



## I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai

**ĶĪMIJAS 59. VALSTS OLIMPIĀDES OTRĀ POSMA UZDEVUMI 12. KLASEI***(Kopā 83 punkti)**1. uzdevums. Augstspiediena kristāli (Kopā 16 punkti)*

2017. gadā žurnālā *Science* tika ziņots, ka ķīmiskais elements **A** 495 GPa spiedienā viedo kristālus ar metālam raksturīgām īpašībām: tiem ir metālisks spīdums un tie vada elektrību. Šķidrā un gāzveida stāvoklī **A** ir divatomu molekula, kas noteiktā attiecībā ar gaisu ir sprādzienbīstama. Šādā sprādzienā rodas gāzveida **B**. **A** reakcijā ar vienu no gaisa sastāvdaļām iegūst gāzi ar asu raksturīgu smaku **C**. **C** degšanā katalizatora klātienē var iegūt bezkrāsainu gāzi **D**, kas gaisā pārvēršas par brūnu gāzi **E**, kas savukārt tālāk daļēji pārvēršas par bezkrāsainu gāzi **F**, līdz starp **E** un **F** iestājas ķīmiskais līdzsvars. **E** reakcijā ar šķidru **B** iegūst skābi **G**, kuras reakcijā ar **C** iegūst savienojumu **H**, kuru plaši izmanto lauksaimniecībā kā minerālmēslojumu. Lēni karsējot **H** tas pilnībā sadalās divos gāzveida produktos, viens no kuriem ir oksīds **I**. Savukārt ja **H** sadalās ar eksploziju, tas pamatā veido trīs gāzveida produktus – **B** kā arī divas divatomu gāzes **J** un **K**. Zināms, ka **J** ir ķīmiski visai inerta viela, kamēr **K** uzbūve padara to par stipri reaģētspējīgu vielu.

1. Uzraksties vielu **A** – **K** ķīmiskās formulas. *(kopā 10 punkti)*
2. Kāds ir **I** triviālais nosaukums? *(1 punkts)*
3. Kādā(-s) sfērā(-s) tiek izmantots oksīds **I**? *Izvēlieties vienu vai vairākas pareizās atbildes! (1 punkts)*
  - a. kā dzesējošais aģents dažādās iekārtās
  - b. kā degviela iekšdedzes dzinējos
  - c. enerģētikā
  - d. lauksaimniecībā
  - e. medicīnā
4. Kāda ir visu koeficientu summa ķīmiskajai reakcijai, kas notiek ar **H** a) to lēni karsējot, un b) tam eksplodējot? *(par katru pareizu atbildi 1 punkts)*
5. Kurš vai kuri atomi ir oksidētāji, un kuri reducētāji ķīmiskajā reakcijā, kas notiek ar **H** a) to lēni karsējot, un b) tam eksplodējot? *Ja uzdodot vairākus elementus, atdaliet to simbolus ar komatu bez atstarpes. (par pareizu rezultātu katrai no reakcijām 1 punkts)*

2. uzdevums. **Indīgais konservants** (Kopā 16 punkti)

Kā kokmateriālu konservantu kopš 20. gs. 30-to gadu vidus izmanto kādu no trim savienojumiem **A**, **B** un **C** sastāvošu vielu maisījumu, kura dažādas attiecības ir gan patentētas, gan pārdotas ar dažādiem komerciāliem zīmoliem. Neskatoties uz tā toksiskumu un kaitīgumu videi, nopietna tā lietošanas ierobežošana juridiski ir reglamentēta tikai nedaudz vairāk kā 10 gadus.

**A** veidojošais anjons satur metālu **X**, kas tīrā veidā ir sudrabpelēks ar metālisku spīdumu. **A** reakcijā ar skābekli vai ūdeni augstā temperatūra iegūst tā oksīdu **D**, kas ir zaļā krāsā. **D** reaģē gan ar skābēm, gan bāzēm. **D** oksidējot ar, piem., kālija hlorātu kālija karbonāta klātienē iegūst dzeltenu sāli **E**, kas skābā vidē apgriezeniski pārvēršas oranžā sālī **A**. Gan **E**, gan **A** elements **X** ir tā augstākajā oksidēšanās pakāpē, līdz ar to abas vielas ir spēcīgi oksidētāji. Abas vielas ir toksiskas un kancerogēnas.

**B** ir spilgti zils savienojums, kas satur metālu **Y**. **Y** ir sarkanbrūns metāls, kas 200 °C neliela skābekļa daudzuma klātienē veido sarkanu oksīdu **F**, kuru tālāk oksidējot skābeklī 500 °C iegūst melnu oksīdu **G**. **G** šķīdinot kādā stiprā skābē un iegūto šķīdumu ietvaicējot iegūst **B** kristālus. **B** karsējot tas pārvēršas baltā pulverveida vielā **H**, ko atkārtoti pārkristalizējot no ūdens atgūst **B**.

**C** ir kāda elementa **Z** oksīda hidrāts. Zināms, ka **Z** dabā eksistē vairākās alotropajās formās, izplatītākā un nozīmīgākā no kurām ir metāliski pelēka. **C** veidojošajā oksīdā **Z** masas daļa ir 65,2%, bet savienojumā **C** – 56,4%. Gan **Z** gan lielākā daļa no tā savienojumiem ir ļoti toksiski un potenciālas indes.

1. Uzraksties elementu **X**, **Y** un **Z** ķīmiskos simbolus. (kopā 4 punkti)
2. Uzraksties vielu **A** – **H** ķīmiskās formulas. (kopā 9 punkti)
3. Kāda ir visu koeficientu summa aprakstītajai **D** oksidēšanai ar kālija hlorātu kālija karbonāta klātienē. (2 punkti)
4. Kā savā starpā atšķiras alotopās formas? (1 punkts)

### 3. uzdevums. *Joniem bagātais ezers* (Kopā 13 punkti)

Afrēras ezers Etiopijā gadsimtiem ilgi tika izmantots vārāmās sāls ieguvei, ietvaicējot tā sāļos ūdeņus, jo sāls koncentrācija šī ezera ūdenī ir ļoti augsta un to klasificē kā hipersāļo ezeru. Tomēr pēc 2011. gadā notikušā tuvumā esošā Nabro vulkāna izvirduma šādi iegūtā sāls vairs nav izmantojama pārtikā, jo kopā ar izvirdumu Afrēras ezerā nonāca gana liels kādas vielas **A** daudzums, kas šī ezera ūdeni padarīja ļoti skābu.

Analizējot Afrēras ezera ūdeni sākotnēji veica nātrija noteikšanu ar liesmas fotometriju. 1,00 mL ezera ūdens parauga pārnesa 100 mL mērkolbā, ko atšķaidīja līdz atzīmei (1. šķīdums). No iegūtā 1. šķīduma ņēma 5,00 mL un pārnesa jaunā 100 mL mērkolbā, tad šķīdumu atšķaidīja līdz atzīmei (2. šķīdums). Mērīja 2. šķīduma absorbciju pie 589 nm, iegūstot  $A_{2.šķ.} = 1,047$ . Absorbcijas vērtība pie 589 nm standartšķīdumam ar nātrija jonu koncentrāciju 0,0500 mg/mL ir  $A_{st.šķ.} = 0,950$ .

1. Kāda ir nātrija jonu koncentrācija (mg/mL) 2. šķīdumā? (2 punkti)
2. Kāda ir nātrija jonu un nātrija hlorīda koncentrācija (g/L) Afrēras ezera ūdenī? (2 punkti)

Zināms, ka nātrija hlorīda šķīdība ūdenī 30 °C temperatūrā ir 36,1 g nātrija hlorīda 100 g H<sub>2</sub>O, un šāda šķīduma blīvums ir 1,198 g/mL.

3. Kāda ir nātrija hlorīda koncentrācija (g/L) tā piesātinātā šķīdumā 30 °C? (2 punkti)

Lai noteiktu savienojuma **A** koncentrāciju Afrēras ezera ūdeni, ņēma 10,00 mL ūdens parauga, tam pievienoja bārija hlorīda šķīdumu (pārākumā). Ieguva baltas nogulsnes, ko nofiltrēja, uz filtra skaloja ar ūdeni. Pēc izžāvēšanas nogulšņu masa bija 37,2 mg.

4. Uzrakstīt vielas **A** ķīmisko formulu! (2 punkti)
5. Kāda bija **A** masa (mg) analizētajos 10,0 mL šķīdumā? (2 punkti)
6. Kāda ir **A** koncentrācija (g/L un mol/L) Afrēras ezera ūdenī? (1,5 punkti)
7. Kāds ir Afrēras ezera ūdens pH? Pieņemiet, ka to nosaka tikai viela **A**, kas ir pilnībā disociējusi jonos. (1,5 punkti)

4. uzdevums. **Zanes organiskā aizraušanās** (Kopā 20 punkti)

Zani ieinteresēja hlorēšanas reakcija, tālab viņa nolēma salīdzināt divu organisku savienojumu **A** un **B** hlorēšanu. Zināms, ka **A** ir ķīmiskajā rūpniecībā ļoti plaši lietots savienojums, kura izmantošana pēdējās desmitgadēs gan tiek samazināta tā kancerogenitātes dēļ. **B** savukārt ir slāpekli saturošs savienojums, kas uzbūves ziņā ir ļoti līdzīgs **A**.

Sadedzinot 1,00 g **A** ieguva 1,72 L oglekļa dioksīda (n.a.) un 0,692 g ūdens. Sadedzinot 1,00 g **B** ieguva 1,42 L oglekļa dioksīda (n.a.) un 0,569 g ūdens. Zināms, ka **B** tvaiku relatīvais blīvums pret **A** ir 1,01.

1. Kāda ir **A** un kāda **B** empiriskā formula? (kopā 3 punkti)
2. Kāda ir **A** un kāda **B** molekulformula? (kopā 1 punkts)
3. Kā sauc **A**? (1 punkts)

Gan **A**, gan **B** ar hloru reagē pēc viena un tā paša mehānisma.

4. Pēc kāda mehāniskam notiek šo savienojumu reakcija ar hloru? (1 punkts)
  - a. Elektrofilās aizvietošanās mehānisma
  - b. Jonu mehānisma
  - c. Radikāļu mehānisma
  - d. Nukleofilās aizvietošanās mehānisma
5. Kādos apstākļos notiks šī reakcija? (1 punkts)
  - a. Jālieto katalizators -  $\text{AlCl}_3$
  - b. Reakcija jāveic  $85\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā paaugstinātā spiedienā
  - c. Reakcijas maisījums jākarsē un jāapstaro ar UV gaismu
  - d. Reakcija notiks spontāni laboratorijas apstākļos
6. Kurš no savienojumiem ar hloru reagēs vieglāk? (1 punkts)
7. Kā skaidrojamas reaģētspējas atšķirības? (1 punkts)
  - a. Jo slāpekļa atoms darbojas kā elektronu donors
  - b. Jo slāpekļa atoms darbojas kā elektronu akceptors
  - c. To nosaka ķīmisko saišu atšķirības
  - d. To nosaka atšķirības ķīmiskajā sastāvā

Kādu dienu Zanē dzima ideja iegūt 2-hlor-4-nitrobenzoksābi. Apskatot savus krājumus Zane secināja, ka vislabāk sintēzi sākt ar toluolu (metilbenzolu). Tāpat Zanei bija pieejami dažādi reaģenti ķīmisko pārvērtību veikšanai.

8. Kādā secībā un kādas ķīmiskās reakcijas jāveic Zanei, lai no toluola trīs stadijās ar pēc iespējas lielāku iznākumu un mazāku iegūto blakusproduktu skaitu iegūtu 2-hlor-4-nitrobenzoksābi? (kopā 6 punkti)
  - a. 1. reakcija
    - i. Hlorēšana ar  $\text{Cl}_2$  UV gaismā  $300\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
    - ii. Hlorēšana ar  $\text{Cl}_2$   $\text{AlCl}_3$  klātienē.
    - iii. Nitrēšana ar  $\text{HNO}_3$  sērskābes klātienē.
    - iv. Nitrēšana ar  $\text{NO}_2$  gaismā  $250\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
    - v. Oksidēšana ar  $\text{KMnO}_4$  šķīdumu sildot.
    - vi. Oksidēšana ar  $\text{O}_2$   $200\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
    - vii. Reducēšana ar  $\text{NaBH}_4$  sildot.
    - viii. Reducēšana ar  $\text{H}_2$   $200\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
    - ix. Acilēšana ar acetilhlorīdu  $\text{AlCl}_3$  klātienē.
    - x. Acilēšana ar acetilhlorīdu  $200\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.

- b. 2. reakcija
- Hlorēšana ar  $\text{Cl}_2$  UV gaismā  $300\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
  - Hlorēšana ar  $\text{Cl}_2$   $\text{AlCl}_3$  klātienē.
  - Nitrēšana ar  $\text{HNO}_3$  sērskābes klātienē.
  - Nitrēšana ar  $\text{NO}_2$  gaismā  $250\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
  - Oksidēšana ar  $\text{KMnO}_4$  šķīdumu sildot.
  - Oksidēšana ar  $\text{O}_2$   $200\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
  - Reducēšana ar  $\text{NaBH}_4$  sildot.
  - Reducēšana ar  $\text{H}_2$   $200\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
  - Acilēšana ar acetilhlorīdu  $\text{AlCl}_3$  klātienē.
  - Acilēšana ar acetilhlorīdu  $200\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
- c. 3. reakcija
- Hlorēšana ar  $\text{Cl}_2$  UV gaismā  $300\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
  - Hlorēšana ar  $\text{Cl}_2$   $\text{AlCl}_3$  klātienē.
  - Nitrēšana ar  $\text{HNO}_3$  sērskābes klātienē.
  - Nitrēšana ar  $\text{NO}_2$  gaismā  $250\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
  - Oksidēšana ar  $\text{KMnO}_4$  šķīdumu sildot.
  - Oksidēšana ar  $\text{O}_2$   $200\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
  - Reducēšana ar  $\text{NaBH}_4$  sildot.
  - Reducēšana ar  $\text{H}_2$   $200\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
  - Acilēšana ar acetilhlorīdu  $\text{AlCl}_3$  klātienē.
  - Acilēšana ar acetilhlorīdu  $200\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā.
9. Kurā(-s) no stadijām radīsies izomēru maisījums, ko būs nepieciešams atdalīt, lai iegūtu tikai 2-hlor-4-nitrobenzoscābi? *Ja izomēri rodas iepriekšējā stadijā, pieņemtiet, ka pirms tālāku stadiju realizēšanas tie tika atdalīti. Mazvarbūtīgu piemaisījumu veidošanos ignorējiet! Izvēlieties vienu vai vairākas pareizas atbildes! (2 punkti)*
1. reakcijā
  2. reakcijā
  3. reakcijā
10. Cik hlornitrobenzoscābes izomērus kopā iegūtu šādā sintēzē, ja šajā(-s) stadijā(-s) neveiktu izomēru atdalīšanu? *Mazvarbūtīgu piemaisījumu veidošanos ignorējiet un tos summā neieskaitiet! (3 punkti)*

5. uzdevums. *Trīskāršas problēmas...* (Kopā 18 punkti)

Kā oksidējošu reaģentu organiskajā ķīmijā mēdz izmantot kādas skābes vienvērtīga metāla jona sāli **A**. Praksē gan biežāk tīra **A** vietā izmanto trīskāršo sāli (nosauksim to par **OX**), kas patiesībā ir trīs sāļu **A**, **B** un **C** maisījums daudzuma attiecībā 2:1:1. Šis trīskāršais sāls satur 4 ķīmiskos elementus, turklāt gan **A**, gan **B** katrs satur visus 4 šos elementus, kamēr **C** satur 3 no tiem. Reducēšanās procesā **A** pārvēršas par **B**! Zināms, ka **B** un **C** veidojas attiecīgā metāla hidroksīda reakcijā ar sērskābi dažādās attiecībās.

Ķīmiķim Apsītīm bija nepieciešams oksidēt dimetilsulfīdu  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$  par dimetilsulfoksīdu  $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$ , un viņš zināja, ka dimetilsulfīds ar **A** reaģē attiecībā 1:1. Tā nu Apsītis 0,800 g dimetilsulfīda pievienoja 3,00 g trīskāršā sāls **OX**. Pēc reakcijas Apsītis noteica, ka tikai 75,8% no dimetilsulfīda bija oksidēta. Apsītis saprata, ka ir pievienojis pārāk maz oksidētāja, lai oksidētu visu dimetilsulfīdu... *Pieņemiet ka oksidēšanas reakcija notika bez blakusreakcijām, t.i ar 100% iznākumu!* Pēc oksidēšanas iztvaicējot organiskās vielas reakcijas traukā palikušo neorganisko sāļu **B** un **C** masa bija 2,844 g.

1. Kāda ir trīskāršā sāls **OX** molmasa? (4 punkti)
2. Kāds ir tekstā minētā vienvērtīgā metāla jonam atbilstošā elementa ķīmiskais simbols? (4 punkti)
3. Uzrakstiet sāļu **A**, **B** un **C** ķīmiskās formulas! (kopā 8 punkti)
4. Kāda ir skābes “centrālā” atoma oksidēšanās pakāpe katrā no sāļiem **A**, **B** un **C**? (kopā 2 punkti)