



# ETAP I

21.11.2009

## Zadania teoretyczne

### ZADANIE 1

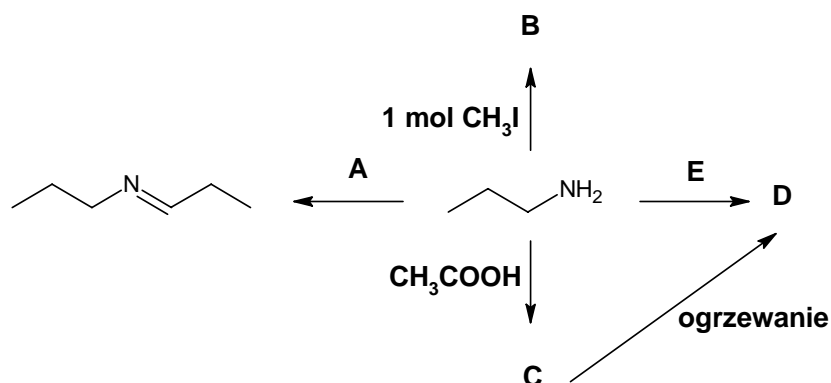
#### A. (10 pkt.) Krótki test z chemii organicznej

- Do całkowitego spalenia 0,5 mola związku o wzorze sumarycznym  $C_4H_{10}O$  potrzeba:
  - 6 mmoli tlenu cząsteczkowego;
  - $67,2 \text{ dm}^3$  tlenu cząsteczkowego w przeliczeniu na warunki normalne;
  - $11,2 \text{ dm}^3$  tlenu cząsteczkowego w przeliczeniu na warunki normalne;
  - 4 mole tlenu cząsteczkowego.
- Wskaż zdanie poprawnie opisujące budowę cząsteczek benzenu:
  - Cząsteczki benzenu są zbudowane z atomów węgla o hybrydyzacji orbitali walencyjnych  $sp^2$  i przyjmują konformację krzesłową.
  - Cząsteczki benzenu są zbudowane z atomów węgla o hybrydyzacji orbitali walencyjnych  $sp^3$  i przyjmują konformację krzesłową.
  - Cząsteczki benzenu są płaskie, a orbitalom walencyjnym atomów węgla można przypisać hybrydyzację  $sp^2$ .
  - Cząsteczki benzenu są płaskie, a orbitalom walencyjnym atomów węgla można przypisać hybrydyzację  $sp^3$ .
- W wyniku reakcji etynu z wodą wobec jonów  $Hg^{2+}$ , w środowisku kwaśnym, powstaje:
  - etanol;    b) etanal;    c) kwas etanowy;    d) żadna z tych odpowiedzi nie jest prawidłowa.
- Fenol w kontakcie z wodą wykazuje charakter:
  - słabego kwasu;    b) słabej zasady;    c) związku obojętnego;    d) związku amfoterycznego.
- Poddając propanon próbie Trommera, można stwierdzić, że związek ten:
  - ulega utlenieniu do kwasu octowego;    b) ulega utlenieniu do kwasu propionowego;
  - ulega redukcji do propan-2-olu;    d) nie ulega reakcji.
- W wyniku addycji HCl do związku o wzorze  $H_3C-\overset{\overset{H_2C-CH_3}{|}}{C}=CH-CH_2-CH_3$  powstaje:
  - związek o konfiguracji absolutnej R;    b) związek o konfiguracji absolutnej S;
  - równomolowa mieszanina enancjomerów R i S;
  - związek, który nie ma asymetrycznych atomów węgla.
- Glicyna – najprostszy aminokwas:
  - powstaje w wyniku reakcji odpowiedniego kwasu z odpowiednią aminą;
  - ma jeden asymetryczny atom węgla;    c) wykazuje właściwości zarówno kwasu jak i zasady;
  - jest bezbarwną cieczą o słodkawym zapachu.
- Toluen reaguje z  $Cl_2$ 
  - tylko wobec światła;    b) tylko wobec  $FeCl_3$ ;    c) zarówno wobec światła jak i wobec  $FeCl_3$ ;
  - żadna z powyższych odpowiedzi nie jest prawidłowa.
- W stosunku do aldehydów prawdziwe jest następujące stwierdzenie:
  - reagują z aminami I-rzędowymi tworząc iminy ( $-C=N-$ );
  - ulegają reakcji z  $Ag_2O$  tworząc alkohole;    c) są izomerami alkanoli;
  - można je zredukować do kwasów karboksylowych.

## 10. Kwas benzoesowy

- a) należy do hydrokso kwasów;
- b) w reakcji z mieszaniną  $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$  tworzy głównie kwas 2-nitrobenzoesowy;
- c) reaguje z etanolem wobec  $\text{SOCl}_2$ ;
- d) jest jasnożółtą cieczą.

**B.** (10 pkt.) Narysuj wzory półstrukturalne (grupowe) lub szkieletowe substancji organicznych, które kryją się pod literami **A-E** na poniższym schemacie.



## ZADANIE 2

### Jednorazowe testy chemiczne

Jednym z kierunków rozwoju chemii analitycznej jest opracowywanie prostych i szybkich metod identyfikacji składu próbek i zawartości ich składników. Wygodnym narzędziem analitycznym stają się tzw. szybkie / suche testy, np. w postaci pasków zawierających odpowiednie odczynniki, które po zanurzeniu do roztworu próbki przyjmują pewne zabarwienie. Na podstawie tego można określić stężenie analizowanej substancji.

Rozwiązując zadanie zapoznasz się z zasadą działania testu paskowego służącego do określania stężenia jonów chlorkowych w solance. Pole testowe zawiera czerwonobrunatno zabarwiony dichromian(VI) srebra. W wyniku reakcji z jonami chlorkowymi następuje zmiana zabarwienia, na podstawie której określane jest stężenie  $\text{NaCl}$  w analizowanym roztworze.

### Polecenia:

- a. (4 pkt.) Zapisz w formie jonowej równanie reakcji przebiegającej po zanurzeniu paska testowego w roztworze zawierającym  $\text{NaCl}$ . Określ, jakie zmiany barwy towarzyszą tej reakcji.
- b. (4 pkt.) Na podstawie podanych wartości iloczynów rozpuszczalności wykaż, że powyższa reakcja przebiega do końca „w prawo” (dowodząc, że stała równowagi tej reakcji jest dużo większa od 1).
- c. (3 pkt.) Po zalkalizowaniu roztworu zawierającego jony dichromianowe(VI) następuje odwracalna zmiana barwy. Zapisz w formie jonowej równanie przebiegającej reakcji i określ barwę produktu.
- d. (5 pkt.) W opisanej analizie niektóre substancje mogą zakłócać pomiar (np. wskazywać pozytywny wynik w nieobecności jonów chlorkowych lub powodować powstawanie związków o innej barwie, utrudniającej korzystanie z testu). Czy wymienione jony / cząsteczki w stężeniu  $0,1 \text{ mol/dm}^3$ :  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_3$  będą przeszkadzały w analizie? Odpowiedź uzasadnij.
- e. (4 pkt.) W analizie przeszkadzają również substancje, które mogą być utleniane przez jony  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , np. nadtlenek wodoru. Zapisz w formie jonowej równanie reakcji jonów  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  z nadtlenkiem wodoru w środowisku kwaśnym. Przedstaw równania reakcji półkowych, które są podstawą bilansu elektronowego.

Wartości iloczynów rozpuszczalności:  $K_{s0}(\text{AgCl}) = 2 \cdot 10^{-10}$ ,  $K_{s0}(\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 2 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{s0}(\text{AgI}) = 8 \cdot 10^{-17}$ .

### ZADANIE 3

#### **Alotropia**

Odważono dwie próbki soli: 5,04 g  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  i 9,61 g  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ . Naważki te umieszczono w dwóch oddzielnych naczyniach i każdą z soli rozpuszczono w  $100 \text{ cm}^3$  wody. Do zlewki zawierającej siarczek sodu dodano około  $15 \text{ cm}^3$  20 %-go roztworu kwasu siarkowego(VI), a następnie rozpoczęto wkraplanie roztworu siarczanu(IV) sodu, intensywnie mieszając. Wytrącony, jasnożółty osad odsączono, przemyto wodą i wysuszono do stałej masy w temperaturze  $90^\circ\text{C}$ , w atmosferze argonu. Masa osadu odpowiadała  $5,0 \cdot 10^{-3}$  mola otrzymanego produktu **A**, a wydajność procesu wyniosła 66,7%.

Równolegle wykonano eksperyment, w którym do schłodzonego roztworu tiosiarczanu sodu dodawano stopniowo stężony kwas solny. Podczas reakcji zaobserwowano wydzielanie się bezbarwnego gazu o charakterystycznym zapachu oraz wytrącanie się szaro-żółtego osadu. Stałe produkty reakcji odsączono, przemyto wodą, a następnie rozpuszczono w niewielkiej ilości toluenu. Wytrącane pomarańczowe kryształy **B** przemyto i wysuszono.

Na podstawie dalszych badań ustalono, że produkty **A** i **B** są odmianami alotropowymi pewnej substancji, a badania przeprowadzone z wykorzystaniem spektrometru masowego pozwoliły ustalić, że masa molowa substancji **B** wynosi około 192 g/mol.

Różne odmiany alotropowe substancji **A** i **B** stanowią kryształy złożone z cząsteczek  $Y_x$  (gdzie  $x$  może przyjmować wartości 2, 6, 7, 8, 18, 20 i inne), czyli kryształy molekularne. Cząsteczki  $Y_x$  istnieją także po stopieniu kryształów, a nawet po przeprowadzeniu substancji **A** lub **B** do fazy gazowej. Twoim zadaniem będzie wyznaczenie wartości  $x$  dla produktu **A** i **B** oraz określenie struktury elektronowej oraz przestrzennej cząsteczek występujących w tych substancjach.

#### **Polecenia:**

- (3 pkt.) Napisz w formie jonowej równanie reakcji zachodzącej w zakwaszonym roztworze zawierającym siarczan(IV) sodu oraz siarczek sodu.
- (6 pkt.) Podaj wzór sumaryczny i nazwę substancji **A**. Odpowiedź uzasadnij i potwierdź stosownymi obliczeniami.
- (3 pkt.) Podaj wzór sumaryczny i nazwę substancji **B**. Odpowiedź uzasadnij i potwierdź stosownymi obliczeniami.
- (3 pkt.) Napisz w formie cząsteczkowej równanie reakcji pomiędzy tiosiarczanem sodu i kwasem solnym. Załóż, że jedynym produktem gazowym jest ditlenek siarki(IV).
- (5 pkt.) Przedstaw wzór elektronowy cząsteczki substancji **A** oraz narysuj jej budowę przestrzenną.

W obliczeniach przyjmij następujące wartości mas molowych:

H – 1,01 g/mol; O – 16,00 g/mol, S – 32,07 g/mol, Na – 22,99 g/mol

### ZADANIE 4

#### **Termodynamika syntezy związków azotu z wodorem**

Związki azotu z wodorem mają duże znaczenie technologiczne. Dotyczy to przede wszystkim amoniaku, który jest wytwarzany (a zarazem stosowany) na olbrzymią skalę przez przemysł nawozów sztucznych. Hydrazyna  $\text{N}_2\text{H}_4$  znalazła z kolei zastosowanie m.in. jako paliwo raketowe. Pochodne azynu wodoru  $\text{HN}_3$  – azydki metali ciężkich (np. ołowiu, rtęci, srebra) – mają właściwości wybuchowe, a azydki sodu  $\text{NaN}_3$  jest głównym składnikiem detonującym samochodowe poduszki powietrzne.

#### **Polecenia:**

- (1,5 pkt.) Napisz równania reakcji syntezy amoniaku (reakcja I), hydrazyny  $\text{N}_2\text{H}_4$  (reakcja II) i azydu wodoru  $\text{HN}_3$  (reakcja III) z pierwiastków.
- (4 pkt.) Korzystając z danych termodynamicznych zamieszczonych w tabeli (str. 4) oblicz wartości standardowych entalpii swobodnych tych reakcji w temperaturze 298 K. Wskaż, który z produktów jest związkiem termodynamicznie trwałym w tej temperaturze.

- c. (4 pkt.) Oblicz wartość stałej równowagi reakcji I w temperaturach  $T = 298 \text{ K}$  i  $450 \text{ K}$ . Dla uproszczenia obliczeń przyjmij niezależność standardowej entalpii i entropii reakcji od temperatury.
- d. (8,5 pkt.) W termostатовanym naczyniu ( $450 \text{ K}$ ) umieszczono diazot i diwodór w stosunku molowym  $1 : 3$ , pod ciśnieniem  $1 \text{ bar}$  oraz pewną ilość stałego katalizatora. Przyjmując, że w układzie biegnie wyłącznie reakcja I, oblicz równowagowy stopień przemiany oraz całkowite ciśnienie w układzie w stanie równowagi.
- e. (2 pkt.) Biorąc pod uwagę temperaturową zależność stałej równowagi reakcji I, wyjaśnij, dlaczego konieczne jest stosowanie podwyższonych temperatur w przemysłowej syntezie amoniaku.

$$T = 298 \text{ K}$$

Substancja	$\Delta H_{\text{tw}}^{\circ} / \text{kJ mol}^{-1}$	$S_{\text{m}}^{\circ} / \text{kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
$\text{N}_2 (\text{g})$	0	0,191
$\text{H}_2 (\text{g})$	0	0,131
$\text{NH}_3 (\text{g})$	-46,1	0,192
$\text{N}_2\text{H}_4 (\text{c})$	+50,6	0,121
$\text{HN}_3 (\text{g})$	+294,1	0,239

$$\text{Ciśnienie standardowe } p^{\circ} = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}, R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}.$$

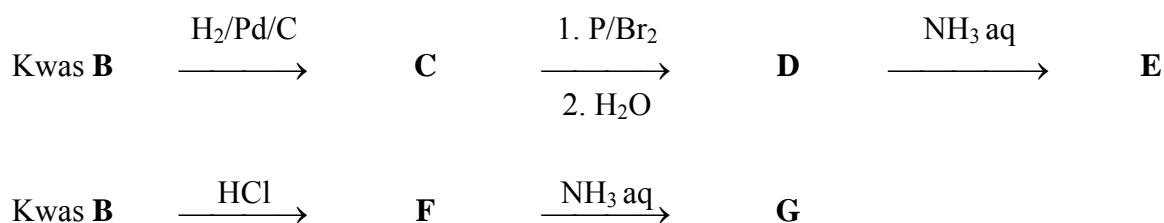
### ZADANIE 5

#### Synteza nienaturalnych aminokwasów

W syntezie organicznej duże znaczenie mają reakcje dobudowy szkieletów węglowych, czyli tworzenia nowych wiązań C–C. Przykładem takiej reakcji jest kondensacja aldolowa, w której z dwu cząsteczek aldehydu tworzy się tzw. aldol – nowy aldehyd o większej cząsteczce.

W wyniku kondensacji aldolowej aldehydu octowego i po eliminacji cząsteczki wody z aldolu (reakcja I) otrzymuje się aldehyd **A**. W wyniku utleniania aldehydu **A** tworzy się kwas karboksylowy **B** o następującym składzie pierwiastkowym: C 55,8 %, H 7,0 %, O 37,2 %.

Kwas **B** poddano reakcjom przedstawionym na poniższym schemacie, których produktami są dwa nienaturalne, izomeryczne aminokwasy **E** i **G**.



Związek **D** ma wzór sumaryczny  $\text{C}_4\text{H}_7\text{BrO}_2$ , a pierwszy etap przejścia  $\text{C} \rightarrow \text{D}$  nosi nazwę reakcji  $\alpha$ -halogenowania. Aminokwasy **E** i **G** otrzymuje się w postaci mieszanin racemicznych, które można rozdzielić na poszczególne enancjomery.

#### Polecenia:

- a. (2 pkt.) Podaj wzór empiryczny (elementarny) i sumaryczny kwasu **B**.
- b. (3 pkt.) Napisz schemat kondensacji aldolowej aldehydu octowego, podając wzory półstrukturalne substratu, produktu pośredniego (aldolu) i produktu końcowego po reakcji eliminacji.
- c. (1 pkt.) Narysuj wzór strukturalny tego izomeru związku **A**, który powstaje w wyniku odwodnienia produktu pośredniego kondensacji aldolowej (jest to trwalsza z dwu możliwych form związku **A**).
- d. (10 pkt.) Podaj wzory półstrukturalne (lub szkieletowe) związków **C** – **G**.
- e. (4 pkt.) Narysuj wzory konfiguracyjne (perspektywiczne) enancjomerów *S* aminokwasów **E** i **G**.

**Czas trwania zawodów: 270 minut**



# ETAP I

21.11.2009

## Rozwiązania zadań teoretycznych

### ROZWIĄZANIE ZADANIA 1

A. 1. b    2. c    3. b    4. a    5. d    6. c    7. c    8. c    9. a    10. c

B.

<b>A</b>	
<b>B</b>	lub        lub
<b>C</b>	lub
<b>D</b>	
<b>E</b>	lub

### Punktacja:

A. Za poprawne wskazanie odpowiedzi na pytania 1-10

10 × 1 pkt. = 10 pkt.

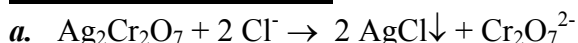
B. Za poprawne przedstawienie wzorów związków A-E

5 × 2 pkt. = 10 pkt.

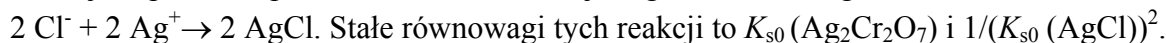
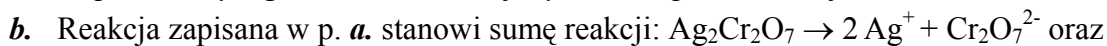
**RAZEM**

**20 pkt.**

### ROZWIĄZANIE ZADANIA 2



W wyniku reakcji czerwono-brunatny osad  $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  rozpuszcza się i powstaje biały osad  $\text{AgCl}$ . Uczniowie mogą udzielać też szerszych odpowiedzi, np. że osad  $\text{AgCl}$  fioletowieje na świetle, roztwór przy powierzchni paska zabarwia się na pomarańczowo od powstających jonów dichromianowych(VI), a sam osad  $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  w kontakcie z wodą przekształca się w trudniej rozpuszczalny  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ , natomiast jony  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  przekształcają się w  $\text{CrO}_4^{2-}$ .



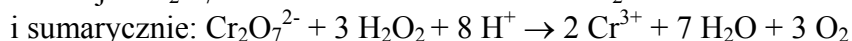
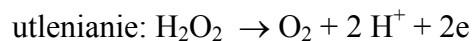
W rezultacie stała równowagi reakcji sumarycznej to:  $K_{s0}(\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) / (K_{s0}(\text{AgCl}))^2$ .

Po podstawieniu wartości liczbowych uzyskujemy:  $2 \cdot 10^{-7} / (2 \cdot 10^{-10})^2 = 5 \cdot 10^{12} (>> 1)$ , czyli reakcja przebiega całkowicie „w prawo”.



d. Jony  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  i  $\text{Na}^+$  nie przeszkadzają, a pozostałe ( $\text{I}^-$  i  $\text{NH}_3$ ) mogą zakłócać pomiar, gdyż jony  $\text{I}^-$  będą tworzyć osad  $\text{AgI}$ , znacznie trudniej rozpuszczalny od  $\text{AgCl}$ , a  $\text{NH}_3$  będzie rozpuszczać  $\text{AgCl}$  (oraz  $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) z wytworzeniem amoniakalnych kompleksów srebra(I).

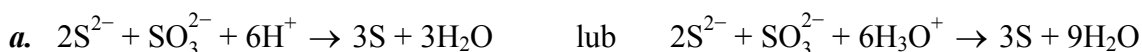
e. Reakcje półowokowe:



**Punktacja:**

- |   |                     |
|---|---------------------|
| a. Za napisanie równania reakcji                                    | 2 pkt.              |
| Za opisanie zmian barwy   | 2 pkt.              |
| b. Za wykazanie, że reakcja przebiega „w prawo”                     | 4 pkt.              |
| c. Za napisanie równania reakcji i podanie barwy                    | 3 pkt.              |
| d. Za wyjaśnienie wpływu poszczególnych jonów/ cząsteczek na pomiar | 5 × 1 pkt. = 5 pkt. |
| e. Za napisanie równania reakcji redoks                             | 4 pkt.              |

**RAZEM: 20 pkt.**

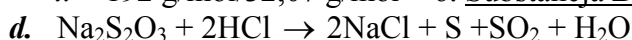
**ROZWIĄZANIE ZADANIA 3**

*Uwaga: odpowiedź będzie również poprawna, jeśli uczeń zamiast siarki elementarnej w równaniu uwzględni polisiarkę  $S_x$  lub  $S_8$  i zbilansuje równanie reakcji oraz jeżeli zamiast jonów siarczkowych uwzględni protonowaną formę tych jonów, tj.  $HS^-$  lub nawet  $H_2S$ .*

- b. W wyniku powyższej reakcji powstaje siarka, która ze względu na swoją budowę elektronową w stanie wolnym występuje w postaci  $S_x$ .

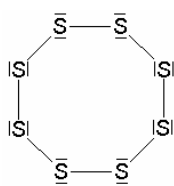
Łatwo można wykazać, że w reakcji użyto stechiometryczne ilości siarczku sodu oraz siarczanu(IV) sodu. Liczba moli siarczanu(IV) wynosiła:  $5,04 \text{ g} / 252,19 \text{ g/mol} = 0,02$  mola, natomiast siarczku użyto  $9,61 \text{ g} / 240,23 \text{ g/mol} = 0,04$  mola, czyli w wyniku reakcji otrzymuje się teoretycznie  $(0,04 \times 3) / 2 = 0,06$  mola siarki elementarnej. Ponieważ wydajność procesu wynosiła 66,7%, otrzymano  $0,06 \text{ mola} \times 66,7\% = 0,04$  mola siarki elementarnej. Ponieważ wartość ta różni się od ilości podanej w zadaniu ( $5,0 \cdot 10^{-3}$  mola), związek **A** musi być polisiarką o wzorze  $S_x$ , gdzie  $x = 0,04 \div 5,0 \cdot 10^{-3} = 8$ . Substancja A ma wzór  $S_8$ , czyli jest to oktasiarka.

- c. Z treści zadania wynika, że produkt **B** jest inną odmianą alotropową polisiarki  $S_x$ , czyli  $x = 192 \text{ g/mol} / 32,07 \text{ g/mol} \approx 6$ . Substancja B ma wzór  $S_6$ , czyli jest to heksasiarka.

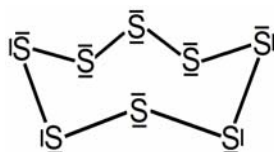


*Uwaga: odpowiedź będzie również poprawna, jeśli uczeń zamiast siarki elementarnej w równaniu uwzględni polisiarkę  $S_x$  lub  $S_6$  lub  $S_8$  i zbilansuje równanie reakcji.*

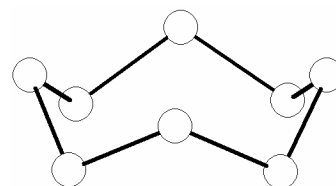
- e. Atom siarki ma na powłoce walencyjnej dwie pary elektronowe oraz dwa niesparowane elektrony, które są wykorzystywane do wiązania kolejnych atomów siarki. Cząsteczka  $S_8$  ma budowę pierścieniową i rdzenie siarki powiązane są wiązaniami kowalencyjnymi. Wzór elektronowy oraz budowa przestrzenna cyklo-oktasiarki są następujące:



lub



Wzór elektronowy  $S_8$ .



Budowa przestrzenna  $S_8$ .

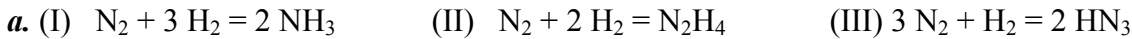
*Kąty  $S - S - S$  wynoszą około  $107^\circ$ , co świadczy o hybrydyzacji  $sp^3$  orbitali walencyjnych atomów siarki.*

**Punktacja:**

- |   |          |
|---|----------|
| a. Za napisanie równania reakcji  | 3,0 pkt. |
| b. Za obliczenia i uzasadnienie wzoru substancji A                          | 4,0 pkt. |
| Za podanie wzoru substancji A   | 1,0 pkt. |
| Za podanie nazwy substancji A   | 1,0 pkt. |
| c. Za podanie wzoru i nazwy substancji B, obliczenia i uzasadnienie         | 3,0 pkt. |
| d. Za napisanie równania reakcji  | 3,0 pkt. |
| e. Za podanie wzoru elektronowego cząsteczki substancji A                   | 2,5 pkt. |
| Za narysowanie (ew. omówienie) budowy przestrzennej cząsteczki substancji A | 2,5 pkt. |

**RAZEM 20 pkt.**

#### ROZWIĄZANIE ZADANIA 4



b.  $\Delta G^{\circ}_I = \Delta H^{\circ}_I - T \Delta S^{\circ}_I = 2 \Delta H^{\circ}_{tw}(NH_3) - T [2 S^{\circ}_m(NH_3) - S^{\circ}_m(N_2) - 3 S^{\circ}_m(H_2)] =$   
 $= 2 \cdot (-46,1) - 298 \cdot (2 \cdot 0,192 - 0,191 - 3 \cdot 0,131) = -92,2 - 298 \cdot (-0,200) = \underline{-32,6 \text{ kJ mol}^{-1}}$

Analogicznie obliczamy:

$$\Delta G^{\circ}_{II} = \Delta H^{\circ}_{tw}(N_2H_4) - T [S^{\circ}_m(N_2H_4) - S^{\circ}_m(N_2) - 2 S^{\circ}_m(H_2)] =$$
$$= 50,6 - 298 \cdot (0,121 - 0,191 - 2 \cdot 0,131) = 50,6 - 298 \cdot (-0,332) = \underline{149,5 \text{ kJ mol}^{-1}}$$

$$\Delta G^{\circ}_{III} = 2 \Delta H^{\circ}_{tw}(HN_3) - T [2 S^{\circ}_m(HN_3) - 3 S^{\circ}_m(N_2) - S^{\circ}_m(H_2)] =$$
$$= 2 \cdot 294,1 - 298 \cdot (2 \cdot 0,239 - 3 \cdot 0,191 - 0,131) = 588,2 - 298 \cdot (-0,226) = \underline{655,5 \text{ kJ mol}^{-1}}$$

Jedynie amoniak jest związkiem termodynamicznie trwałym w temperaturze 298 K.

c. Obliczamy wartość standardowej entalpii swobodnej reakcji I w temp. 450 K.

$$\Delta G^{\circ}_{I(450)} = 2 \cdot (-46,1) - 450 \cdot (2 \cdot 0,192 - 0,191 - 3 \cdot 0,131) = -92,2 - 450 \cdot (-0,200) = \underline{-2,2 \text{ kJ mol}^{-1}}$$

Obliczamy wartości stałych równowagi:

$$\Delta G^{\circ}_I = -RT \ln K_I, \text{ stąd } K_I = \exp(-\Delta G^{\circ}_I / RT)$$

$$K_{I(298)} = \underline{5,2 \cdot 10^5} \quad \text{i} \quad K_{I(450)} = \underline{1,80}$$

d. Stała równowagi reakcji I jest określona przez równowagowe ciśnienia cząstkowe:

$$K_{I(450)} = \frac{(p_{NH_3} / p^{\circ})^2}{(p_{N_2} / p^{\circ})(p_{H_2} / p^{\circ})^3}$$

W stanie początkowym:  $p_{N_2} = 0,25 \text{ bar}$  i  $p_{H_2} = 0,75 \text{ bar}$

W stanie równowagi:  $p_{N_2} = 0,25 - x$ ;  $p_{H_2} = 0,75 - 3x$ ;  $p_{NH_3} = 2x$

$$K_{I(450)} = \frac{(2x)^2}{(0,25 - x)(0,75 - 3x)^3} = \frac{4x^2}{27(0,25 - x)^4}$$
$$\frac{x^2}{(0,25 - x)^4} = \frac{27 \cdot 1,80}{4} = 12,15$$

$$\frac{x}{(0,25 - x)^2} = 3,486 \text{ (bierzemy jedynie dodatni pierwiastek, ponieważ tylko wtedy } x > 0)$$

Przekształcamy równanie kwadratowe

$$x = 3,486 \cdot (0,0625 - 0,5x + x^2) \quad \Rightarrow \quad x^2 - 0,787x + 0,0625 = 0$$

$$x = \underline{0,090 \text{ bar}} \text{ lub } x = 0,697 \text{ bar (tylko pierwszy wynik spełnia warunki zadania)}$$

Stopień przemiany wynosi  $\alpha = 0,090/0,25 = \underline{0,36}$

Całkowite ciśnienie równowagowe wynosi  $p_c = 0,25 - x + 0,75 - 3x + 2x = 1 - 2x = \underline{0,82 \text{ bar}}$

e. Równowaga reakcji syntezy amoniaku zmienia się na niekorzyść ze wzrostem temperatury, ale obniżenie temperatury powoduje zmniejszenie szybkości reakcji. Stosowanie podwyższonej temperatury jest więc uzasadnione względami kinetycznymi, gdyż przyspiesza reakcję.

#### **Punktacja:**

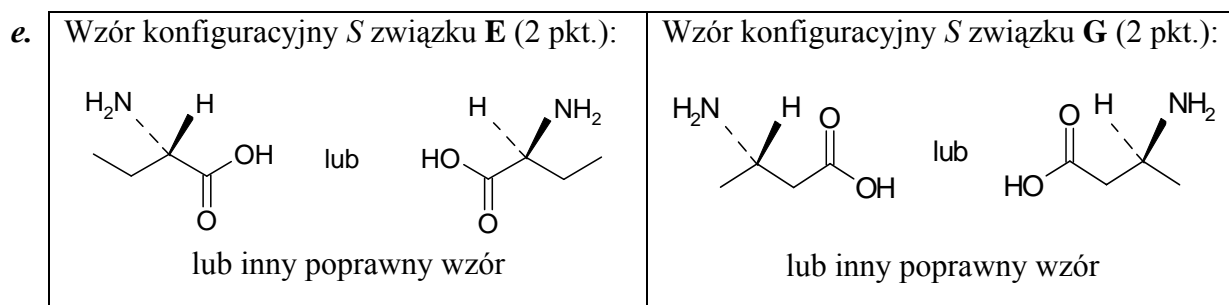
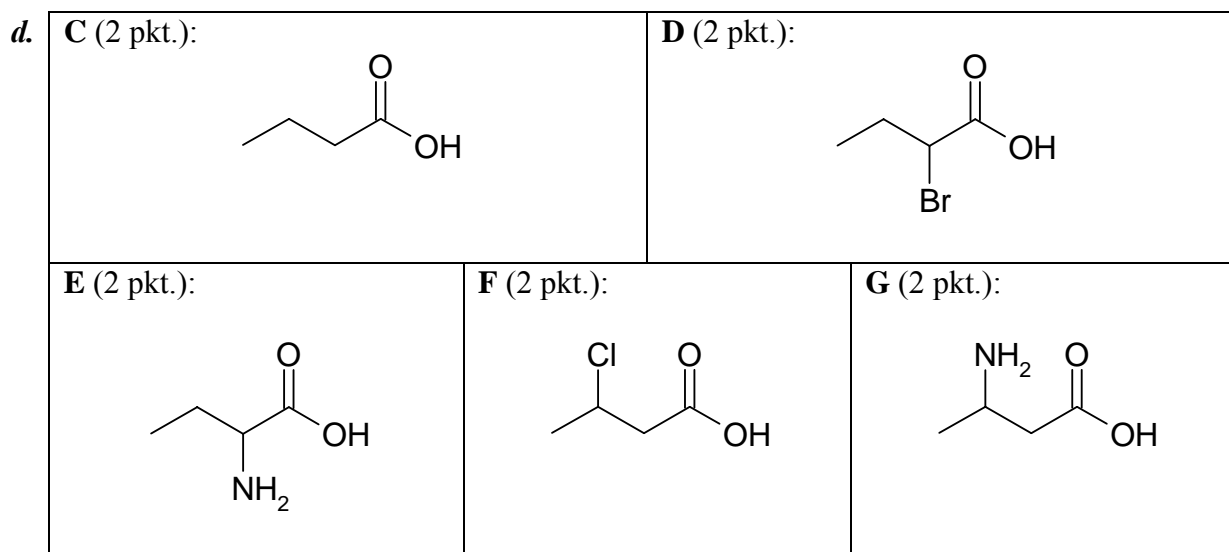
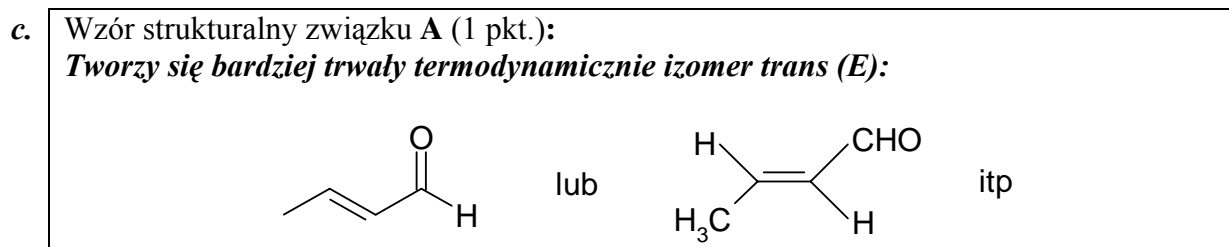
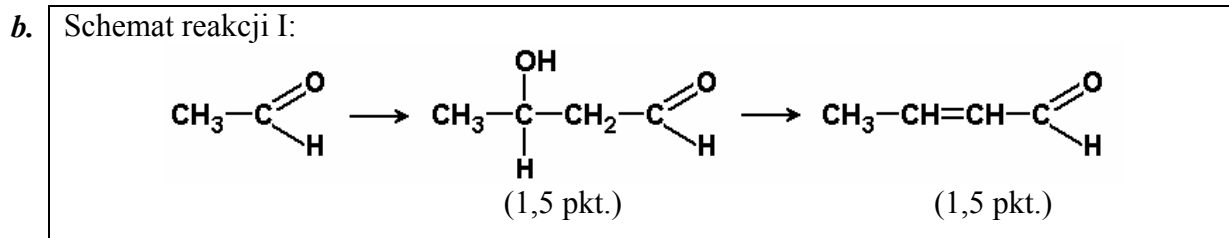
a. Za napisanie równań reakcji	3 × 0,5 pkt. = 1,5 pkt.
b. Za obliczenie entalpii swobodnych reakcji	3,0 pkt.
Za prawidłowe wskazanie produktu	1,0 pkt.
c. Za obliczenie entalpii swobodnej reakcji	1,0 pkt.
Za obliczenie stałych równowagi	3,0 pkt.
d. Za obliczenie stopnia konwersji	6,5 pkt.
Za obliczenie całkowitego ciśnienia w układzie w stanie równowagi	2,0 pkt.
e. Za prawidłową odpowiedź	2,0 pkt.

**RAZEM**

**20 pkt.**

**ROZWIĄZANIE ZADANIA 5**

<b>a.</b> Wzór elementarny związku <b>B</b> (1 pkt.):	Wzór sumaryczny związku <b>B</b> (1 pkt.):
$C_2H_3O$	$C_4H_6O_2$

**RAZEM 20 pkt.**

Uwaga! W odpowiedziach na polecenia **c.** – **e.** podano wzory szkieletowe, ale uznawać należy również każdy inny poprawny wzór związku (skrócony, półstrukturalny, strukturalny). Uznajemy także wzory aminokwasów w postaci jonów obojnych.