu i związku (a)

$$\text{Ilość azotu w związku (c):} \quad 14/101 = x/7,77 \quad x = 1,1 \text{ g azotu}$$

Brakująca ilość azotu: $2,27 - 1,1 = 1,17 \text{ g azotu}$

$$\text{Potrzebna ilość związku (a):} \quad 132/28 = x/1,17 \quad x = 5,52 \text{ g związku (a)}$$

7. Obliczenie uzyskanej ilości nawozu:

$$(a) + (b) + (c) = 5,52 + 10 + 7,77 = 23,3 \text{ g}$$

Odp: 23,3g

Punktacja

Za prawidłową odpowiedź w podpunktach: 1, 2, 5 i 7 po 1 pkt 4 pkt

Za prawidłową odpowiedź w podpunktach: 3 i 6 po 2 pkt 4 pkt

Za prawidłową odpowiedź w podpunkcie 4: 4 pkt

ŁĄCZNIE: 12 pkt