



## XXV Konkurs Chemiczny dla Uczniów Szkół Średnich



### Etap II

#### Zadanie 1

Lizol to preparat (tzw. preparat galenowy) o silnych właściwościach bakteriobójczych. Obecnie jego znaczenie spadło (ze względu na właściwości toksyczne i drażniące), jednakże do lat 70' XX w. stosowany był powszechnie do dezynfekcji podłóg i sanitariatów, skóry, a także jako preparat antykoncepcyjny. Lizol otrzymywany był przez rozpuszczenie mieszaniny izomerycznych związków **X** w mydle potasowym. Wyizolowano główny izomer, **X1**, który poddano analizie. Stwierdzono, że:

- **X1** zawiera tylko węgiel (77,75%), tlen (14,80%) i wodór;
- **X1** reaguje z wodnym roztworem wodorotlenku sodu;
- podczas katalitycznego uwodornienia cząsteczka **X1** przyłącza trzy cząsteczki wodoru;
- **X1** reaguje z wodą bromową zarówno na świetle, jak i w obecności kwasów Lewisa;
- nitrowanie **X1** prowadzi do powstania mieszaniny czterech aromatycznych mononitropochodnych, z których dwie są produktami dominującymi (odpowiednio 50% i 48%), a dwie stanowią po około 1% produktu nitrowania.

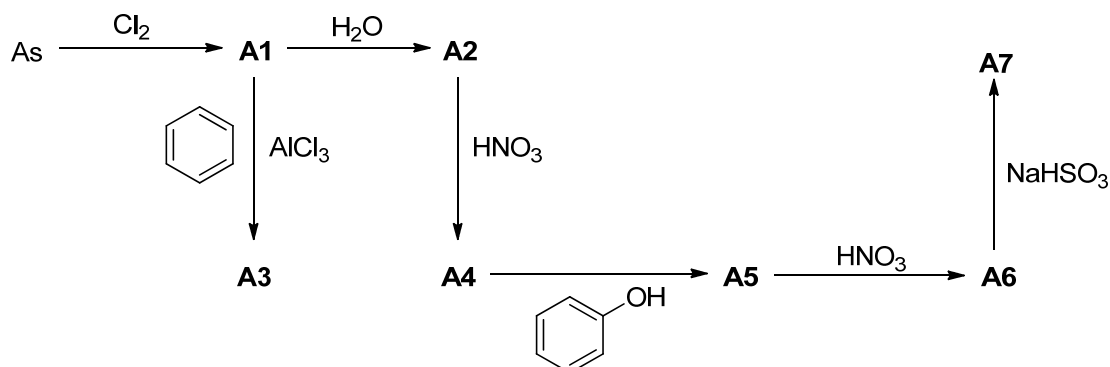
- a. Narysuj wzór szkieletowy i podaj nazwę systematyczną związku **X1**;
- b. Zaproponuj metodę syntezy **X1** z substratów nieorganicznych;
- c. Jakie izomery dominują wśród produktów nitrowania (narysuj ich wzory)? Dlaczego?
- d. Narysuj wzory szkieletowe i podaj nazwy wszystkich izomerów **X1**, będących związkami aromatycznymi.

#### Zadanie 2

Opracowanie każdej technologii chemicznej wiąże się nie tylko z optymalizacją procesu produkcji, ale także metod utylizacji i zagospodarowania odpadów. Ciekłe odpady przemysłu chemicznego poddaje się często sekwencji reakcji utleniania bądź redukcji (w zależności od składników zawartych w odpadach; jako utleniacz stosuje się 5% roztwór chloranu(I) sodu  $d = 1,09 \text{ g/cm}^3$ , jako reduktor 5% roztwór siarczanu(VI) hydrazyny –  $\text{N}_2\text{H}_4 \times \text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $d = 1,05 \text{ g/cm}^3$ ) i zubożniania (przy pomocy 10% roztworu kwasu siarkowego(VI),  $d = 1,07 \text{ g/cm}^3$  lub 10% roztworu NaOH,  $d = 1,11 \text{ g/cm}^3$ ). Jony metali ciężkich obecne z uzyskanej mieszaninie wytrąca się następnie przy pomocy 10% roztworu węglanu sodu ( $d = 1,1 \text{ g/cm}^3$ ). Po oddzieleniu osadu (który składa się w mogilnikach lub przekazuje się do recyklingu) przesącz odprowadzany jest najczęściej do ścieków komunalnych. Do utylizacji przekazano  $1000 \text{ dm}^3$  odpadów pogalwanizacyjnych, zawierających 111 g tlenu chromu(VI) i 130 g kwasu siarkowego(VI) w  $1 \text{ dm}^3$ . Gęstość odpadów wynosiła  $1,1 \text{ g/cm}^3$ . Jakie reagenty i w jakiej ilości będą potrzebne do utylizacji kąpielii. Wyniki wyraż w  $\text{dm}^3$ . Jakie produkty zostaną wydzielone w postaci osadu, a jakie znajdą się w roztworze? Zapisz równania zachodzących reakcji. Hydrazyna utlenia się do azotu cząsteczkowego.

## Zadanie 3

Związki arsenu pełniły i pełnią ważną rolę w medycynie, rolnictwie oraz w przemyśle wojskowym. Na poniższym schemacie zaprezentowano drogę syntezy związków **A1-A7** z arsenu.

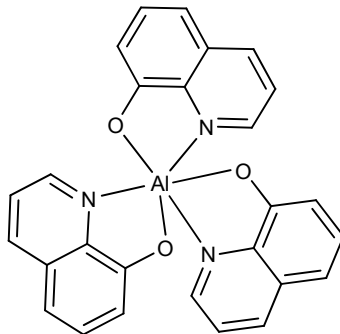


- A1** jest bezbarwną, lotną cieczą o gęstości par w temperaturze wrzenia ( $130^\circ\text{C}$ ) wynoszącej  $5,48 \text{ g/dm}^3$  (ciśnienie normalne);
- A2** jest bezbarwną substancją stałą, stosowaną jako lek przeciwnowotworowy (w leczeniu niektórych typów białaczek). Rozpuszcza się w wodzie (tworząc roztwory o odczynie lekko kwaśnym) i w wodnych roztworach zasad. Zawiera 75,74% As.
- A3** był stosowany jako bojowy środek trujący w czasie I wojny światowej. W kontakcie z wodą hydroлізуje, wydzielając chlorowodór. Rozpuszczenie  $1,2505 \text{ g}$  związku **A3** w  $1 \text{ dm}^3$  wody prowadzi do otrzymania roztworu o  $\text{pH}$  1,95 (zaniedbaj zmianę objętości i wpływ innych produktów hydroлізу na  $\text{pH}$ ).
- A4** jest związkiem o właściwościach kwasowych. Jest kwasem średniej mocy. Krystalizuje z dwiema cząsteczkami wody. Rozpuszczenie  $10,8 \text{ g}$  dihydratu **A4** w  $877 \text{ cm}^3$  wody prowadzi do otrzymania roztworu  $0,0704 \text{ M}$  ( $d = 1,03 \text{ g/cm}^3$ ).
- W wyniku spalenia  $1,0000 \text{ g}$  **A5** otrzymano  $1,2116 \text{ g}$  tlenku węgla(IV),  $0,2891 \text{ g}$  wody i  $0,4539 \text{ g}$  **A2**.  $1 \text{ mol}$  **A5** reaguje z 3 molami NaOH. W cząsteczce **A5** nie tworzą się wewnątrzcząsteczkowe wiązania wodorowe.
- Związek **A6** tworzy żółte kryształy. Do 2013 był stosowany (pod nazwą Roxarsone) jako substancja przyspieszająca przyrost masy drobiu i trzody chlewnej. W substancji **A6** stosunek masowy pierwiastków należących do tej samej grupy układu okresowego wynosi 1:5,35.
- Związek **A7** stosowany był w medycynie (pod nazwą salwarsan) do leczenia zakażeń krętkiem białym. **A7** jest mieszaniną oligomerów. Po zjonizowaniu cząsteczek **A7** na drodze ich protonowania (przyłączenia jonu  $\text{H}^+$ ) zmierzono dla nich stosunek masy do ładunku (zarejestrowano tzw. widmo masowe). Stwierdzono, że masy cząsteczkowe głównych homologów wchodzących w skład **A7** wynoszą 549 i 915 u. **A7** reaguje zarówno z roztworem NaOH, jak i z roztworem HCl. W wyniku spalenia **A7** i **A6** powstają te same produkty.

Podaj wzory sumaryczne (związki nieorganiczne) lub szkieletowe (związki organiczne) substancji **A1-A7**. Zapisz równania reakcji przedstawionych na diagramie. Dlaczego wodne roztwory (o tym samym stężeniu) substancji **A4** mają niższe  $\text{pH}$ , niż substancji **A2**?

**Zadanie 4**

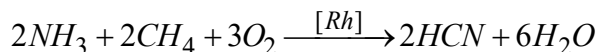
Metaliczny glin uzyskuje się w procesie Halla-Heroult, elektrolizie roztworu tlenku glinu (uzyskanego z boksytu) w topniku (stopionym heksafluoroglinianie(III) sodu) na elektrodach grafitowych. Wydajność procesu determinowana jest przez szereg reakcji ubocznych, m.in. wydzielanie się elementarnego sodu lub fosforu. Aby obliczyć wydajność procesu Halla-Heroult poddano elektrolizie stop  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , przepuszczając prąd o natężeniu 3 A przez 260 min. Cały uzyskany metaliczny glin oddzielono i rozpuszczono w kwasie solnym, a uzyskany roztwór rozcieńczono do objętości  $100 \text{ cm}^3$ . Z  $10 \text{ cm}^3$  tak uzyskanego roztworu wytrącono glin w postaci tris(8-oksochinolinianu) glinu. Po odsączeniu i wysuszeniu uzyskano 6,6843 g kompleksu. Oblicz wydajność metody Halla-Heroult.



tris(8-oksochinolinian) glinu

**Zadanie 5**

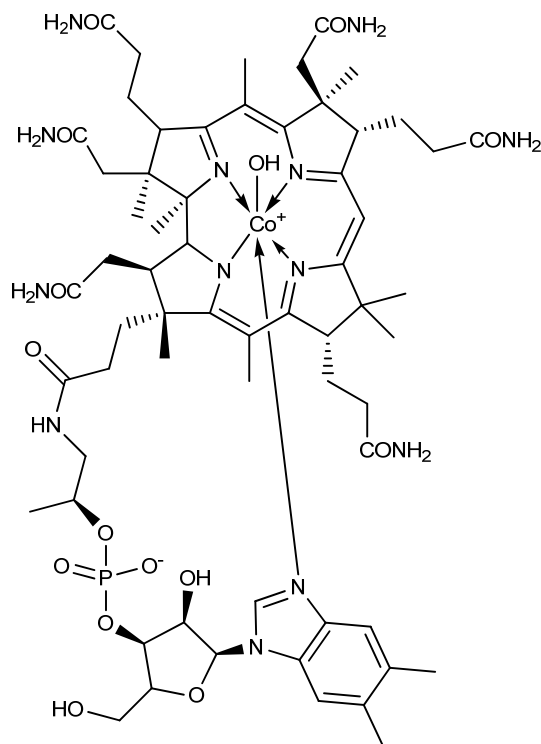
Cyjanowódor jest bezbarwną, lotną cieczą o zapachu gorzkich migdałów. Ma duże znaczenie jako substrat w przemyśle chemicznym, m.in. w syntezie leków, pestycydów i polimerów. Jedną z przemysłowych metod otrzymywania cyjanowodoru jest proces Andrusowa:



Proces ten jest egzotermiczny, entalpia reakcji wynosi  $-475 \text{ kJ/mol HCN}$ .

- Jaką geometrię ma cząsteczka cyjanowodoru?
- Zaproponuj dowolną laboratoryjną metodę syntezy cyjanowodoru.
- Kwas cyjanowodorowy (roztwór cyjanowodoru w wodzie) jest bardzo słabym kwasem. Stwierdzono, że roztwór zawierający 48,6 g HCN w  $1 \text{ dm}^3$  ma  $\text{pH} = 4,55$ . Oblicz  $\text{p}K_a$  kwasu cyjanowodorowego.
- Cyjanowódor i jego sole są bardzo silnymi truciznami. Jaki jest mechanizm działania tych związków na organizm zwierzęcy?
- Jako odtrutkę przy zatruciu cyjankami stosuje się siarczan(VI) żelaza(II) (podawany doustnie), tiosiarczan(VI) sodu (podawany dożylnie) lub hydroksykobalaminę (witamina  $\text{B}_{12a}$ ; podawana dożylnie). Zaproponuj mechanizm działania każdej z wymienionych odtrutek (zapisz równania reakcji).
- Transport i przechowywanie cyjanowodoru obarczone są dużym ryzykiem ze względu na polimeryzację tego związku. Proces ten jest silnie egzotermiczny i autokatalityczny – w jego konsekwencji następuje nagły wzrost temperatury zawartości zbiornika, prowadzący do wzrostu ciśnienia i wybuchu. Oblicz ciepło polimeryzacji cyjanowodoru (wyrażone w kJ na 1 kg substratu). Entalpia spalania polimeru wynosi  $-21 \text{ kJ/g}$ .  $\Delta H_{\text{tr}}(\text{CO}_2) = -393 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta H_{\text{tr}}(\text{H}_2\text{O}) = -242 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta H_{\text{tr}}(\text{CH}_4) = -75 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta H_{\text{tr}}(\text{NH}_3) = -46 \text{ kJ/mol}$ . Załóż, że produkty spalania monomeru i polimeru są takie same. Jednym z produktów spalania jest azot.
- Wodne roztwory zawierające cyjanki utylizuje się przez utlenianie za pomocą chloranu(I) sodu. W zależności od  $\text{pH}$  produktem reakcji są cyjaniany bądź węglany i azot. Zapisz równania zachodzących reakcji.

Poznań, 30.11.2019



hydroksykobalamina

Punktacja:

Zadanie 1	32	pkt.
Zadanie 2	15	pkt.
Zadanie 3	27	pkt.
Zadanie 4	15	pkt.
Zadanie 5	26	pkt.
Łącznie	115	pkt.

**Czas trwania zawodów: 180 min.**

**UWAGA: Masy atomowe należy zaokrąglić do pierwszego miejsca po przecinku!**

**W roku akademickim 2019/2020 Konkurs Chemiczny został dofinansowany przez Fundację UAM w ramach programu**

**Fund\_Akcja 2019**

**projekt:**

***Konkurs Chemiczny UAM – 25 lat popularyzacji chemii***

<b>H</b> 1,008																	<b>He</b> 4,003
<b>Li</b> 6,941	<b>Be</b> 9,012											<b>B</b> 10,811	<b>C</b> 12,011	<b>N</b> 14,067	<b>O</b> 15,999	<b>F</b> 18,998	<b>Ne</b> 20,180
<b>Na</b> 22,990	<b>Mg</b> 24,305											<b>Al</b> 26,982	<b>Si</b> 28,086	<b>P</b> 30,974	<b>S</b> 32,066	<b>Cl</b> 35,453	<b>Ar</b> 39,948
<b>K</b> 39,098	<b>Ca</b> 40,078	<b>Sc</b> 44,956	<b>Ti</b> 47,867	<b>V</b> 50,941	<b>Cr</b> 51,996	<b>Mn</b> 54,938	<b>Fe</b> 55,845	<b>Co</b> 58,933	<b>Ni</b> 58,693	<b>Cu</b> 63,546	<b>Zn</b> 65,39	<b>Ga</b> 69,723	<b>Ge</b> 72,61	<b>As</b> 74,922	<b>Se</b> 78,96	<b>Br</b> 79,904	<b>Kr</b> 83,80
<b>Rb</b> 85,468	<b>Sr</b> 87,62	<b>Y</b> 88,906	<b>Zr</b> 91,224	<b>Nb</b> 92,906	<b>Mo</b> 95,94	<b>Tc</b> 98,906	<b>Ru</b> 101,07	<b>Rh</b> 102,905	<b>Pd</b> 106,42	<b>Ag</b> 107,868	<b>Cd</b> 112,411	<b>In</b> 114,818	<b>Sn</b> 118,710	<b>Sb</b> 121,760	<b>Te</b> 127,60	<b>I</b> 126,904	<b>Xe</b> 131,29
<b>Cs</b> 132,905	<b>Ba</b> 137,327	<b>La</b> 138,906	<b>Hf</b> 178,49	<b>Ta</b> 180,948	<b>W</b> 183,84	<b>Re</b> 186,207	<b>Os</b> 190,23	<b>Ir</b> 192,217	<b>Pt</b> 195,078	<b>Au</b> 196,967	<b>Hg</b> 200,59	<b>Tl</b> 204,383	<b>Pb</b> 207,2	<b>Bi</b> 208,980	<b>Po</b> 208,982	<b>At</b> 209,987	<b>Rn</b> 222,018
<b>Fr</b> 223,020	<b>Ra</b> 226,025	<b>Ac</b> 227,028															

**Lantanowce**

<b>Ce</b> 140,116	<b>Pr</b> 140,908	<b>Nd</b> 144,24	<b>Pm</b> 146,915	<b>Sm</b> 150,36	<b>Eu</b> 151,964	<b>Gd</b> 157,25	<b>Tb</b> 158,925	<b>Dy</b> 162,50	<b>Ho</b> 164,930	<b>Er</b> 167,26	<b>Tm</b> 168,934	<b>Yb</b> 173,04	<b>Lu</b> 174,967
<b>Th</b> 232,038	<b>Pa</b> 231,036	<b>U</b> 238,029	<b>Np</b> 237,048	<b>Pu</b> 244,064	<b>Am</b> 243,061	<b>Cm</b> 247,070	<b>Bk</b> 247,070	<b>Cf</b> 251,080	<b>Es</b> 252,083	<b>Fm</b> 257,095	<b>Md</b> 258,098	<b>No</b> 259,101	<b>Lr</b> 260,105

**Aktynowce**

Poznań, 30.11.2019

	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	CN <sup>-</sup>	SCN <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	OH <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	(COO) <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>3-</sup>	Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>4-</sup>	
Na <sup>+</sup>																			
K <sup>+</sup>																			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>																			
Mg <sup>2+</sup>						C					B	B				B	A		
Ca <sup>2+</sup>						D					A	B	C	A	A	B	C		
Ba <sup>2+</sup>						D	A					B	B	D	C	B			A
Al <sup>3+</sup>	H					A	H		H	H	B	H					C		
Cr <sup>3+</sup>	H						H		H	H	B	H	A		B	C			
Zn <sup>2+</sup>							B		C		B	B	B			B	B	B	
Mn <sup>2+</sup>							B		B		B	B	A			B	D	B	
Co <sup>2+</sup>							B		C		B	B	B		B	B	D	D	
Fe <sup>2+</sup>							B		B		B	B	B			B	D	D	
Fe <sup>3+</sup>	H						B		B	H	B	H	B				C		D
Ag <sup>+</sup>	A		D	D	D		B	B	C	A	B	B	B	A	C	B	D	D	
Pb <sup>2+</sup>			A	C	C	B	B	A	C		B	B	B	B	B	B	A	B	
Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	A		D	D	D		B	B	C	A	B	B	B	A	B	B			
Hg <sup>2+</sup>			A	A	D				D		B	B	B		C	B	D		
Cu <sup>2+</sup>						B	B	B	C		B	B	B			B			D
Bi <sup>3+</sup>	H		H	H	B				C	H	B	H	B	H	B	C	D	D	
Cd <sup>2+</sup>							B	A	C		B	B	B		B	B	B	B	
Sn <sup>2+</sup>	H					B			B		B	B	B		B	B	D	D	

A – trudno rozpuszczalny w wodzie

B – nierozpuszczalny w wodzie, rozpuszczalny w kwasach organicznych i nieorganicznych

C – nierozpuszczalny w wodzie i kwasach organicznych, rozpuszczalny w kwasach nieorganicznych

D – nierozpuszczalny w wodzie i kwasach

H – związek ulega hydrolizie

brak oznaczenia oznacza dobrą rozpuszczalność