



Etap II

29.01.1999

Zadania teoretyczne

ZADANIE 1

Określanie zawartości fenolu w wodzie

Jedną z klasycznych metod określania zawartości fenolu w wodzie jest analiza wykorzystująca miareczkowanie za pomocą roztworu tiosiarczuanu sodu.

Metoda polega na tym, że do zakwaszonego roztworu fenolu, zawierającego nadmiar bromku potasu, dodaje się dokładnie odważoną porcję bromianu(V) potasu. Powstaje jasnożółty galaretowaty osad 2,4,6-tribromofenolu. Po kilku minutach, gdy reakcja przebiegnie do końca, do naczynia wprowadza się nadmiar stałego jodku potasu i zawartość naczynia (roztwór z osadem) miareczkuje za pomocą mianowanego roztworu tiosiarczuanu sodu używając skrobi jako wskaźnika. Sygnałem do zakończenia miareczkowania jest zniknięcie granatowej barwy.

- 1) Zapisz równania wszystkich przebiegających reakcji (bez reakcji z udziałem wskaźnika).
- 2) Wyprowadź równanie wiążące masę fenolu, m_{fenol} w próbce z objętością zużytego roztworu tiosiarczuanu sodu, $V_{\text{tiosiarcz.}}$ i masą wprowadzonego na początku analizy bromianu(V) potasu, m_{KBrO_3} . Skomentuj charakter zależności objętości zużytego roztworu tiosiarczuanu sodu od masy fenolu w próbce.
- 3) Jaka powinna być masa użytego bromianu(V) potasu, aby maksymalne zużycie roztworu tiosiarczuanu sodu o stężeniu $c_{\text{tiosiarcz.}} = 0,1000 \text{ mol/dm}^3$ (przy użyciu biurety o pojemności 50 cm^3) wynosiło 40 cm^3 ?
- 4) Jaka może być maksymalna ilość fenolu (*teoretycznie; ponieważ przy dużej ilości fenolu dokładność będzie bardzo mała*), którą można wyznaczyć tą metodą, posługując się ilością bromianu(V) potasu taką jak w p.3? Dlaczego przy dużej ilości fenolu dokładność analizy jest mała?

ZADANIE 2

Termodynamika syntezy fosgeny

Rozwiązując jedno z zadań pierwszego etapu zapoznałeś się z przykładem takiej reakcji chemicznej, dla której bezpośredni pomiar związanego z nią efektu cieplnego jest utrudniony przez to, że proces nie przebiega stechiometrycznie do końca, ale podąża ku pewnemu stanowi równowagi o nieznanym składzie ilościowym. Ponadto jeśli reakcja nie przebiega szybko, nawet powolne termiczne oddziaływanie kalorymetru z otoczeniem może poważnie zafałszować wynik pomiaru.

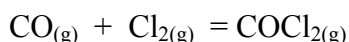
Wynika z tego, że dla reakcji biegnących powoli ku stanowi równowagi potrzebna jest inna metoda wyznaczania ciepła (entalpii) reakcji. Z jedną takich metod zapoznasz się, rozwiązując poniższe zadanie.

Metoda ta opiera się na następującej zależności stałej równowagi reakcji od temperatury:

$$2,303 \lg K_p = -\frac{\Delta H^\circ}{RT} + \text{const}$$

gdzie ΔH° oznacza entalpię całkowitej (stechiometrycznej) przemiany substratów w produkty, w temperaturze T i w warunkach standardowych, a K_p - ciśnieniową stałą równowagi.

W celu wyznaczenia efektu cieplnego reakcji syntezy fosgenu:



równomolową mieszaninę $\text{CO}_{(g)}$ i $\text{Cl}_{2(g)}$ umieszczono w szczelnym naczyniu, które utrzymywano w temp. 573 K i pod całkowitym stałym ciśnieniem $P = 1013 \text{ hPa}$ aż do ustalenia się stanu równowagi. Na podstawie analizy składu powstałej mieszaniny równowagowej stwierdzono, że stopień przereagowania substratów wyniósł 96,0 %. W następnym eksperymencie układ utrzymywano w temp. 773 K pod tym samym co poprzednio ciśnieniem i ustalono, że stopień przereagowania substratów wyniósł 45 %.

Polecenia:

- zapisz wyrażenie na ciśnieniową stałą równowagi syntezy fosgenu
- oblicz wartości tej stałej dla procesu syntezy fosgenu dla obu temperatur
- oblicz standardową entalpię stechiometrycznej przemiany $\text{CO}_{(g)}$ i $\text{Cl}_{2(g)}$ w fosgen, odpowiadającą badanemu zakresowi temperatur (ponieważ entalpia reakcji w pewnym stopniu zależy od temperatury, Twoje obliczenia prowadzą do obliczenia entalpii *średniej* dla podanego zakresu temperatur).

ZADANIE 3

Identyfikacja sześciu związków organicznych

Zidentyfikować związki oznaczone literami. Podać ich wzory strukturalne oraz równania (niekoniecznie stechiometryczne) przebiegających reakcji. Podać produkty ozonolizy związku \mathbf{A}_2 .

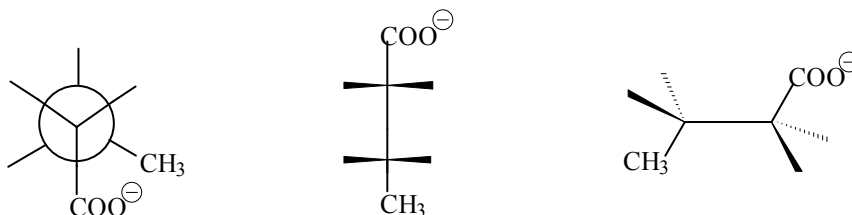
- Izomeryczne związki \mathbf{A}_1 i \mathbf{A}_2 dają w wyniku addycji HBr w środowisku polarnym 1-bromo-1-metylocyklopentan. W wyniku ozonolizy (*reakcja z ozonem z następczą redukcją cynkiem w śr. kwaśnym*) związku \mathbf{A}_1 otrzymuje się 5-oxoheksanal
- Każdy ze związków \mathbf{B}_1 i \mathbf{B}_2 daje w reakcji z jodem w wodnym roztworze KOH dwa produkty: cykloheksanokarboksylian potasu i jodoform. Związek \mathbf{B}_1 można przeprowadzić w związek \mathbf{B}_2 w reakcji utleniania za pomocą CrO_3 w śr. kwaśnym.
- Związki \mathbf{C}_1 i \mathbf{C}_2 są nierozpuszczalne w wodzie. Oba związki ulegają rozpuszczeniu w wodnym roztworze NaOH na gorąco, dając tę samą sól sodową kwasu monokarboksylowego \mathbf{D} i amoniak jako jedyne produkty reakcji. Związek \mathbf{C}_1 pod wpływem ogrzewania z P_4O_{10} przechodzi w związek \mathbf{C}_2 . W wyniku reakcji związku \mathbf{C}_1 z bromem w wodnym roztworze KOH otrzymuje się między innymi: anilinę i węglan potasu.

ZADANIE 4

Budowa przestrzenna treoniny

Narysuj wszystkie możliwe stereoizomery (w rzucie Fischera, zgodnie z opisem podanym poniżej w „uwadze”) aminokwasu TREONINY (wzór sumaryczny $\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}_3$).

- Określ konfigurację absolutną na każdym węglu asymetrycznym (R lub S)
- Występująca w przyrodzie L-treonina swoją nazwę zawdzięcza konfiguracyjnemu pokrewieństwu z treozą. Opierając się na tym stwierdzeniu przedstaw poprawną konfigurację naturalnie występującej treoniny uzupełniając poniższe wzory.



Uwaga: termin „pokrewieństwo konfiguracyjne” należy w odniesieniu do powyższych związków rozumieć następująco: Odpowiednie (tzn. posiadające te same lokanty) asymetryczne atomy węgla w obu związkach mają tę samą konfigurację absolutną.

ZADANIE 5

Ogniwo Daniella

Ogniwo Daniella składa się z elektrody miedzianej zanurzonej w roztworze zawierającym jony miedzi(II) (CuSO_4), membrany (lub klucza elektrolitycznego zawierającego np. siarczan (VI) sodu) oraz elektrody cynkowej zanurzonej w roztworze zawierającym jony cynku(II) (ZnSO_4).

1. Jak należy zapisać schemat ogniwa Daniella?
2. Jaka jest siła elektromotoryczna (SEM) ogniwa Daniella, w którym stężenia jonów miedzi(II) i cynku są równe $0,05 \text{ mol/dm}^3$ (warunki standardowe) ? $E^0 (\text{Cu(II)/Cu}) = 0,337 \text{ V}$, $E^0 (\text{Zn(II)/Zn}) = -0,763 \text{ V}$. Stała Faraday'a $F = 96\,500 \text{ C/mol}$.
3. Jak zmieni się SEM tego układu jeśli (w wyniku podłączenia do układu elektrycznego odpowiedniego układu oprników zapewniającego przepływ prądu o stałym w czasie natężeniu) z ogniwa przepłynie prąd o natężeniu 100 mA w czasie 1 godziny , a objętości roztworów katolitu i anolitu są takie same i równe po 100 mL ? (*Katolit to roztwór znajdujący się w sąsiedztwie katody, a anolit - w sąsiedztwie anody*)
4. Jaka będzie SEM ogniwa jeśli - po wykonaniu eksperymentu omówionego w punkcie 3 - przez ogniwo przepłynie prąd o takim samym natężeniu i w tym samym czasie jak poprzednio, ale w przeciwnym kierunku (z zewnętrznego układu zasilającego), a wydajność procesu katodowego wynosi 80% , zaś procesu anodowego 100% ? (zaniedbać zmianę kwasowości roztworu).
5. Jakie będzie stężenie jonów siarczanowych(VI) w obu częściach ogniwa po zakończeniu eksperymentów opisanych w punktach 3 i 4 ?

PUNKTACJA: Każde z zadań punktowane jest po **10 pkt**. Łącznie: **50 pkt**
 CZAS TRWANIA ZAWODÓW: **240 minut**

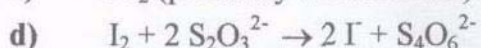
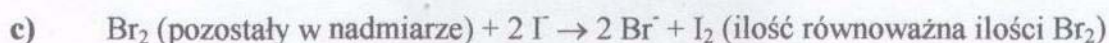
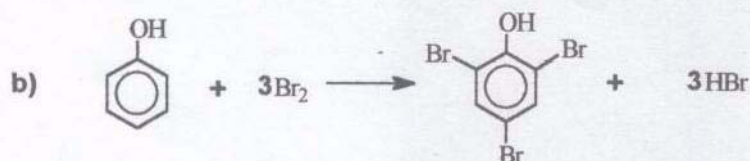
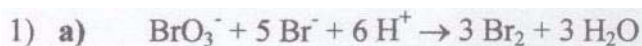


Etap II

29.01.1999

ROZWIĄZANIA ZADAŃ TEORETYCZNYCH

ROZWIĄZANIE ZADANIA 1



Skrobia wiąże się z jodem tworząc granatowo zabarwiony kompleks,

- 2) Ilość zużytego tiosiarczanu sodu jest równoważna ilości bromu pozostałego po reakcji z fenolem. Uwzględniając stechiometrię reakcji otrzymujemy:

$$m_{\text{fenol}} = \left(\frac{m_{\text{KBrO}_3}}{M_{\text{KBrO}_3}} - \frac{c_{\text{tiosiarcz.}} \cdot V_{\text{tiosiarcz.}}}{6} \right) M_{\text{fenol}}$$

m - masa substancji określonej indeksem dolnym

M - masa molowa substancji określonej indeksem dolnym,

$c_{\text{tiosiarcz.}}$ - stężenie roztworu tiosiarczanu sodu,

$V_{\text{tiosiarcz.}}$ - objętość roztworu tiosiarczanu sodu zużytego w miareczkowaniu.

Objętość zużytego roztworu tiosiarczanu sodu zależy liniowo od masy fenolu, ale nachylenie prostej ilustrującej tę zależność jest ujemne, to znaczy im większa zawartość fenolu w próbce tym mniejsze zużycie roztworu tiosiarczanu sodu.

- 3) Z równania wyprowadzonego w punkcie 2 wynika, że maksymalne zużycie roztworu tiosiarczanu sodu będzie wtedy, gdy próbka nie będzie zawierać fenolu. Przyjmując za masy molowe fenolu i KBrO_3 odpowiednio 94,11 i 167,01 g/mol, oraz zakładając że $m_{\text{fenol}} = 0$, otrzymamy masę KBrO_3

$$\text{masa KBrO}_3 = M_{\text{KBrO}_3} \cdot c_{\text{tiosiarcz.}} \cdot V_{\text{tiosiarcz.}} / 6 = 167,01 \text{ mg/mmol} \cdot 0,1 \text{ mmol/cm}^3 \cdot 40 \text{ cm}^3 / 6 = 111,3 \text{ mg}$$

- 4) Maksymalna ilość fenolu odpowiada $V_{\text{tiosiarcz.}} = 0$. Wówczas, na podstawie równania otrzymanego w p. 2 otrzymamy:

$$m_{\text{fenol}} = (111,3 \text{ mg} \cdot 94,11 \text{ mg/mmol}) / (167,01 \text{ mg/mmol}) = 62,7 \text{ mg}$$

Dla ilości fenolu bliskiej maksymalnej, dokładność analizy jest mała, ponieważ objętość roztworu tiosiarczanu sodu zużytego w miareczkowaniu jest niewielka, a dokładność odczytu objętości z biurety jest taka sama, niezależnie od objętości roztworu miareczkującego. Dlatego, im mniejsze zużycie roztworu miareczkującego, tym większy błąd analizy

Punktacja:

Zapisanie czterech równań reakcji:	4,0 pkt
Wyprowadzenie wzoru na masę fenolu:	2,0 pkt
Komentarz o charakterze zależności objętości roztworu od masy fenolu:	0,5 pkt
Stwierdzenie, że maksymalne zużycie roztworu uzyskuje się dla próbki nie zawierającej fenolu:	0,5 pkt
Obliczenie masy KBrO_3 :	1,0 pkt
Stwierdzenie, że maksymalna ilość fenolu odpowiada $V_{\text{tiosiarcz.}} = 0$	0,5 pkt
Obliczenie maksymalnej masy fenolu:	1,0 pkt
Wyjaśnienie małej dokładności analizy dla dużej zawartości fenolu:	0,5 pkt
RAZEM	10,0 pkt

ROZWIĄZANIE ZADANIA 2

Ciśnieniowa stała równowagi syntezy fosgenu

$$K_p = \frac{(p_{\text{COCl}_2} / p^\circ)}{(p_{\text{CO}} / p^\circ)(p_{\text{Cl}_2} / p^\circ)}$$

gdzie p_i oznacza ciśnienie cząstkowe danego reagenta, a p^0 - ciśnienie standardowe.

Dla obliczenia tej stałej równowagi należy ją powiązać z podanym w treści zadania stopniem przereagowania substratów. Ponieważ mieszanina substratów była stechiometryczna, wygodnie jest przyjąć za podstawę bilansu materiałowego np. 1 mol CO i 1 mol Cl_2 (lub 100 moli). Dla takiej mieszaniny stechiometrycznej stopień przereagowania (po podzieleniu wartości procentowych przez 100) wynika wprost z liczby moli każdego z substratów:

$$\alpha = \frac{|n_i^0 - n_i|}{n_i^0} = \frac{|n_i^0 - n_i|}{\nu_i} = -\Delta n_{\text{CO}} = -\Delta n_{\text{Cl}_2}$$

gdzie ν_i jest współczynnikiem stechiometrycznym odpowiedniego reagenta. Stopień przereagowania można następnie powiązać z ciśnieniami cząstkowymi reagentów na podstawie następującego bilansu:

Reagent	Początkowa liczba moli	Przereagowało	Pozostało	Ułamek mólów	Ciśnienie cząstkowe
$\text{CO}_{(g)}$	1	$-\alpha$	$1-\alpha$	$(1-\alpha)/(2-\alpha)$	$P(1-\alpha)/(2-\alpha)$
$\text{Cl}_{2(g)}$	1	$-\alpha$	$1-\alpha$	$(1-\alpha)/(2-\alpha)$	$P(1-\alpha)/(2-\alpha)$
$\text{COCl}_{2(g)}$	0	α	α	$\alpha/(2-\alpha)$	$P\alpha/(2-\alpha)$

Łącznie $(2 - \alpha)$ moli

Ciśnieniowa stała równowagi wyraża się zatem wzorem:

$$K_p = \frac{\alpha(2-\alpha)}{(1-\alpha)^2} \cdot \frac{p^0}{P}$$

Ponieważ ciśnienie całkowite jest w tym przypadku równe standardowemu ($P=p^0=1013$ hPa), nie ma potrzeby uwzględniania ciśnienia w powyższym równaniu:

$$K_p = \frac{\alpha(2-\alpha)}{(1-\alpha)^2}$$

Obliczamy stałe równowagi dla obu temperatur

$$T_1 = 573 \text{ K}, \quad \alpha = 0,96 \quad K_{p,1} = 624,0$$

$$T_2 = 773 \text{ K}, \quad \alpha = 0,45 \quad K_{p,2} = 2,306$$

Z podanej w treści zadania zależności stałej równowagi od temperatury wynika, że entalpię reakcji można wyznaczyć ze wzoru:

$$\Delta H^0 = 2,303R \lg \frac{K_{p,2}}{K_{p,1}} \left(\frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \right) = 2,303 \cdot 8,314 \cdot \left(\lg \frac{2,306}{624,0} \right) \left(\frac{573 \cdot 773}{773 - 573} \right) = -103,1 \text{ kJ}$$

Ponieważ entalpia reakcji zależy od temperatury, wyznaczona powyżej wartość jest uśredniona dla zakresu temperatur: 573 - 773 K.

Uwaga do punktacji

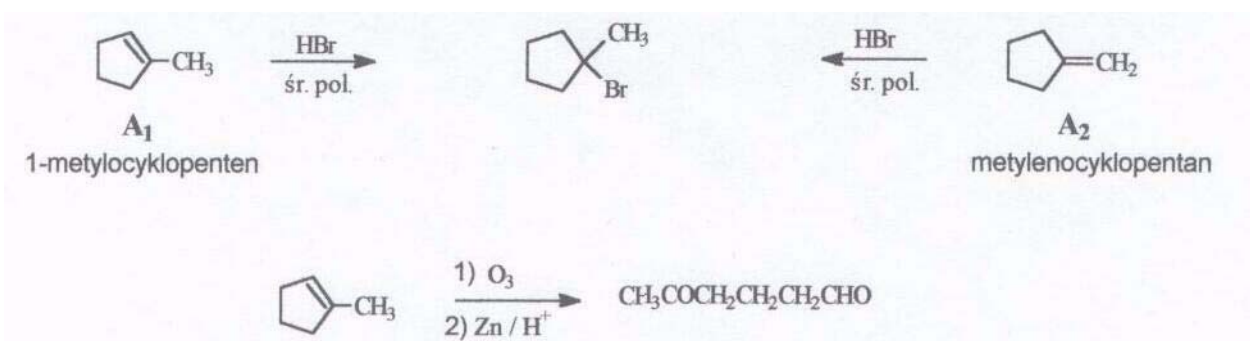
Poprawnie i jednoznacznie zapisana stała równowagi powinna być *bezwymiarowa*, czyli każde ciśnienie cząstkowe powinno być podzielone przez ciśnienie standardowe, tak jak pokazano w zadaniach etapu wstępnego. Jednak posługiwanie się zwymiarowaną stałą równowagi w tym przypadku doprowadzi do poprawnego wyniku końcowego, ponieważ w istocie logarytm obliczany jest nie z pojedynczej wartości K_p , ale z ich ilorazu. Jeśli zawodnik zapomni o bezwymiarowych stałych równowagi, a obliczone wartości K_p [Pa^{-1}] i ΔH^0 są poprawne, należy pozbawić go tylko 1,5 pkt za zapis wyrażenia na stałą równowagi, w p. 1, zgodnie z przedstawioną punktacją szczegółową.

Punktacja :

- | | |
|--|-----------------|
| 1. za wyrażenie na bezwymiarową stałą K_p
(lub za wyrażenie na zwymiarowaną stałą K_p - 0 pkt.) | 1.5 pkt. |
| 2- za bilans materiałowy procesu syntezy fosgeny, np. w formie przedstawionej tabeli | 3,0 pkt |
| za związek stałej równowagi ze stopniem przereagowania reagentów | 2,0 pkt. |
| za obliczenie K_p w temp. 573 K | 0.5 pkt |
| za obliczenie K_p w temp. 773 K | 0.5 pkt |
| 3. za wzór na obliczenie wartości ΔH^0 | 1,0 pkt |
| za poprawną wartość liczbową ΔH^0 | 1.5 pkt. |
| RAZEM ZA ZADANIE | 10,0 pkt |

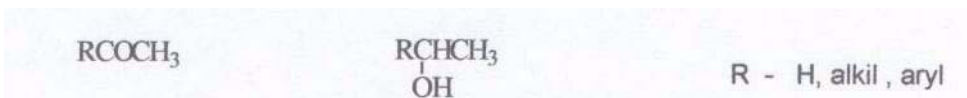
ROZWIĄZANIE ZADANIA 3

1. 1-bromo-1-metylocyklopentan może powstawać w wyniku addycji HBr w śr. polarnym tylko do 2 związków: metylenocyklopentanu i 1-metylocyklopentenu: Z budowy produktu ozonolizy wynika, że związek **A₁**, to 1-metylocyklopenten. Związek **A₂** musi być zatem metylenocyklopentanem



Produktami reakcji ozonolizy związku **A₁** są: cykloheksanon i formaldehyd.

3. Reakcji jodoformowej ulegają związki o wzorach ogólnych:



Z faktu, że z obu związków: **B₁** i **B₂** tworzy się ta sama sól wynika, że grupa **R** w obu związkach jest taka sama. Ponieważ związek **B₁** w wyniku utlenienia daje związek **B₂** wynika, że pierwszy z nich jest alkoholem drugorzędowym o podanym wyżej wzorze, zaś drugi - metyloketonem. Z produktów reakcji jodoformowej wnioskujemy, że grupa **R** jest cykloheksylem. Zatem związek **B₁** to 1-cykloheksyloetanol, zaś związek **B₂** to cykloheksylometyloketon.

**B₁**

1-cykloheksyloetanol

**B₂**

cykloheksylometyloketon



3. Hydrolizie z wydzieleniem amoniaku i tworzeniem soli kwasów karboksylowych ulegają amidy i nityryte. Ponieważ w wyniku hydrolizy obu związków tworzy się ta sama sól zatem muszą to być pochodne tego samego kwasu karboksylowego. Ponieważ związek **C₁** przechodzi - pod wpływem ogrzewania z P_4O_{10} - w związek **C₂**, zatem pierwszy z nich musi być amidem, drugi zaś - nityrylem. Produkt reakcji przegrupowania Hofmanna związku **C₁** wskazuje na to, że oba związki są pochodnymi kwasu benzoowego. Zatem związek **C₁** to benzamid, zaś związek **C₂** - benzonitryl. Sól **D** to benzoetan sodu

**C₁**

benzamid

D**C₂**

benzonitryl

D**Punktacja:**Za poprawny wzór związków: **A₁, A₂, B₁, B₂, D** po 0,5 pkt

2,5 pkt

Za poprawny wzór związków: **C₁, C₂** po 1 pkt

2,0 pkt

Za równania reakcji (10 reakcji) po 0,5 pkt

5,0 pkt

Za podanie produktów ozonolizy związku **A₁**

0,5 pkt

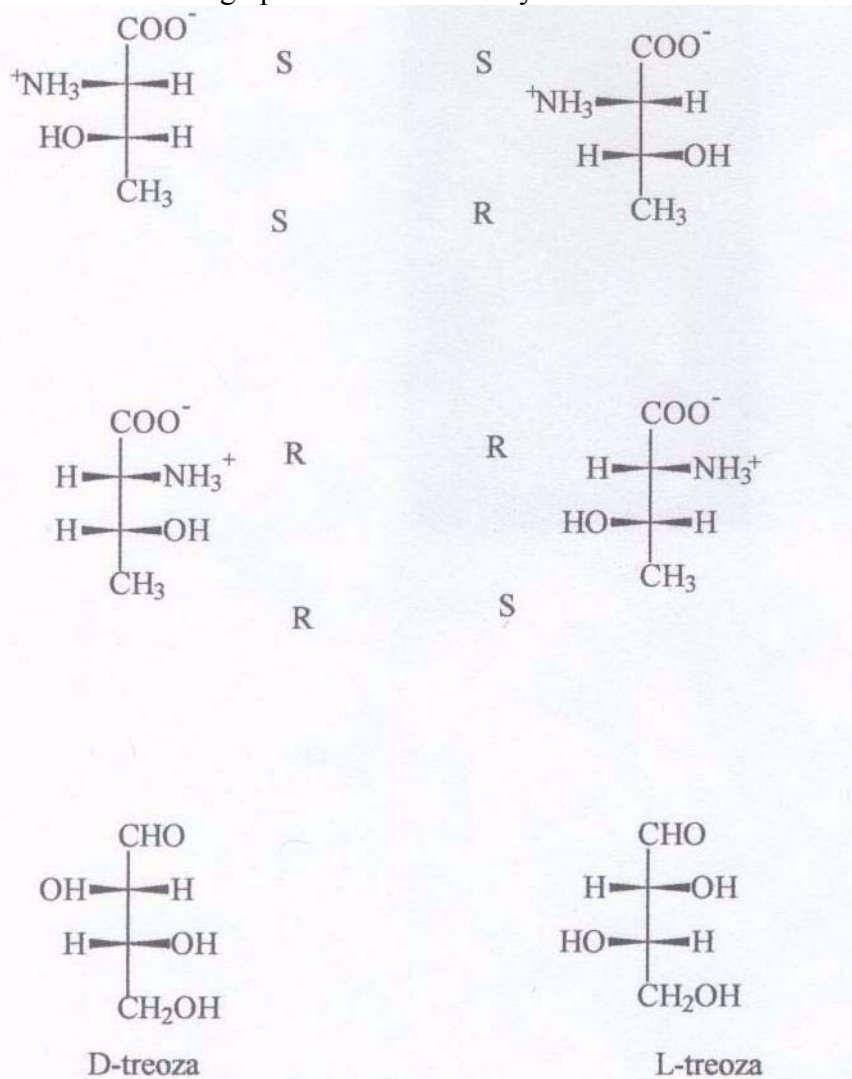
RAZEM:

10,0 pkt

ROZWIĄZANIE ZADANIA 4

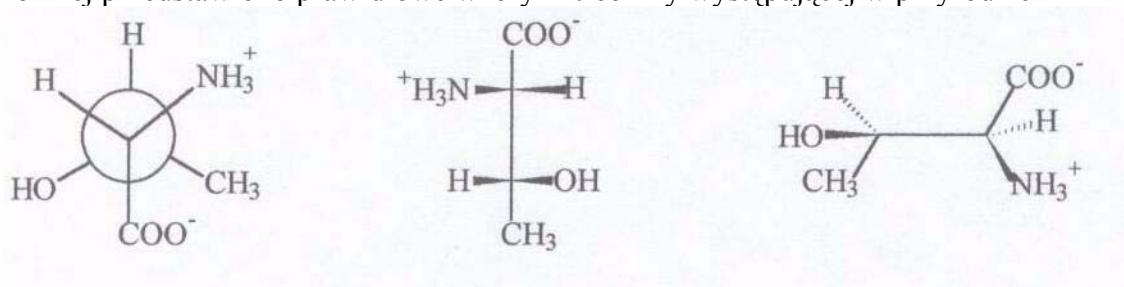
Poniżej przedstawiono w rzucie Fischera wszystkie stereoizomery treoniny i podano konfigurację na każdym z nich.

W ostatnim szeregu przedstawiono wzory treoz.



3. Z podobieństwa konfiguracyjnego treozy i L-treoniny wynika, że grupy: aminowa i grupa hydroksylowa w treoninie będą w rzucie Fishera po przeciwnej stronie.

Poniżej przedstawiono prawidłowe wzory L-treoniny występującej w przyrodzie

**Punktacja:**

1) prawidłowe oznaczenie konfiguracji na każdym centrum asymetrii w stereoizomerach treoniny **po 0.5 pkt**

2) prawidłowe uzupełnienie wzorów L-treoniny **po 2 pkt**

RAZEM

4 pkt

6 pkt

10 pkt

ZADANIE 5

1. $\text{Zn/Zn(II)//Cu(II)/Cu}$
Lub lepiej jako:
 $\text{Cu}^+/\text{Zn/Zn(II)//Cu(II)/Cu}$

Ogniwo należy zapisać tak, aby - po połączeniu układu przewodnikiem metalicznym - elektrony płynęły z lewej elektrody do prawej.

2. Potencjał równowagi elektrody miedziowej opisuje następujące równanie:

$$E = E^0(\text{Cu(II)/Cu}) + (0,059/2)\log[\text{Cu(II)}] \quad (1)$$

Potencjał równowagi elektrody cynkowej opisuje równanie:

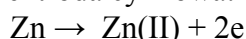
$$E = E^0(\text{Zn(II)/Zn}) + (0,059/2)\log[\text{Zn(II)}] \quad (2)$$

Siła elektromotoryczna ogniwa jest różnicą potencjałów (1) i (2)

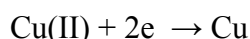
$$\begin{aligned} \text{SEM} &= E^0(\text{Cu(II)/Cu}) + (0,059/2)\log[\text{Cu(II)}] - E^0(\text{Zn(II)/Zn}) + (0,059/2)\log[\text{Zn(II)}] = \\ &= 0,337 - (-0,763) + (0,059/2)\log\{[\text{Cu(II)}]/[\text{Zn(II)}]\} = 1,100 \text{ V} \end{aligned}$$

3. Reakcje przebiegające w trakcie przepływu prądu:

Elektroda cynkowa:



Elektroda miedziowa:



Zawartości (w milimolach) jonów miedzi i cynku w **roztworach** katoditu i anoditu są **takie same i** równe:

$$0,05 \text{ mola/dm}^3 * 100 \text{ cm}^3 = 5 \text{ milimoli}$$

W czasie 1 godz. przepływie ładunek: $0,1 \text{ A} * 3600 \text{ s} = 360 \text{ C}$ co odpowiada:

$$(360 \text{ C}) / (2 * 96500 \text{ C/mol}) = 1,87 \text{ milimola}$$

Zawartość jonów miedzi po zakończeniu przepływu prądu: $5 - 1,87 = 3,13 \text{ milimola}$

Zawartość jonów cynku po zakończeniu przepływu prądu: $5 + 1,87 = 6,87 \text{ milimola}$

Siła elektromotoryczna po zakończeniu przepływu prądu:

$$\begin{aligned} \text{SEM} &= 0,337 - (-0,763) + (0,059/2)\log\{[\text{Cu(II)}]/[\text{Zn(II)}]\} = \\ &= 1,100 + (0,059/2)\log(3,13/6,87) = 1,090 \text{ V} \end{aligned}$$

4. Elektroda cynkowa:

$\text{Zn(II)} + 2e \rightarrow \text{Zn}$ Elektroda miedziowa:

$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu(II)} + 2e$

Zmiana zawartości jonów miedzi = 1,87 milimoli.

Zawartość końcowa jonów miedzi = 5 milimoli

Zmiana zawartości jonów cynku = $1,87 * 0,8 = 1,49 \text{ milimoli}$.

Zawartość końcowa jonów cynku = $6,87 - 1,49 = 5,38 \text{ milimola}$

Siła elektromotoryczna po zakończeniu przepływu prądu:

$$\begin{aligned} \text{SEM} &= 0,337 - (-0,763) + (0,059/2)\log\{[\text{Cu(II)}]/[\text{Zn(II)}]\} = \\ &= 1,100 - 0,0009 = 1,0991 \text{ V} \approx 1,100 \text{ V} \end{aligned}$$

5. Elektroda cynkowa:

po eksperymencie w punkcie 3: $0,0687 \text{ mol/dm}^3$
po eksperymencie w punkcie 4: $0,05 \text{ mol/dm}^3$

Elektroda miedziowa:

po eksperymencie w punkcie 3: $0,0313 \text{ mol/dm}^3$
po eksperymencie w punkcie 4: $0,05 \text{ mol/dm}^3$

Punktacja

Po 2 pkt za prawidłową odpowiedź w każdym z podpunktów RAZEM: **10 pkt**