



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 valsts 58. olimpiāde****Teorētiskās kārtas uzdevumi un atbilžu lapas 9. klasei**

Skolēna vārds, uzvārds un skola:.....

1. uzdevums. Sārmzemju metāli, oksīdi, karbonāti... (26 punkti)

No 4 gramiem kalcija un 5 gramiem cita, nezināma sārmzemju metāla ieguva šo elementu karbonātus (katru atsevišķi), kurus pēc tam pārvērta par šo elementu oksīdiem. Izrādījās, ka iegūtā nezināmā metāla karbonāta masa ir mazāka par iegūto kalcija karbonāta masu, turpretī iegūtā nezināmā oksīda masa ir lielāka par iegūto kalcija oksīda masu.

Izmantojot aprēķinus, nosaki nezināmo sārmzemju metālu! (7 punkti)

Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu kalcija karbonāta iegūšanai no kalcija oksīda! Iespējams, ka tā iegūšana būs jāveic 2 stadijās! (2 punkti)

Iegūto kalcija karbonātu izšķīdināja slāpekļskābē, kuras koncentrācija bija 0,25 mol/L.

Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu! (1 punkts)

Aprēķini reakcijā patērētās 0,25 mol/L slāpekļskābes tilpumu! (2 punkti)

Šajā reakcijā (kalcija karbonāts + slāpekļskābe) iegūtās gāzes reģenerācijai par skābekli var izmantot tās iedarbību ar sārmu metālu peroksīdiem, piem., Na_2O_2 . Šajā reakcijā bez skābekļa rodas vēl tikai viens cits reakcijas produkts.

Uzraksti šīs ķīmiskās reakcijas vienādojumu! (3 punkti)

Šī reakcija ir oksidēšanās-reducēšanās reakcija.

Uzraksti ķīmiskā elementa simbolu, kurš šajā reakcijā ir oksidētājs! (1 punkts)

Uzraksti ķīmiskā elementa simbolu, kurš šajā reakcijā ir reducētājs! (1 punkts)

Arī iegūto nezināmā sārmzemju metāla karbonātu apstrādāja ar slāpekļskābes pārākumu, bet iegūto gāzveida vielu uztvēra 400 mL kālija hidroksīda šķīdumā, kura koncentrācija bija 0,20 mol/L.

Izmantojot aprēķinus, nosaki, kādi reakcijas produkti (neskaitot ūdeni) un cik daudz radās, iegūtajai gāzei reaģējot ar KOH šķīdumu! (9 punkti)

2. uzdevums. Organiskie savienojumi deg (16 punkti)

Ļoti raksturīga organisko savienojumu īpašība ir to spēja degt.

Uzraksti propāna sadegšanas reakcijas vienādojumu! (2 punkti)

Uzraksti vienādojumu ķīmiskajai reakcijai, kas notiek, ja propāna sadegšanas produktus izlaiž cauri $\text{Ca}(\text{OH})_2$ suspensijai! (1 punkts)

Uzraksti šīs ķīmiskās reakcijas veidu! (1 punkts)

Piesātināto ogļūdeņražu sadegšanu var aprakstīt ar vispārīgu sadegšanas reakcijas vienādojumu (formulu): $C_nH_{2n+2} + (3n+1)/2 O_2 \rightarrow n CO_2 + (n+1) H_2O$

Paskaidro, kā šādā vienādojumā iegūst koeficientus vispārīgā veidā! (2 punkti)

Uzraksti līdzīgu vispārīgo sadegšanas reakcijas vienādojumu ogļūdeņražiem, kuru vispārīgā formula ir C_nH_{2n} ! (3 punkti)

Lai sadedzinātu 10 gramus kāda piesātināta ogļūdeņraža (tā vispārīgā formula ir C_nH_{2n+2}), bija nepieciešami 26,13 litri skābekļa (n.a.).

Nosaki sadedzinātā ogļūdeņraža ķīmisko formulu! (4 punkti)

Aprēķini cik litri skābekļa nepieciešams, lai sadedzinātu 10 gramus ogļūdeņraža ar vispārīgo formulu C_nH_{2n} , kurš satur tikpat daudz oglekļa atomu kā iepriekšējā darbībā sadedzinātais piesātinātais ogļūdeņradis, kura formula bija C_nH_{2n+2} ! (3 punkti)

3. uzdevums. Kalcija hlorīds un kristālhidrāti (14 punkti)

Kalcija hlorīds ir diezgan tipisks jonu tipa savienojumu pārstāvis.

Uzraksti ķīmiskās reakciju vienādojumu kalcija hlorīda ieguvei! (1 punkts)

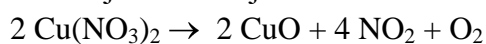
Gan kalcija hlorīds, gan daudzi citi sāļi viegli veido savienojumus, kurus sauc par kristālhidrātiem.

Uzraksti divu dažādu kristālhidrātu ķīmiskās formulas! (1 punkts)

Kristālhidrātus veidojošie savienojumi parasti ļoti viegli piesaista ūdeni, šīs īpašības dēļ tos izmanto kā ūdens atņēmējvielas.

Aprēķini, cik gramu kalcija hlorīda vajadzīgs, lai saistītu 5 g ūdens, ja zināms, ka reakcijā veidojas $CaCl_2 \cdot 6H_2O$! (3 punkti)

Vara(II) nitrāts arī veido kristālhidrātu, tā formula ir $Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Karsējot 5,00 g šī kristālhidrāta, ieguva 2,00 g sausā atlikuma. Tika noskaidrots, ka sausais atlikums nesatur vara(II) nitrāta kristālhidrātu. Zināms, arī tas, ka karsējot $Cu(NO_3)_2$, tas sadalās atbilstoši ķīmiskās reakcijas vienādojumam:



Aprēķini sausā atlikuma sastāvu! (9 punkti)

4. uzdevums. Dzeltenīgā mistērija (14 punkti)

Sadedzinot dzeltenīgu vienkāršu vielu A, radās viela B. Tā reaģē ar ūdeni, veidojot šķīdumu, kas satur vielu C, indikatori šķīdumā uzrāda skābu vidi. Vielu B var iegūt arī sadedzinot vienkāršu vielu D. Lai vielu D pārvērstu vielā A, to karsē bez gaisa skābekļa klātienēs. Vielas A pārvēršana vielā D ir sarežģītāka.

Līdzīgā eksperimentā sadedzinot dzeltenu vienkāršu vielu A^1 , radās viela B^1 . Tā reaģē ar ūdeni, veidojot šķīdumu, kas satur vielu C^1 , indikatori šķīdumā uzrāda skābu vidi. Vielu B^1 var iegūt arī sadedzinot vienkāršu vielu D^1 . Lai vielu D^1 pārvērstu vielā A^1 , to karsē (silda) gaisā noteiktā temperatūrā. Vielas A^1 pārvēršanās vielā D^1 notiek, lēni atdzesējot iepriekš iegūto vielu A^1 .

Nosaki, kas varētu būt vielas A, B, C un D, kā arī A^1 , B^1 , C^1 un D^1 ! Atbildi pamato ar spriedumiem! (8 punkti)

Uzraksti aprakstīto reakciju vienādojumus! (6 punkti)



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 valsts 58. olimpiāde****Teorētiskās kārtas uzdevumi un atbilžu lapas 10. klasei**

Skolēna vārds, uzvārds un skola:.....

1. uzdevums. Vara rati, gari, plati... (20 punkti)

Izšķīdinot koncentrētā slāpekļskābē 20,17 g vara un sudraba skaidiņu maisījumu, novēroja brūnas gāzes izdalīšanos. Nosverot iegūto šķīdumu, izrādījās, ka šķīduma masa ir tik pat liela kā reakcijai izmantotās koncentrētās slāpekļskābes šķīduma masa.

Uzraksti ķīmisko reakciju vienādojumus vara un sudraba reakcijām ar koncentrētu slāpekļskābi! (2 punkti)

Aprēķini iegūtās brūnās gāzes daudzumu un tilpumu (n.a.)! (1 punkts)

Aprēķini vara un sudraba masas daļas (izteiktas %) to maisījumā! (3 punkti)

Aprēķini iegūtā vara(II) nitrāta masu! (1 punkts)

Iegūtajam vara(II) nitrāta un sudraba nitrāta šķīdumam pievienoja vara skaidiņas pārākumā.

Uzraksti notiekošās ķīmiskās reakcijas vienādojumu! (1 punkts)

Aprēķini reakcijā radušos nogulšņu masu! (1 punkts)

Zemes garozā sudrabs ir gan tīrradņa, gan ķīmisko savienojumu formā. Viens no sudrabu saturošiem minerāliem ir sudraba spīde. Tā sastāv no diviem ķīmiskajiem elementiem – metāla un nemetāla, sudraba masas daļa tajā ir 87,10 %.

Aprēķini sudraba spīdes ķīmisko formulu! (2 punkti)

Lai no šī minerāla iegūtu sudrabu, to vispirms šķīdina ļoti atšķaidītā nātrija cianīda NaCN šķīdumā. Reakcijās rodas kompleksais savienojums – nātrija dicianoargentāts un vēl viens reakcijas produkts. Lai reakcijas līdzsvaru nobīdītu vēlamajā virzienā, otrā produkta anjona saistīšanai pievieno šķīstošu svina(II) sāli, rodas melnas nogulsnes. No iegūtā kompleksā savienojuma sudrabu izgulsnē, pievienojot pulverveida cinku, cinks pāriet šķīdumā nātrija tetracianocinkāta veidā.

Uzraksti šo ķīmisko reakciju saīsinātos jonu vienādojumus! (3 punkti)

Zināmākais vara savienojums ir vara(II) sulfāts. Rūpniecībā to iegūst, šķīdinot varu karstā atšķaidītā sērskābē gaisa skābekļa klātienē.

Uzraksti šo ķīmiskās reakcijas vienādojumu! (1 punkts)

No šķīdumiem vara(II) sulfāts izkristalizējas pentahidrāta veidā. Kādā eksperimentā 200 g 25 % CuSO₄ atzdesēja līdz 10 °C. Vara(II) sulfāta šķīdība 10 °C temperatūrā ir 17,4 g bezūdens vara(II) sulfāta 100 g ūdens.

Aprēķini, cik liela CuSO₄·5H₂O masa izkristalizējās! (5 punkti)

2. uzdevums. Dažādas gāzu dimensijas (16 punkti)

Divām vai vairākām gāzēm reaģējot savās starpā var veidoties gan cietas, gan šķidrās, gan gāzveida vielas.

Uzraksti trīs ķīmisko reakciju vienādojumus, kuri parāda, ka, reaģējot savā starpā divām vai vairākām gāzēm, rodas cieta viela, šķidra viela, gāzveida viela (katru reizi cits reakcijas vienādojums)! Reakcijas produktu agregātstāvoklis tiek noteikts standartapstākļos (25 °C). (3 punkti)

Dažas gāzes ļoti labi šķīst ūdenī. Piemēram, 1 litrā ūdens 0 °C var izšķīdināt pat vairāk kā 500 litrus hlorūdeņraža. Kādā eksperimentā milzīgu kolbu, kuras tilpums bija 20,17 L, piepildīja ar sausu hlorūdeņradi, bet pēc tam tās kaklu iegremdēja ūdenī. Ūdens piepildīja visu kolbu pilnībā.

Aprēķini HCl molāro koncentrāciju iegūtajā šķīdumā! Pieņem, ka mērījumi veikti normālos apstākļos! (2 punkti)

Hlora(I) fluorīds ir bezkrāsaina gāze, turpretī bromā(I) hlorīds ir sarkanbrūna gāze. Abi savienojumi sārmainā vidē viegli hidrolizējas, katrs veidojot divus dažādus sāļus.

Uzraksti hlora(I) fluorīda un bromā(I) hlorīda hidrolīzes reakciju vienādojumus KOH šķīdumā (katru atsevišķi)! (4 punkti)

Hlora(I) fluorīds ir ļoti stiprs oksidētājs. Tas var oksidēt volframu par tā augstāko halogenīdu, vienlaicīgi veidojoties kādai vienkāršai vielai.

Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu šim procesam! (1 punkts)

Šis wolframa augstākais halogenīds istabas temperatūrā arī ir gāze, jo tā vārīšanās temperatūra ir 17,1°C.

Aprēķini, cik reizes tā tvaiku blīvums ir lielāks par gaisa blīvumu! (1 punkts)

Arī divi hlora oksīdi ir gāzveida vielas. Hlora(I) oksīds (atklāts 1834. gadā) ir stiprs oksidētājs, tāpēc tā maisījums ar citu gāzi – amonjaku, kuram raksturīgas stipras reducējošās īpašības, eksplodējot ar sevišķi lielu efektivitāti.

Uzraksti šīs ķīmiskās reakcijas vienādojumu! Ievēro, ka hlora(I) savienojumi parasti reducējas par hlora(-1) savienojumiem, bet ļoti liela stabilitāte ir raksturīga slāpekļa molekulai! (3 punkti)

Hlora(IV) oksīds ir pirmais zināmais hlora oksīds, to atklāja jau 1811. gadā. Laboratorijas apstākļos to var iegūt, reducējot sudraba hlorātu AgClO_3 ar hloru. Reakcijā rodas trīs produkti, no kuriem viens ir vienkārša viela.

Uzraksti šīs ķīmiskās reakcijas vienādojumu! (2 punkti)

3. uzdevums. Kas gan var būt noderīgāks par poloniju... (12 punkti)

Polonijs ir radioaktīvs elements, kuru 1898. gadā atklāja Marija Kirī. Lai arī šis elements nelielos daudzumos ir atrodams urāna rūdās, mūsdienās to ražo ar neitroniem apstarojot ^{209}Bi izotopu. Šajā procesā rodas ^{210}Bi , kurš ātri beta sadalīšanās procesā pārvēršas par ^{210}Po . Polonija pussabrukšanas periods ir 138 dienas un tā sabrukšanā rodas hēlija atoma kodoli.

Uzraksti minēto kodolreakciju vienādojumu! (3 punkti)

Tā kā ^{210}Po ir salīdzinoši īss pussabrukšanas periods un tas ir alfa daļiņu avots, tas un tā savienojumi sasilst (uzkarst) paši no sevis. Šī iemesla dēļ polonijs tiek izmantots radioizotopu sildītājos un termogeneratoros, lai apsildītu un nodrošinātu satelītus ar elektrību. Pieņemsim, ka satelīta palaišanas brīdī tas satur 2 g ^{210}Po , kura jauda ir $P = 141 \text{ W} \cdot \text{g}^{-1}$.

Aprēķini, kāda būs tā jauda pēc 276 dienām! (3 punkti)

Kā alternatīvu ^{210}Po var izmantot ^{238}Pu izotopu, kam ir lielāks pussabrukšanas periods, taču mazāka jauda ($P = 0,56 \text{ W}\cdot\text{g}^{-1}$).

Zinot, ka pēc 5 gadiem ($t = 5$ gadi), jauda ir kritusies par 4%, nosaki ^{238}Pu pussabrukšanas periodu! (3 punkti)

Padoms: $\ln(m_2/m_1)/\ln(0,5) = t/t_{1/2}$, kā arī $\ln(x) = 2,30 \lg(x)$.

Nosaki, pēc aptuveni cik ilga laika ^{210}Po jauda sakritīs ar sākotnējo ^{238}Pu jaudu! (3 punkti)

4. uzdevums. Volframa un sēra radniecība (11 punkti)

Gan volframs, gan sērs ķīmisko saišu veidošanai var izmantot 6 valences (vērtības) elektronus, tāpēc tie veido daudz līdzīgus savienojumus. Viens no šādiem savienojumiem ir volframa(VI) oksīds. Volframa(VI) oksīdu var izmantot stiklu izgatavošanā, kuri kļūst tumši, tiem pievadot elektrisko strāvu. Dabā volframs sastopams minerāla šēlīta formā. No ķīmiskā skatu punkta tas ir kalcija volframāts, kas satur sulfātjoniem analogiskus volframātjonus.

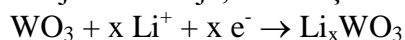
Uzzīmē volframātjona struktūrformulu! Centies parādīt tajā ķīmisko saišu telpisko izvietojumu un informāciju par saišu garumiem (īsāks, garāks)! (3 punkti)

Lai iegūtu volframu, vispirms minerālu šēlītu apstrādā ar koncentrētu nātrija karbonāta ūdens šķīdumu, veidojas baltas nogulsnes, kuras nofiltrē. Filtrātam pievieno sālsskābi, veidojas volframskābe, kuru izkarsējot rodas volframa(VI) oksīds.

Uzraksti atbilstošos ķīmisko reakciju vienādojumus! (3 punkti)

Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu volframa iegūšanai tīrā veidā no tā oksīda! (2 punkti)

Apskatīsim iepriekš minēto stiklu darbības principu. Caurspīdīgam volframa(VI) oksīda slānim, kurš satur jonu avotus, piemēram, litija sāļus, pievadot elektrisko strāvu, notiek sekojošā reakcija, kurā daļa no litija joniem nokļūst oksīda struktūrā:



Savienojumus, kuru formulas līdzīgas Li_xWO_3 formulai, sauc par volframa bronzām un to krāsa ir atkarīga no x vērtības. Tipiska vērtība ir $x = 0,3$, tad novērojama tumši zila krāsa.

Nosaki volframa oksidēšanas pakāpi, ja $x = 1$! (1 punkts)

Nosaki vidējo volframa oksidēšanas pakāpi, ja $x = 0,3$! (2 punkti)

5. uzdevums. Kas gan var noderīgāks par spirtu... (11 punkti)

Organisko savienojumu degšanu izmanto enerģijas un siltuma iegūšanai.

Uzraksti etanola sadegšanas termokīmisko vienādojumu, ja zināms, ka sadegot 1 molam etanola izdalās 1370 kJ enerģijas! (2 punkti)

Aprēķini etanola īpatnējo sadegšanas siltumu (siltuma daudzumu, kas izdalās sadegot vienam kilogramam etanola)! Rezultātu izsaki kJ/kg! (1 punkts)

Salīdzini etanola un metanola īpatnējo sadegšanas siltumu, ja zināms, ka sadegot 1 molam metanola rodas 715 kJ enerģijas! (2 punkti)

Šis ievērojamais enerģijas daudzums padara etanolu par potenciālu enerģijas avotu baterijās. Viens no iespējamajiem veidiem ir etanola degvielas šūnas, kurās notiek katalītiska etanola oksidēšana. Tajā pie anoda notiekošo procesu (**anodreakciju**) var aprakstīt šādā veidā (**vienādojuma labā un kreisā puse nav novienādotas**):



Uzraksti novienādotu **katodreakciju**, ievērojot to, ka summārā reakcija atbilst etanola sadegšanas reakcijai! (2 punkti)

Uzraksti novienādotu **anodreakciju**! (1 punkts)

Šūnas darbības gaitā no anoda izdalījās 35,60 L gāzes (25 °C, 100 kPa).

Aprēķini, cik daudz enerģijas šūna saražoja! (2 punkti)

Zinot, ka process notika 150 minūtes, nosaki šūnas jaudu! (1 punkts)



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

Valsts 58. ķīmijas olimpiādes uzdevumi 11. klasei

Kopā: 106 punkti

1. uzdevums

Legendām apvītais sakausējums

12 punkti

Orikalkums ir metāls vai tā sakausējums, kas pieminēts vairākos senajos rakstos. Viens no šādiem rakstiem ir kāds Platona darbs, kurā tiek stāstīts par Atlantīdu, un minēts, ka orikalkums ir otrs dārgākais metāls aiz zelta, un ka tas atrodams un tiek iegūts vairākās raktuvēs Atlantīdā. Ir ticams, ka šis metāls varētu būt bronzas vai misiņa paveids. 2015. gadā pie Dželas pilsētas Sicīlijā uz 6. gs. p.m.ē. nogrimuša kuģa vraka tika atrasti metāla stieņi, kas pamatā bija veidoti no vara, cinka, niķeļa un nedaudz dzelzs. Ir pamats domāt, ka šie metāla stieņi varētu būt orikalkums, un šis atradums kārtējo reizi dienasgaismā pacēla nostāstus par Atlantīdu un tās meklējumiem.



Lai noteiktu orikalkuma ķīmisko sastāvu, 1,000 g šī sakausējuma sākotnēji šķīdināja koncentrētā sērskābē sildot (šķīdums **A**), savukārt nešķīstošo atlikumu izšķīdināja koncentrētā slāpekļskābē (šķīdums **B**). Abus iegūtos šķīdumus pārnesa katru savā 100 mL mērkolbā. Neizreaģējušo skābi šķīdumā **A** neitralizēja ar amonjaku, savukārt šķīdumā **B** ar nātrija karbonātu, un abus šķīdumus atšķaidīja līdz atzīmei.

No 100 mL mērkolbā pagatavotā **A** šķīduma ņēma 20,0 mL un sildot pievienoja 20 mL dimetilglioksīma šķīduma (pārākumā), novēroja sarkanu nogulšņu veidošanos. Šīs nogulsnes nofiltrēja stikla tīģelfiltrā, to izžāvēja karsējot un noteica, ka nogulšņu masa ir **46,6 mg**. Zināms, ka sarkanbrūnās nogulsnes ir $\text{Ni}(\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2)_2$.

1. Nosakiet niķeļa masas daļu sakausējumā.

No 100 mL mērkolbā pagatavotā **A** šķīduma ņēma 0,125 mL, to iepildīja 100 mL mērkolbā, pievienoja ūdeni, tad borātu buferšķīdumu un organisku kompleksveidotāju cinkonu, un atšķaidīja līdz atzīmei. Cinkons ar cinka joniem veido krāsainu kompleksu savienojumu ar gaismas absorbcijas maksimumu pie 620 nm. Iegūtā šķīduma gaismas absorbcija pie 620 nm bija **0,947**. Papildus tam no cinka jonu standartšķīduma ar koncentrāciju 1,00 mM ņēma 1,00 līdz 5,00 mL un katru tilpumu pārnesa savā 100 mL mērkolbā. Tālāk identiski kā iepriekš pievienoja borātu buferšķīdumu, cinkonu, atšķaidīja līdz atzīmei, un mērija iegūtā šķīduma absorbciju pie 620 nm, iegūstot tabulā dotos rezultātus.

V (1,00 mM Zn ²⁺ standartšķīdums) / mL	A _{620nm}
1	0.251
2	0.498
3	0.752
4	0.997
5	1.252

2. Pēc iespējas precīzāk nosakiet cinka masas daļu sakausējumā. *Ja nepieciešams, zīmējiet kalibrēšanas grafiku,*

No 100 mL mērkolbā pagatavotā **B** šķīduma ņēma 20 mL, to iepildīja koniskajā kolbā un pievienoja 10 mL kālija jodīda šķīdumu (pārākumā). Novēroja brūnganu nogulšņu veidošanos. Iegūto maisījumu titrēja ar standartizētu nātrija tiosulfāta šķīdumu ($c = 0,100$ M). Titrējot brūnganais krāsojums sāka izzust, suspensijā paliekot nogulsnēm baltā krāsā. Kad brūnganais krāsojums tikpat kā bija izzudis, pievienoja cietes šķīdumu, un titrēja līdz izzuda intensīvais krāsojums. Titrēšanā patērēja **23,60 mL** titranta.

3. Nosakiet vara masas daļu sakausējumā. Uzrakstiet ar vara noteikšanu saistīto ķīmisko reakciju vienādojumus.
4. Balstoties uz iegūtajiem datiem, novērtējiet dzelzs masas daļu sakausējumā, pieņemot, ka sakausējums citus elementus nesatur!

2. uzdevums

Neorganiskās pārvērtības

23 punkti

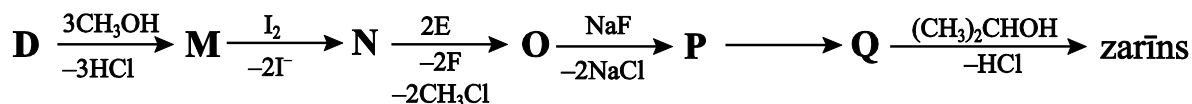
Kāds ķīmiskais elements **A** var eksistēt vairākās alotropajās formās, populārākās no kurām ir baltā krāsā (**A₁**) un sarkanā krāsā (**A₂**). Zemā temperatūrā neliela skābekļa daudzuma klātienē veidojas **A** oksīds **B**, savukārt nedaudz paaugstinātā temperatūrā tiek iegūts tā oksīds **C**. Jau istabas temperatūrā **A** reaģē ar hloru, veidojot **D**, kas savukārt paaugstinātā temperatūrā reakcijā ar hloru veido **E**. **D** reakcijā ar skābekli tiek iegūts no trim elementiem sastāvošs savienojums **F**, kuru iespējams iegūt arī **E** reakcijā ar ūdeni.

A reakcijā ar ūdeņradi tiek iegūta bezkrāsaina toksiska gāze **G**. Atšķirībā no periodiskajā sistēmā augstāk esoša elementa veidotā analogā savienojuma, **G** reaģē tikai ar ļoti stiprām skābēm, un pat ar sālsskābi iegūtais savienojums **H** sadalās jau -25 °C. Ar jodūdeņradi tiek iegūts stabilāks savienojums **I**, kura hidrolīzē veidojas **G**. Cits **I** iegūšanas ceļš ir sākotnēji **A₂** modifikācijas reakcijā ar jodu iegūt savienojumu **J**, tad to karsējot iegūt citu bināru savienojumu **K** (reakcijā izdalās jods), kuram reaģējot ar **A₁** modifikāciju ūdens klātienē tiek iegūts **I**, kā vienīgo blakusproduktu iegūstot tikai plašāk zināmo **A** saturošo skābi **L**. Zināms, ka **L** veidojas arī oksīda **C** reakcijā ar ūdeni.

1. Uzrakstīt savienojumu **A** – **L** ķīmiskās formulas.
2. Uzrakstīt aprakstīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus.
3. Pēc iespējas skaidrāk (bet lakoniskāk) aprakstīt, kā uzbūves un reaģētspējas ziņā atšķiras **A₁** un **A₂**.
4. Uzzīmējiet **D**, **E**, **F** un **K** Luisa struktūras, pēc iespējas korektāk attēlojot to telpisko uzbūvi.
5. Pēc iespējas skaidrāk un korektāk attēlojiet oksīdu **B** un **C** telpisko uzbūvi.

Vairāki ķīmisko elementu **A** saturoši savienojumi ir tikuši izmantoti kā kaujas gāzes. Viens no populārākajiem šādiem savienojumiem ir īpaši bīstamā gāze zarīns, ko iespējams pagatavot no savienojuma **D**. **D** reaģējot ar metanolu (CH₃OH) attiecībā 1:3 veidojas savienojums **M**, kā arī 3

ekvivalenti HCl. **M** reakcijā ar jodu elements **A** tiek oksidēts, pārgrupējoties atomiem un veidojoties **N**, kurā ir izveidojusies viena **A**-CH₃ saite. **N** reakcijā ar **E** divas no grupām tiek aizvietotas ar hlora atomiem, veidojoties savienojumam **O**, un kā blakusprodukti izdalās 2 ekvivalenti **F** un 2 ekvivalenti CH₃Cl. **O** reakcijā ar 2 ekvivalentiem NaF, notiek halogēnu aizvietošanās un rodas **P**. Reaģējot **O** un **P** attiecībā 1:1, notiek daļēja halogēnu apmaiņa, un rodas 2 ekvivalenti **Q**. **Q** reaģē ar 1 ekvivalentu izopropanola (CH₃)₂CHOH tiek iegūts zarīns un izdalās 1 ekvivalents HCl.



6. Uzrakstīt savienojumu **M** – **Q** un zarīna ķīmiskās formulas, pēc iespējas skaidrāk attēlojot atomu savstarpējo saistību tajos.

3. uzdevums

Krāsainais labirints

10 punkti

Šajā uzdevumā apskatīsim dažādu neorganisko savienojumu pigmentus.

(a) **Mangāna violetais** ir pirofosfāta dubultsāls. Kā katjoni šajā sāļi ir amonija jons un mangāna jons. Noteikt oksidēšanās pakāpi mangānam, ja zināms, ka savienojuma molmasa ir 247 g/mol. Uzrakstīt savienojuma ķīmisko formulu. *Padoms: pirofosfāta jons ir P₂O₇⁴⁻.*

(b) **Hroma zaļais** ir binārs savienojums, kurā hroma masas daļa ir 68%. Aprēķināt formulu šim pigmentam. Sākotnēji šis savienojums tika iegūts, reducējot nātrija dihromātu ar sēru. Uzrakstīt šīs reakcijas vienādojumu.

(c) **Parīzes zaļā** molmasa ir 1016 g/mol un tā sastāvā ir acetātjoni (C₂H₃O₂⁻), varš (II) un vēl kāds neorganisks oksianjons. Zinot, ka vara masas daļa ir 25%, oglekļa masas daļa ir 4,7% un oksianjons ir formā (X_yO_{2y})³⁻, noteikt šo oksianjonu un tādējādi kopējo savienojuma molekulformulu.

(d) **Realgārs** un **Orpiments** (sarkani un dzelteni pigmenti attiecīgi) ir bināri savienojumi, kuri sastāv no blakus grupās esošiem nemetāliem. To molmasas ir 107 g/mol un 246 g/mol. Noteikt formulas šiem pigmentiem. Viens no šajos savienojumos ietilpstošajiem elementiem ir arī Parīzes zaļā sastāvā.

4. uzdevums

Elektrolīzeris

15 punkti

Ņēma 100 g 20% nātrija hlorīda ūdens šķīduma un to elektrolizēja 7,00 h ar 0,650 A stipru strāvu. Pie anoda izdalīto gāzi laida caur piesātinātu sudraba hlorāta šķīdumu, iegūstot baltas nogulsnes, skābekli un hlora (IV) oksīdu. Nogulsnes izžāvēja un noteica, ka to masa ir 10,00 g. Tomēr ir zināms, ka daļa no pie anoda izdalītās gāzes reaģē ar pašu elektrolīzē iegūto šķīdumu. Šim nolūkam visu pēc elektrolīzes iegūto šķīdumu uzmanīgi ietvaicēja pazeminātā spiedienā 40 °C temperatūrā un noteica, ka sausā atlikuma masa ir 19,51 g. Tad sauso atlikumu izkarsēja 100 °C temperatūrā un novēroja, ka tā masa samazinās līdz 18,71 g.

1. Uzrakstiet nātrija hlorīda ūdens šķīduma elektrolīzes reakcijas vienādojumu, norādot, kāds process notiek pie anoda, un kāds pie katoda.
2. Uzrakstīt visu aprakstīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus.

3. Aprēķināt no elektrolīzes iekārtas izdalītā hlora daudzumu.
4. Aprēķināt ar elektrolīzes šķīdumu izreaģējušā hlora daudzumu.
5. Aprēķināt elektrolīzes praktisko iznākumu procentos pēc kopā iegūtā hlora daudzuma.
6. Aprēķināt ietvaicējot pazeminātā spiedienā 40 °C temperatūrā iegūtā sausā atlikuma sastāvu masas daļās procentos.

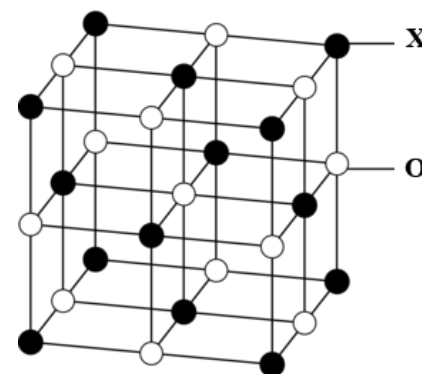
5. uzdevums**Nevienāda oksīds****16 punkti**

Kādam metālam **X** ir zināmi oksīdi **A**, **B** un **C**, katrā no kuriem metālam ir sava oksidēšanās pakāpe, lai gan par izplatītu un labi zināmu var uzskatīt tikai **A**. **X** reakcijā gan ar skābekli 700 °C, gan ūdeni 800 °C tiek iegūts oksīds **A**. Lai iegūtu 1,001 g **A**, nepieciešams 0,600 g metāla **X**.

A reakcijā ar pašu metālu **X** 1000 °C veidojas violets oksīds **B**, kurš veido dabā ļoti reti izplatītu minerālu tīstārītu. **A** reakcijā ar **X** 1500 °C veidojas dzeltens oksīds **C**. Skābi **C** šķīdumi īslaicīgi ir stabili, taču ar laiku **X** oksidēšanās pakāpe palielinās par vienu, veidojot intensīvi violetu **X** jonu saturošu šķīdumu, kas ir raksturīga krāsa **X** šādā oksidēšanās pakāpē.

1. Kas ir metāls **X** un oksīdi **A** – **C**?
2. Uzrakstīt aprakstīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus.

Oksīds **C** ir nestehiometrisks, un to iegūstot tā ķīmiskajā formulā XO_y , y vērtība var būt gan lielāka, gan mazāka nekā tā, kas atbilst teorētiskajai stehiometrijai. Tas saistīts ar to, ka **C** kristāiskajā struktūrā dažas no **X** un dažas no skābekļa atomu pozīcijām nav aizņemtas. Zināms, ka **C** kristalizējas ar identisku struktūru kā halīts (NaCl). Tā elementāršūna ir dota attēlā. Zināms, ka kādā **C** paraugā 7% no kristāliskās struktūras atomu pozīcijām ir neaizņemtas.



3. Aprēķināt, uz cik elementāršūnām **C** struktūrā atrodas viena pilna vakanta atoma pozīcija (vienalga vai **X**, vai **O**), ja tās visā kristālā izkliedētas vienmērīgi. *Skaidri parādiet aprēķinu gaitu! Padoms: elementāršūnai pieder 1/8 no atoma kuba virsotnē, 1/4 no atoma uz kuba šķautnes un 1/2 no atoma uz kuba skaldnes.*

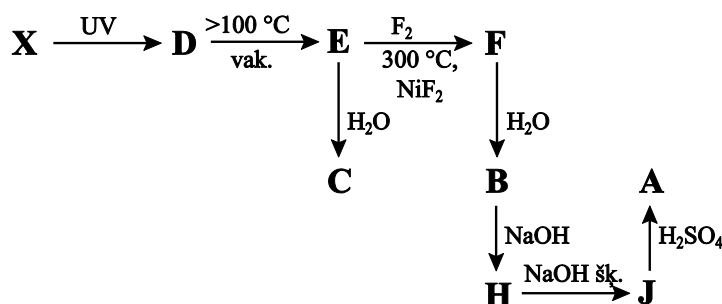
Lai noteiktu precīzu **C** ķīmisko formu (y vērtību), ņēma 0,1000 g tā parauga un to karsējot šķīdināja koncentrētā sērskābē, tādejādi pie reizes oksidējot **X** līdz tā stabilākajai oksidēšanās pakāpei. Iegūto šķīdumu atdzesēja, atšķaidīja ar ūdeni un pievienoja koncentrētu sālskābi. Pēc tam šķīdumam pievienoja alumīniju. Pēc alumīnija izšķīšanas, šķīduma krāsa nomainījās uz violetu. Šķīdumu atdzesēja un titrēja ar 0,100 M dzelzs (III) amonija sulfātu, kā indikatoru lietojot kālija tiocianāta šķīdumu. Titrēšanā patērēja 16,14 mL titranta. Zināms, ka titrēšanas reakcijā 1 mol **X** jonu reaģē ar 1 mol titranta.

4. Aprēķināt y vērtību analizētajā XO_y (oksīda **C**) paraugā.
5. Uzrakstīt ar parauga sagatavošanu, titrēšanu un indikatora krāsas maiņu saistīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus.

6. uzdevums**Atšķirīgā ķīmija****14 punkti**

Ķīmiskais elements **X** tiek izmantots gan dažādu ikdienā lietojamu gaismas avotu, gan pētnieciskajās iekārtās lietojamu lāzeru pagatavošanā. Tā ķīmiskās īpašības ir izteikti atšķirīgas no citiem elementiem, kas atrodas tajā pašā periodiskās tabulas grupā. Ķīmiskajos savienojumos tam ir zināmas oksidēšanās pakāpes +2,+4,+6 un +8. Divi tā stabilākie oksīdi **A** un **B**, kas gan tik un tā ir sprādzienbīstami (**A** eksplodē $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$, bet **B** $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$), ir zināmi jau sen, savukārt trešais tā oksīds **C** ir vēl nestabilāks un tika iegūts tikai 2011. gadā. Nevienu no šiem oksīdiem nevar iegūt **X** reakcijā ar skābekli, bet **B** un **C** veidojas **X** halogenīdu hidrolīzē.

X jau saules starojuma UV komponentes iedarbībā reaģē ar fluoru, veidojot **D**. **D** $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$ vakuumā disproportionējas par **X** un **E**. **E** $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ katalizatora NiF_2 klātienē paaugstinātā spiedienā reaģē ar F_2 , veidojot **F**. **F** hidrolīzē rodas oksīds **B**, savukārt oksīdu **C** iegūst ledum reaģējot ar savienojumu **E**. Zināms, ka fluora masas daļa savienojumā **F** ir 46,48%.

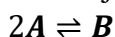


B ir vāja skābe, kas sārmainā vidē veido vienvērtību anjonu **G** (skābekļa masas daļa tajā ir 32,60%). Tā, piemēra, **B** reakcijā ar nātrija hidroksīdu veidojas **G** saturošs sāls **H**. Tomēr bāziskā šķīdumā **G** joni nav stabili un ar laiku disproportionējas, veidojot **X** un četrvērtīgu anjonu **I** (skābekļa masas daļa tajā ir 42,26%). Tā no **H** veidojas **I** saturošs sāls **J**. **J** reakcijā ar sērskābi veidojas oksīds **A**.

1. Kas ir elements **X**?
2. Uzrakstīt savienojumu **A – F**, **H** un **J**, kā arī jonu **G** un **I** ķīmiskās formulas!
3. Uzzīmējiet **D**, **E**, **F**, **G** un **I** Luisa struktūras, pēc iespējas korektāk attēlojot to telpisko uzbūvi.
4. Paskaidrojiet, kādas ir ķīmiskās atšķirības, kas atšķir **X** no citiem elementiem tajā pat periodiskās sistēmas grupā.

7. uzdevums**Termodinamika atmosfērā****16 punkti**

Atmosfērā ir sastopama brūna gāze **A**, kas nosaka fotoķīmiskā smoga krāsu. **A** rodas fosilā kurināmā un biomasas sadegšanas procesā, kā arī oksidatīvā bezkrāsainas gāzes **C** ar raksturīgu smaku sadalīšanās reakcijā atmosfērā. **A** ir ļoti reaģētspējīgs savienojums, kas eksistē līdzsvarā ar tā bezkrāsaino dimēru **B** saskaņā ar šādu ķīmisko reakciju:



1. Uzrakstīt **A**, **B** un **C** ķīmiskās formulas.
2. Pēc iespējas precīzāk uzzīmējiet **A** un **B** Luisa struktūrformulas. Pamatojiet, kādēļ **A** ir ļoti reaģētspējīga molekula!

Tabulā ir dotas **A** un **B** veidošanās entalpijas un molārās entropijas $298,15\text{ K}$ temperatūrā standartapstākļos.

Viela (agregātstāvoklis)	$\Delta_{\text{raš}}H^{\circ} / \text{kJ mol}^{-1}$	$\Delta S^{\circ} / \text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
A (g)	33,18	240,06
B (g)	9,16	304,29

3. Izmantojot dotos datus aprēķiniet **A** dimerizācijas reakcijas i) entalpiju $\Delta_{\text{reakc}}H^{\circ}$ un ii) entropiju $\Delta_{\text{reakc}}S^{\circ}$ 298,15 K temperatūrā.
4. Balstoties uz jūsu iegūtajiem rezultātiem
 - i. nosakiet, vai dimerizācijas reakcija ir eksotermiska vai endotermiska;
 - ii. Izskaidrojiet, kādēļ reakcijas entropija ir ar + vai – zīmi!
5. Balstoties uz dimerizācijas reakciju un tās siltumefktu $\Delta_{\text{reakc}}H^{\circ}$, nosakiet, kā līdzsvaru nobīdīs
 - i. Temperatūras palielināšana;
 - ii. Kopējā spiediena palielināšana.
6. Pieņemot, ka reakcijas entalpija $\Delta_{\text{reakc}}H^{\circ}$ un entropija $\Delta_{\text{reakc}}S^{\circ}$ nav atkarīga no temperatūras, aprēķiniet
 - i. Reakcijas Gibbsa enerģiju $\Delta_{\text{reakc}}G$ 25 °C un 100 °C temperatūrā.
 - ii. Reakcijas līdzsvara konstanti K 25 °C un 100 °C temperatūrā.
7. Zinot, ka gan tiešā, gan apgriezeniskā reakcija ir ātra, un līdz ar to vielu daudzumus nosaka reakcijas termodinamiskie parametri, izspriediet, kas notiks ar līdzsvaru 25 °C un kas 100 °C temperatūrā!

Noslēgtā traukā 100 °C temperatūrā iepildīja gāzi **A** tādā daudzumā, kad tās parciālais spiediens pirms jebkādu ķīmisko pārvērtību sākšanās bija 1,00 bārs.

8. Aprēķiniet, kāds būs **A** un **B** parciālais spiediens pēc līdzsvara iestāšanās! Kādā krāsā būs reakcijas maisījums?



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

Valsts 58. ķīmijas olimpiādes uzdevumi 12. klasei

Kopā: 119 punkti

Maksimālais punktu skaits tiks reducēts uz 80 punktiem, reizinot ar koeficientu 0,672, lai panāktu ~70% ieguldījumu kopējā Valsts 58. ķīmijas olimpiādes punktu skaitā (atlikušos 30% būs iespējams iegūt laboratorijas darbos 23. martā).

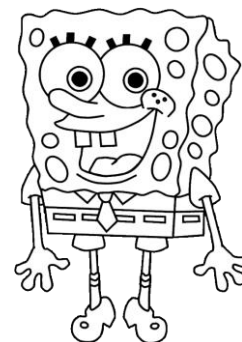
1. uzdevums

Kvadrātskābe

12 punkti

Kvadrātskābe ir organiska skābe, kas satur tikai oglekļa, ūdeņraža un skābekļa atomus. Sadedzinot 1,000 g kvadrātskābes iegūst 0,1580 g ūdens un 0,8693 L ogļskābās gāzes (1,00 bar spiedienā 25,0 °C temperatūrā).

1. Nosakiet kvadrātskābes empīrisko formulu un molekulformulu, ja zināms, ka tās molmasa ir lielāka nekā etiķskābei, bet mazāka nekā benzoskābei.
2. Uzzīmējiet četras iespējamās šī savienojuma struktūrformulas. Balstoties uz vielas nosaukumu, kā arī faktu, ka šī **nav** karbonskābe, atzīmējiet, kura no struktūrformulām atbilst kvadrātskābei.
3. Uzzīmējiet visas rezonsances struktūrformulas anjonam, kas tiek iegūts, kvadrātskābei reaģējot ar nātrija hidroksīdu pārākumā.
4. Paskaidrojiet, kādēļ kvadrātskābe ir ļoti stipra organiskā skābe ($pK_{a,1} = 1,50$)!
5. Vai kvadrātskābe ir aromātiska? Pamatojiet!



2. uzdevums

Neorganiskās pārvērtības

23 punkti

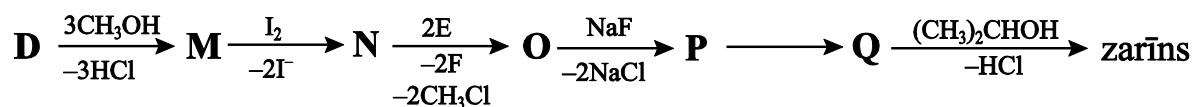
Kāds ķīmiskais elements **A** var eksistēt vairākās alotropajās formās, populārākās no kurām ir baltā krāsā (**A₁**) un sarkanā krāsā (**A₂**). Zemā temperatūrā neliela skābekļa daudzuma klātienē veidojas **A** oksīds **B**, savukārt nedaudz paaugstinātā temperatūrā tiek iegūts tā oksīds **C**. Jau istabas temperatūrā **A** reaģē ar hloru, veidojot **D**, kas savukārt paaugstinātā temperatūrā reakcijā ar hloru veido **E**. **D** reakcijā ar skābekli tiek iegūts no trim elementiem sastāvošs savienojums **F**, kuru iespējams iegūt arī **E** reakcijā ar ūdeni.

A reakcijā ar ūdeņradi tiek iegūta bezkrāsaina toksiska gāze **G**. Atšķirībā no periodiskajā sistēmā augstāk esoša elementa veidotā analogā savienojuma, **G** reaģē tikai ar ļoti stiprām skābēm, un pat ar

sālsskābi iegūtais savienojums **H** sadalās jau $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ar jodūdeņradi tiek iegūts stabilāks savienojums **I**, kura hidrolīzē veidojas **G**. Cits **I** iegūšanas ceļš ir sākotnēji **A**₂ modifikācijas reakcijā ar jodu iegūt savienojumu **J**, tad to karsējot iegūt citu bināru savienojumu **K** (reakcijā izdalās jods), kuram reaģējot ar **A**₁ modifikāciju ūdens klātienē tiek iegūts **I**, kā vienīgo blakusproduktu iegūstot tikai plašāk zināmo **A** saturošo skābi **L**. Zināms, ka **L** veidojas arī oksīda **C** reakcijā ar ūdeni.

1. Uzrakstīt savienojumu **A** – **L** ķīmiskās formulas.
2. Uzrakstīt aprakstīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus.
3. Pēc iespējas skaidrāk (bet lakoniskāk) aprakstīt, kā uzbūves un reaģētspējas ziņā atšķiras **A**₁ un **A**₂.
4. Uzzīmējiet **D**, **E**, **F** un **K** Luisa struktūras, pēc iespējas korektāk attēlojot to telpisko uzbūvi.
5. Pēc iespējas skaidrāk un korektāk attēlojiet oksīdu **B** un **C** telpisko uzbūvi.

Vairāki ķīmisko elementu **A** saturoši savienojumi ir tikuši izmantoti kā kaujas gāzes. Viens no populārākajiem šādiem savienojumiem ir īpaši bīstamā gāze zarīns, ko iespējams pagatavot no savienojuma **D**. **D** reaģējot ar metanolu (CH_3OH) attiecībā 1:3 veidojas savienojums **M**, kā arī 3 ekvivalenti HCl . **M** reakcijā ar jodu elements **A** tiek oksidēts, pārgrupējoties atomiem un veidojoties **N**, kurā ir izveidojusies viena **A**– CH_3 saite. **N** reakcijā ar **E** divas no grupām tiek aizvietotas ar hlora atomiem, veidojoties savienojumam **O**, un kā blakusprodukti izdalās 2 ekvivalenti **F** un 2 ekvivalenti CH_3Cl . **O** reakcijā ar 2 ekvivalentiem NaF , notiek halogēnu aizvietošanās un rodas **P**. Reaģējot **O** un **P** attiecībā 1:1, notiek daļēja halogēnu apmaiņa, un rodas 2 ekvivalenti **Q**. **Q** reaģē ar 1 ekvivalentu izopropanola (CH_3)₂ CHOH tiek iegūts zarīns un izdalās 1 ekvivalents HCl .



6. Uzrakstīt savienojumu **M** – **Q** un zarīna ķīmiskās formulas, pēc iespējas skaidrāk attēlojot atomu savstarpējo saistību tajos.

3. uzdevums

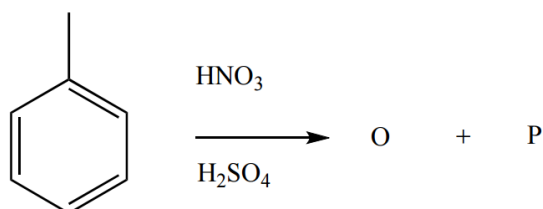
Dīvainās dimerizācijas produkts

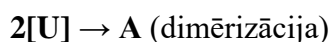
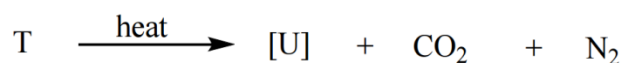
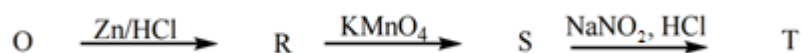
14 punkti

Apskatīsim interesantu ķīmisko savienojumu **A**. Ir zināms ka

- **A** empīriskā formula ir C_{12}H_8 .
- Visi tajā ietilpstošie oglekļa atomi ir sp^2 hibridizēti.
- Savienojumā ir divi ūdeņraža atomu "tipi" (2 KMR signāli). Visi viena tipa ūdeņraži ir ķīmiski ekvivalenti, tas ir – no to "perspektīvas" molekula izskatās vienāda, piemēram, visi benzola ūdeņraži ir ķīmiski ekvivalenti.
- Molekulai ir simetrijas centrs.
- Molekulā ir 3 cikli un 6 dubultsaites.

Apskatīsim savienojuma **A** sintēzi:





*ar „heat” apzīmēta karsēšana.

Noderīga informācija:

- Oglekļa masas daļa **R** ir 78,38%
- Skābekļa masas daļa **S** ir 23,33%
- **T** ir cviterjons (satur gan pozitīvi, gan negatīvi lādētu grupu), kurā slāpekļa masas daļa ir 18,91%.
- **[U]** ir nestabils starpprodukts, un **A** ir **[U]** dimērs.
- **O** molekulā nav simetrijas ass.
- Cinkam reaģējot ar sālsskābi, izdalās H₂. Tas absorbējas uz cinka virsmas un kļūst ķīmiski aktīvāks.

1. Attēlojiet savienojumu **A**, un **O** – **U** struktūrformulas.
2. Kās ir galvenais reakcijas **T** → **U** virzītājspēks?
3. Kāpēc reakcijā ar toluolu **O** veidosies pārākumā?
4. Kas ir galvenais savienojuma **U** nestabilitātes cēlonis?

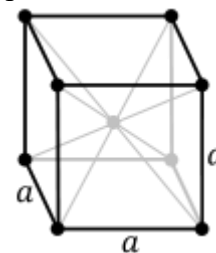
4. uzdevums

Daudzkrāsainais metāls

14 punkti

X ir sudabpelēcīgs (citos avotos - sudrabbalts) metāls, kuru izmanto kā piedevu īpaši izturīga tērauda pagatavošanā, kā arī citu īpaši izturīgu sakausējumu pagatavošanā, kas paredzēti darbam augstās temperatūrās.

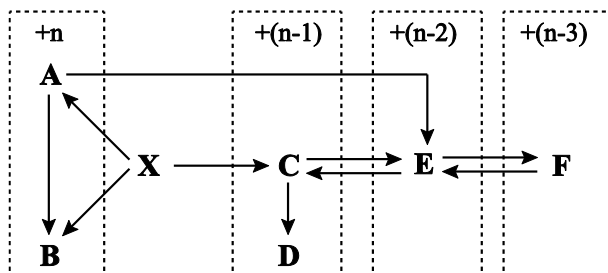
Zināms, ka metāls **X** kristalizējas tilpumā-centrētā kubiskajā (*bcc*) kristālrežģī ar elementāršūnas malas garumu $a = 303 \text{ pm}$ un tā blīvums ir $6,08 \text{ g cm}^{-3}$. Tā elementāršūna dota attēlā pa labi.



1. Aprēķināt elementāršūnas tilpumu (cm^3)!
2. Aprēķināt **X** atommasu un noteikt, kas ir metāls **X**! *Padoms: katrā kuba virsotnē atrodas 1/8 no atoma.*

X ir stabils četras viena otrai blakus esošas pozitīvas oksidēšanās pakāpes no $+(n-3)$ līdz $+n$, un attiecīgo savienojumu ūdens šķīdumiem katram ir sava raksturīga krāsa. **X** reakcijā ar skābekli iegūst brūngandzeltenu tā oksīdu **A** ar augstāko oksidēšanās pakāpi $+n$. **A** attiecība 1:1 reaģē ar koncentrētu Na₂CO₃ šķīdumu, veidojot **B** – dzeltenu **X** oksoaniona sāli – un izdalot bezkrāsainu gāzi. **B** veidojas arī **X** reakcijā ar nātrija hidroksīdu skābekļa klātienē. **X** reakcijā ar HCl un konc.

HNO_3 iegūst tumši sarkanu bināru šķīdumu **C** un bezkrāsainu reagētspējīgu gāzi. **C** ar ūdeni daļēji hidrolizējas, veidojot trīs elementus saturošu savienojumu **D**, kura ūdens šķīdums ir zilā krāsā. **C** $160\text{ }^\circ\text{C}$ sadalās par **E** un dzeltenzaļu gāzi. **E** ūdens šķīdums ir zaļā krāsā. Alternatīvi, **E** iegūst pie katoda elektrolizējot **A** suspensiju sālsskābē. Interesanti, ka $400\text{ }^\circ\text{C}$ **E** disproporcionējas par **C** un **F**, savukārt $>500\text{ }^\circ\text{C}$ sadalās par **F** un dzeltenzaļu gāzi. **F** ir spēcīgs oksidētājs, tādēļ jau pat atšķaidītā sālsskābes šķīdumā pārvēršas par **E**, izdalot bezkrāsainu gāzi. **F** ūdens šķīdums ir violetā krāsā. Zināms, ka pārvērtībā no **C** par **E** savienojuma molmasa samazinās par 18,4%.



- Nosakiet, kas ir metāls **X** (ja nenoteicāt to jau iepriekš) un savienojumi **A** – **F**.
- Uzrakstīt visu aprakstīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus!

5. uzdevums

Nevienāda oksīds

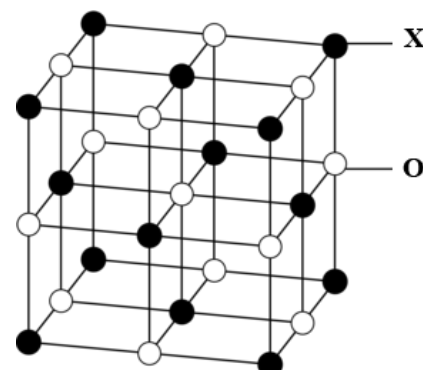
16 punkti

Kādam metālam **X** ir zināmi oksīdi **A**, **B** un **C**, katrā no kuriem metālam ir sava oksidēšanās pakāpe, lai gan par izplatītu un labi zināmu var uzskatīt tikai **A**. **X** reakcijā gan ar skābekli $700\text{ }^\circ\text{C}$, gan ūdeni $800\text{ }^\circ\text{C}$ tiek iegūts oksīds **A**. Lai iegūtu 1,001 g **A**, nepieciešams 0,600 g metāla **X**.

A reakcijā ar pašu metālu **X** $1000\text{ }^\circ\text{C}$ veidojas violetas oksīds **B**, kurš veido dabā ļoti reti izplatītu minerālu tistarītu. **A** reakcijā ar **X** $1500\text{ }^\circ\text{C}$ veidojas dzeltens oksīds **C**. Skābi **C** šķīdumi īslaicīgi ir stabili, taču ar laiku **X** oksidēšanās pakāpe palielinās par vienu, veidojot intensīvi violetu **X** jonus saturošu šķīdumu, kas ir raksturīga krāsa **X** šādā oksidēšanās pakāpē.

- Kas ir metāls **X** un oksīdi **A** – **C**?
- Uzrakstīt aprakstīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus.

Oksīds **C** ir nestehiometrisks, un to iegūstot tā ķīmiskajā formulā XO_y , y vērtība var būt gan lielāka, gan mazāka nekā tā, kas atbilst teorētiskajai stehiometrijai. Tas saistīts ar to, ka **C** kristāiskajā struktūrā dažas no **X** un dažas no skābekļa atomu pozīcijām nav aizņemtas. Zināms, ka **C** kristalizējas ar identisku struktūru kā halīts (NaCl). Tā elementāršūna ir dota attēlā. Zināms, ka kādā **C** paraugā 7% no kristāliskās struktūras atomu pozīcijām ir neaizņemtas.



- Aprēķināt, uz cik elementāršūnām **C** struktūrā atrodas viena pilna vakanta atoma pozīcija (vienalga vai X, vai O), ja tās visā kristālā izkliedētas vienmērīgi. Skaidri parādiet aprēķinu gaitu! Padoms: elementāršūnai pieder $1/8$ no atoma kuba virsotnē, $1/4$ no atoma uz kuba šķautnes un $1/2$ no atoma uz kuba skaldnes.

Lai noteiktu precīzu **C** ķīmisko formu (y vērtību), ņēma 0,1000 g tā parauga un to karsējot šķīdināja koncentrētā sērskābē, tādējādi pie reizes oksidējot **X** līdz tā stabilākajai oksidēšanās pakāpei. Iegūto šķīdumu atdzesēja, atšķaidīja ar ūdeni un pievienoja koncentrētu sālsskābi. Pēc tam šķīdumam

pievienoja alumīniju. Pēc alumīnija izšķīšanas, šķīduma krāsa nomainījās uz violetu. Šķīdumu atdzesēja un titrēja ar 0,100 M dzelzs (III) amonija sulfātu, kā indikatoru lietojot kālija tiocianāta šķīdumu. Titrēšanā patērēja 16,14 mL titranta. Zināms, ka titrēšanas reakcijā 1 mol **X** jonu reaģē ar 1 mol titranta.

- Aprēķināt y vērtību analizētajā XO_y (oksīda **C**) paraugā.
- Uzrakstīt ar parauga sagatavošanu, titrēšanu un indikatora krāsas maiņu saistīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus.

6. uzdevums

Sudraba izšķīdināšana

18 punkti

Sudrabam ir zināmi divi oksīdi – **A** un **B**, kurus abus var iegūt no sudraba (I) nitrāta. Pievienojot sudraba (I) nitrāta šķīdumam nātrija hidroksīdu, kā starpproduktu iegūst **C**, kas ātri sadalās par stabilu melnu oksīdu **A**. Otru oksīdu **B** savukārt var iegūt, cietu sudraba (I) nitrātu pievienojot nātrija persulfāta ($Na_2S_2O_8$) šķīdumam. Šajā reakcijā sērs savu oksidēšanās pakāpi nemaina. Oksīdā **B** elementu masas attiecība ir 6,74 : 1.

- Uzrakstiet **A** – **C** ķīmiskās formulas un aprakstīto ķīmisko reakciju vienādojumus.

Eksperimentāli noteikts, ka oksīds **B** ir diamagnētisks, un tā kristāliskajā struktūrā sudraba atomi vienādā daudzumā ieņem divus atšķirīgus koordinācijas veidus.

- Nosakiet, kāda ir sudraba oksidēšanās pakāpe oksīdā **B** un attiecīgi uzdodiet tā korektu pieraksta veidu. *Savu atbildi pamatojiet, izmantojot doto informāciju!*

A suspensija viegli reaģē ar sālsskābi, veidojot mazšķīstošo sudraba (I) hlorīdu. Sudraba hlorīda šķīdības līdzsvaru apraksta vienādojums $K_{sp} = [Ag^+][Cl^-]$, un, iestājoties līdzsvaram, šis vienādojums jebkuros apstākļos būs spēkā. 25 °C temperatūrā līdzsvara konstante $K_{sp} = 1,77 \cdot 10^{-10}$.

- Aprēķiniet sudraba hlorīda šķīdību ūdenī ($mol L^{-1}$ un $mg L^{-1}$), ja zināms, ka šķīdinot tīru sudraba hlorīdu, rodas vienāds Ag^+ un Cl^- jonu daudzums!
- Aprēķiniet sudraba hlorīda šķīdību piesātinātā NaCl šķīdumā ($mol L^{-1}$), ja pieņem, ka nenotiek blakusreakcijas, un šādos apstākļos Cl^- jonu koncentrācija ir vienāda ar NaCl koncentrāciju! Zināms, ka 25 °C NaCl šķīdība 100 g H_2O ir 36,0 g, un pies. NaCl šķīduma blīvums ir $1,20 g mL^{-1}$.

Patiesībā hlorīdjonu pārākumā veidojas kompleksais jons $AgCl_2^-$, un šī jona summārā stabilitātes konstante $K_{stab} = 1,80 \cdot 10^5$, kas atbilst līdzsvara vienādojumam

$$K_{stab} = \frac{[AgCl_2^-]}{[Ag^+][Cl^-]^2}$$

Šādos apstākļos darbojas gan kompleksveidošanās, gan šķīdības līdzsvars, turklāt kopējā sudraba hlorīda šķīdība ir vienāda ar jonu Ag^+ un $AgCl_2^-$ koncentrāciju summu.

- Aprēķiniet sudraba hlorīda šķīdību piesātinātā NaCl šķīdumā ($mol L^{-1}$ un $mg L^{-1}$), ņemot vērā kompleksveidošanās līdzsvaru. Arī šādos apstākļos Cl^- jonu koncentrācija ir vienāda ar NaCl koncentrāciju!

Cits variants sudraba hlorīda šķīdības izmainīšanai ir amonjaka šķīduma pievienošana. Amonjaka klātienē veidojas kompleksais jons $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$, un šī jona summārā stabilitātes konstante $K_{stab} = 1,60 \cdot 10^7$, kas atbilst līdzsvara vienādojumam

$$K_{stab} = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]}{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}$$

Ja pievienotā amonjaka koncentrācija ir liela, var pieņemt, ka NH_3 koncentrācija kompleksveidošanās procesā neizmainās. Kopējā sudraba hlorīda šķīdība ir vienāda ar jonu Ag^+ un $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ koncentrāciju summu.

6. Aprēķiniet sudraba hlorīda šķīdību 25% amonjaka šķīdumā (mol L^{-1} un mg L^{-1}), ņemot vērā kompleksveidošanās līdzsvaru. 25% amonjaka šķīduma blīvums ir $0,907 \text{ g mL}^{-1}$.

7. uzdevums

Dzīvības pirmsākumi

22 punkti

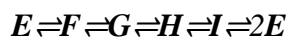
Formozes reakcija jeb Butļerova reakcija ir labi izpētīts ķīmiskais process, kas varētu būt viens no dzīvības rašanas cēloņiem. Formozes reakcijā no formaldehīda ūdens šķīdumā bāziskos apstākļos veidojas $\text{C}_3\text{-C}_7$ cukuri, kā arī milzīgs skaits citu produktu.

Vispirms apskatīsim Formozes reakcijas blakusreakciju – *Cannizzaro* reakciju, kurā reaģējot divām formaldehīda molekulām veidojas divi dažādi tā disproporcionēšanas produkti **A** un **B** (vispārīgi *Cannizzaro* reakcija ir jebkura aldehīda disproporcionēšanās reakcija). Koncentrētā sērskābē **A** reaģē ar **B**, veidojot savienojumu **C** ar spēcīgu smaku un ūdeni. **B** ir stipra skābe; **A**, nokļūstot cilvēka organismā, pārvēršas par formaldehīdu.

1. Uzraksties savienojumu **A**, **B** un **C** nosaukumus pēc IUPAC nomenklatūras!

Formozes reakcijas mehānisma pirmā stadija ir cita, ļoti lēna reakcija starp divām formaldehīda molekulām, kurā veidojas produkts **E**. **E** molekulā ir divas dažādas skābekli saturošas funkcionālās grupas, skābekļa masas daļa **E** ir 53,33%.

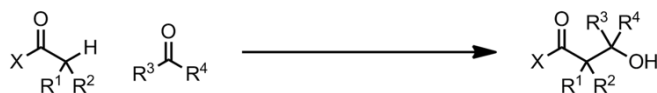
Formozes reakcijai ir 30 sekundes ilgs iniciācijas periods, kad šķīdums izskatās bezkrāsains, pēc kura reakcijas maisījums ātri kļūst brūns un viss atlikušais formaldehīds izreaģē nākošo 30 sekunžu laikā. To var izskaidrot ar nākamajā rindā doto reakciju shēmu.



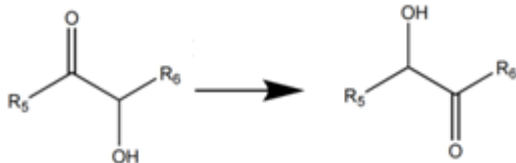
Par reakcijām $E \rightleftharpoons F \rightleftharpoons G \rightleftharpoons H \rightleftharpoons I \rightleftharpoons 2E$ ir zināms, ka:

- Divas no šīm reakcijām ir aldola pievienošanas reakcijas, divas atbilst aciloina tautomerizācijas reakcijai, un solis $I \rightleftharpoons 2E$ ir retro-aldola pievienošanas reakcija (aldola pievienošanas reakcijas pretreakcija). Šo reakciju shēmas ir dotas apakšā.
- Nevienam starpproduktam nereaģē ar citiem starpproduktiem;
- Nevienā no savienojumiem **E** - **I** nav oglekļa atomu, kuri ir saistīti ar trim vai četriem citiem oglekļa atomiem.

Aldola pievienošanas (*aldol addition*) reakcijas shēma:



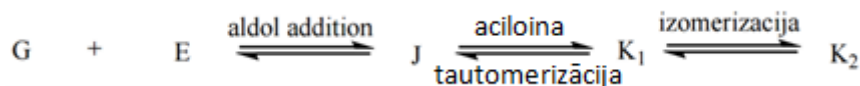
Aciloina tautomerizācijas reakcijas shēma:



kur X un R₁-R₆ var būt gandrīz **jebkurš** reālajā dzīvē eksistējošs aizvietotājs, piem., H, Metil-, Etil-, Izopropil-, aril- utt.

2. Attēlojiet savienojumu **E – I** struktūrformulas.

Apskatīsim C₅ ogļhidrātu veidošanos Formozes reakcijā:



- **J**, **K₁** un **K₂** arī **nav** tādu oglekļa atomu, kuri ir saistīti ar trim vai četriem citiem oglekļa atomiem.
- **K₁** un **K₂** ir izomēri. **K₂** ir pieclocēkļu skābekli saturošs cikls. **K₂** visi oglekļa atomi ir sp³ hibridizēti.
- No savienojumiem **J**, **K₁** un **K₂** tikai **K₁** ir aldehīds.
- **K₂** ir 5 hidroksilgrupas.

3. Attēlojiet savienojumu **J**, **K₁** un **K₂** struktūrformulas.

K₁ un **K₂** katrs ogleklis ar 4 dažādiem aizvietotājiem var būt R vai S konfigurācijā. Savienojumi, kuriem vismaz viena oglekļa atoma konfigurācija atšķiras, ir stereoizomēri.

4. Cik stereoizomēru var veidot **K₁** un cik **K₂**?
5. Kāpēc Formozes reakcija pēc ilga iniciēšanas perioda notiek tik strauji?

Var iedomāties, ka secīgas aldola pievienošanās un aciloina tautomerizācijas reakcijas var izveidot bezgalīgi garu oglekļa ķēdi.

6. Kura *vārda reakcija* var pārtraukt ķēdes augšanu?