

Kīmiķu dārzs 2022

11. – 12. klase

2. kārtā

Uzdevumu komplekts

Risinot uzdevumus, lūdzam ievērot:

- uzdevumu risināšanas laiks ir **no 10.00 līdz 14.00**;
- olimpiādes laikā atļauts izmantot tikai šajā komplektā iekļautās ķīmisko elementu periodiskās tabulas, savienojumu šķīdības tabulas un formulu lapas;
- olimpiādes laikā atļauts izmantot rakstāmpiederumus un kalkulatorus, kā arī komandas locekļiem sazināties savā starpā. Jebkādu citu palīglīdzekļu lietošana vai saziņa ar ārpus komandas esošām personām nav atļauta;
- visas atbildes un risinājumus rakstīt tam paredzētajās vietās atbilžu lapās. **Nepareizajā vietā norādītas atbildes vai risinājumi netiks vērtēti**;
- ja kāda uzdevuma atbildēm vai risinājumam nepieciešama papildus vieta, to rakstīt uz atsevišķas lapas, skaidri norādot komandas kodu, risinātā uzdevuma numuru un apakšpunktu numurus;
- vietās, kur tas prasīts, norādīt pilnu risinājuma gaitu, nevis tikai atbildi;
- ja uzdevumā nav norādīts citādi, hlora atommasu pieņemt kā 35,5, visu pārējo elementu atommasas noapaļot līdz tuvākajam veselajam skaitlim;
- ja uzdevumā nav norādīts citādi, pieņemt, ka visas reakcijas norisinās kvantitatīvi (pilnībā), visas nogulsnes izkrīt pilnībā un nesatur šķīdinātāja paliekas un visu gāzu tilpumi doti normālos apstākļos (n.a., 1 atm, 0 °C).

Jums tiek piedāvāti uzdevumi piecās kategorijās – neorganiskā ķīmija (N), organiskā ķīmija (O), analītiskā ķīmija (A), fizikālā ķīmija (F) un eksperimentālais uzdevums (E). Šajā komplektā ir 8 uzdevumi, 17 lappuses ar uzdevumiem un atbilžu lapas. Lūdzu, pārbaudiet, vai esat saņēmuši pilnu komplektu, un uzrakstiet komandas kodu uz katras atbilžu lapas!

Visticamāk, jūs dotajā laikā neizpildīsiet visus uzdevumus perfekti. Tādēļ atcerieties strādāt komandā, sadalīt darbu un koncentrēties uz tiem uzdevumiem, ko jūs varat izpildīt.

Vēlam veiksmi!



Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

2. kārtā

Neorganiskā ķīmija (39%)

N1. Dažādi jancīgi reaģenti (27 punkti)

Etāra reaģents

Etāra (*Étard*) reaģents ir kāda ķīmiskā viela **A**. Šo vielu izmanto kā organiskajā, tā neorganiskajā sintēzē kā spēcīgu oksidētāju, jo tās sastāvā ir sešvērtīgs hroma atoms.

Etāra reaģentu var iegūt vārāmā sāls un kālija dihromāta reakcijā koncentrētas sērskābes klātienē. Lai reaģentu iegūtu tīru un bezūdens, to parasti atdestilē no reakcijas kolbas.

Alternatīva šī reaģenta iegūšanas metode ir hroma trioksīda un hlorūdeņraža reakcija.

Plaši zināma ir reaģenta **A** reakcija ar toluolu (Etāra reakcija), oksidējot toluolu (metilbenzolu) par vielu **B** (molmasa 106 g/mol). Viela **B** ir bezkrāsains eļļains šķidrums ar mandeļu smaržu, kurš slikti šķīst ūdenī.

N1.1. Uzrakstiet vielas **A** tekstā minēto iegūšanas reakciju vienādojumus! (2 punkti)

N1.2. Kas ir viela **A**? (2 punkti)

N1.3. Uzzīmējiet vielu **A** un **B** struktūrformulas! (2 punkti)

Vijsa šķīdums

Vijsa (*Wijs*) šķīdums ir kādas vielas **C** šķīdums ledus (koncentrētā) etiķskābē. **C** molmasa ir 162,5 g/mol. Istabas temperatūrā (25 °C) viela **C** ir sarkanīgi brūngans šķidrums, kurš viegli hidrolizējas. Vijsa šķīdumu izmanto analītikā, lai noteiktu joda saturu paraugā.

C var iegūt, savā starpā reaģējot divām vienkāršām vielām, no kurām viena istabas temperatūrā ir dzeltenīga gāze, bet otra tumši violeta cieta viela, kas viegli sublimējas.

N1.4. Kāda ir vielas **C** ķīmiskā formula? (2 punkti)

N1.5. Uzrakstiet vielas **C** hidrolīzes reakcijas vienādojumu! (1 punkts)



Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

2. kārtā

N1.6. Kādas vielas rastos, ja vielu **C** ievadītu koncentrētā NaOH šķīdumā? (1 punkts)

N1.7. Kāds saites/-šu veids/-i ir savienojumā **C**? (1 punkts)

N1.8. Uz kura atoma vielā **C** būs negatīvs daļlādiņš? Uz kura – pozitīvs? (1 punkts)

Kolinsa reaģents

Kolinsa (*Collins*) reaģents ir kompleksais savienojums, ko veido kāds neorganisks savienojums **D** un piridīns (C_5H_5N). **D** tiek plaši izmantots organiskajā sintēzē kā oksidētājs. Tāpat kā vielas **A** sastāvā, arī **D** sastāvā ir sešvērtīgs hroma atoms.

Pēc izskata savienojums **D** ir tumši sarkana, ļoti higroskopiska kristāliska viela. Kad tā kļūst mitra, tā ir praktiski melna. **D** reaģē ar KOH šķīdumu, veidojot **E**, kas skābā vidē veido **F**.

N1.9. Kas ir vielas **D**, **E**, **F**? Uzrakstiet ķīmiskās formulas! (3 punkti)

N1.10. Kā mainīsies šķīduma krāsa, veicot aprakstītās reakcijas no **D** līdz **F** vienā traukā? (Piemērs: bezkrāsains → sarkans → gaiši zaļš) (1 punkts)

N1.11. Uzrakstiet reakcijas vienādojumus aprakstītajai pārvērtību virknei no **D** līdz **F**! (2 punkts)

N1.12. **D** reakcijā ar etanolu veidojas viela **G**. Uzzīmējiet vielas **G** struktūru un pierakstiet tās triviālo nosaukumu! (1 punkts)

N1.13. Kādu vielu būtu jāizmanto, lai no **G** iegūtu atpakaļ etanolu? Uzzīmējiet **D** Luisa struktūru! (1 punkts)



Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

2. kārtā

Neslera reaģents

Neslera (*Nessler*) reaģenta sastāvā ir kāds komplekss savienojums **H**. **H** ir ļoti toksisks, jo tā sastāvā ir kāds smagais metāls; metāls ir pazīstams ar to, ka veido amalgamas. Šo reaģentu izmanto, lai pierādītu amonija jonu klātbūtni, jo tas reakcijā ar amonija joniem veido brūnas nogulsnes, kas sastāv no kāda metāla **J** oksīda un vielas **I**. Vielu **I** veido šī paša metāla **J** katjons un divi anjoni, no kuriem viens ir amīds, bet otrs – jodīds.

Ja nelielu daudzumu Neslera reaģenta ievieto bezkrāsainā liesmā, tā iekrāsojas violeta. Šādi pierāda metāla **K** katjonu. Ja **H** reaģē ar koncentrētu sērskābi un iegūtajam šķīdumam pievieno cietes šķīdumu, iegūst izteikti tumši zilu krāsojumu, jo veidojas viela **M**, kas reaģē ar cieti, veidojot kompleksu.

Lai iegūtu 0,00737 molus **H**, izreaģēja 2,00 g **J** hlorīda un 4,89 g **K** jodīda.

*N1.14. Kas ir vielas **H**, **I**, **M**? Uzrakstiet ķīmiskās formulas! (3 punkti)*

*N1.15. Kas ir metāli **J** un **K**? (2 punkti)*

*N1.16. Nosaukt savienojumu **H**! (1 punkts)*

*N1.17. Uzrakstīt reakcijas vienādojumu **H** reakcijai ar koncentrētu sērskābi! (1 punkts)*

*N1.18. Kāds ir saīsinātais jonu vienādojums **H** reakcijai ar amonjakūdeni? (1 punkts)*



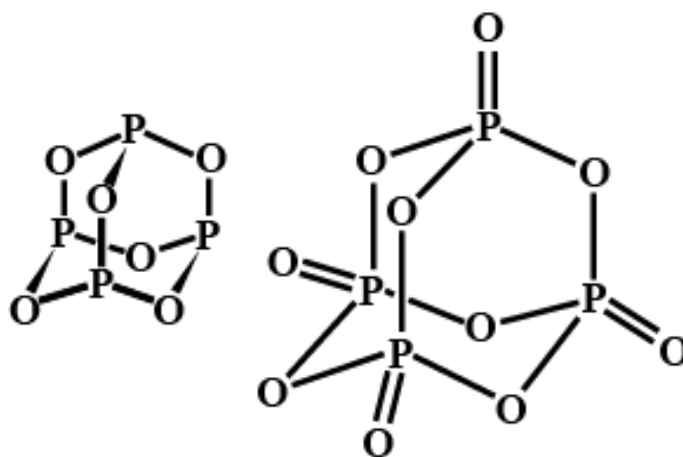
Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

2. kārtā

N2. Fosfora, skābekļa un sēra mīlas trīsstūris (22 punkti)

Fosfors ir interesants elements ne tikai tā augstās reaģētspējas dēļ (tā izpaužas tādās vielās kā P_4 , P_2H_4 vai $POCl_3$), bet arī pateicoties tā tendencei veidot spēcīgas fosfora – skābekļa saites. Attiecīgi tam ir ļoti daudz oksīdu, no kuriem visplašāk zināmie ir P_4O_6 un P_4O_{10} .



P_4O_6 un P_4O_{10} struktūras

Mazāk zināmi ir citi fosfora oksīdi (piemēram P_4O_9 , P_4O_7 utt.), bet šajā uzdevumā mēs apskatīsim veidus, kā tie ir iegūstami. Šāda tipa oksīdi veidojas, pakāpeniski oksidējoties katram no fosfora atomiem P_4O_6 struktūrā. Ja šī oksidēšana notiek pilnībā, iegūst P_4O_{10} (varat aplūkot šo savienojumu struktūras un ievērot līdzības).

N2.1. Uzzīmējiet oksīdu P_4O_7 , P_4O_8 un P_4O_9 struktūrformulas! (6 punkti)

N2.2. Piedāvājiēt kādu oksidētāju, ar kuru varētu oksidēt fosfora trioksīdu par fosfora pentoksīdu. Uzrakstiet reakcijas vienādojumu! (2 punkti)



Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

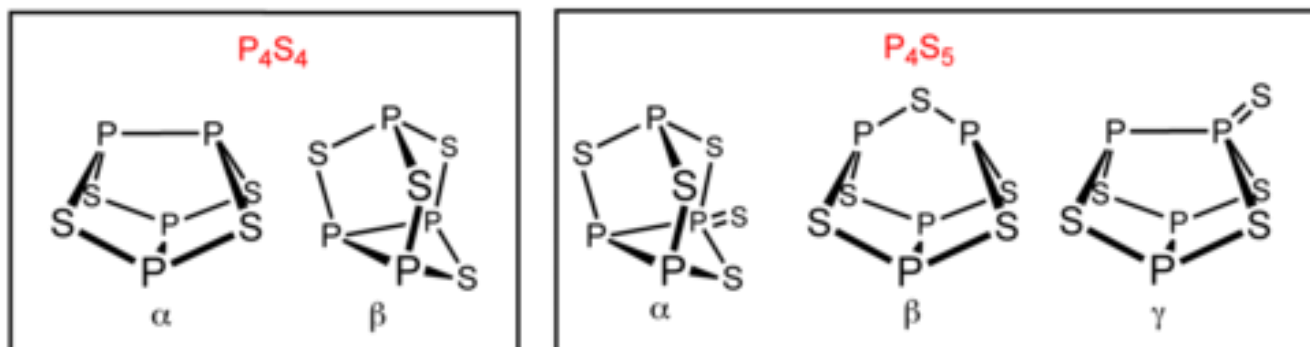
2. kārtā

Tā kā skābeklis un sērs atrodas vienā grupā, tad to ķīmiskās īpašības bieži vien ir līdzīgas. Attiecīgi fosforam ir arī plašs sulfīdu skaits.

N2.3. Uzzīmējiet trīs dažādus (pēc jūsu izvēles) fosfora sulfīdu struktūras, kas satur tikai fosfora – sēra saites! (3 punkti)

Tiktāl esam apskatījuši tikai tādus fosfora oksīdus vai sulfīdus, kur ir vienīgi fosfora – skābekļa vai fosfora – sēra saites. Tālāk pievērsīsimies tādiem fosfora sulfīdiem, kuru struktūras satur arī fosfora – fosfora vai sēra – sēra saites.

Piemēram, P_4S_4 molekulā ir divas fosfora – fosfora saites; šim sulfīdam ir iespējamas divas struktūras – α un β (sk. attēlā zemāk). Ja šī sulfīda α struktūrā vienā no P – P saitēm ievietoja sērs, rodas P_4S_5 β struktūra (salīdziniet tajā pašā attēlā). Iespējams arī veidoties P=S dubultsaitei; tādā gadījumā no α - P_4S_4 rodas γ - P_4S_5 , bet no β - P_4S_4 rodas α - P_4S_5 (arī tas redzams šajā pašā attēlā).



N2.4. Kurš apgalvojums ir patiess par attēlā dotajām P_4S_5 α , β un γ struktūrām? Tās ir ... (1 punkts)

- a) Savstarpēji polimorfas
- b) Savstarpēji izomēras
- c) Savstarpēji monomēras
- d) Savstarpēji monoklīnas
- e) Savstarpēji nesaistītas
- f) Savstarpēji konjugētas



Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

2. kārtā

N2.5. Pēc augstāk minētajiem modeļiem var veidoties vēl citi fosfora sulfīdi. Uzzīmējiet kādu (jebkuru) no P_4S_7 struktūrām, ja zināms, ka tas satur vienu P – P saiti un pēc molekulārās ģeometrijas ir līdzīgs β - P_4S_5 ! (2 punkti)

N2.6. Kāds fosfora sulfīds tiktu iegūts, ja P_4S_4 α struktūrā visas P – P saites tiktu pārvērstas par P – S – P un visi fosfora atomu nedalītie elektronu pāri izmantoti P=S saišu veidošanai? Uzrakstiet ķīmisko formulu! (3 punkti)

N2.7. Ir kāds interesants fosfora sulfīds, kurš satur 3 fosfora – fosfora saites un 6 fosfora – sēra saites. Sadedzinot 1 molu šī savienojuma, tiktu iegūti 3 moli SO_2 un 1 mols P_4O_{10} . Uzzīmē struktūru kādai (jebkurai) no šī savienojuma formām! Norādiet spriedumu gaitu, kā nonācāt pie šīs struktūras! (5 punkti)



Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

2. kārtā

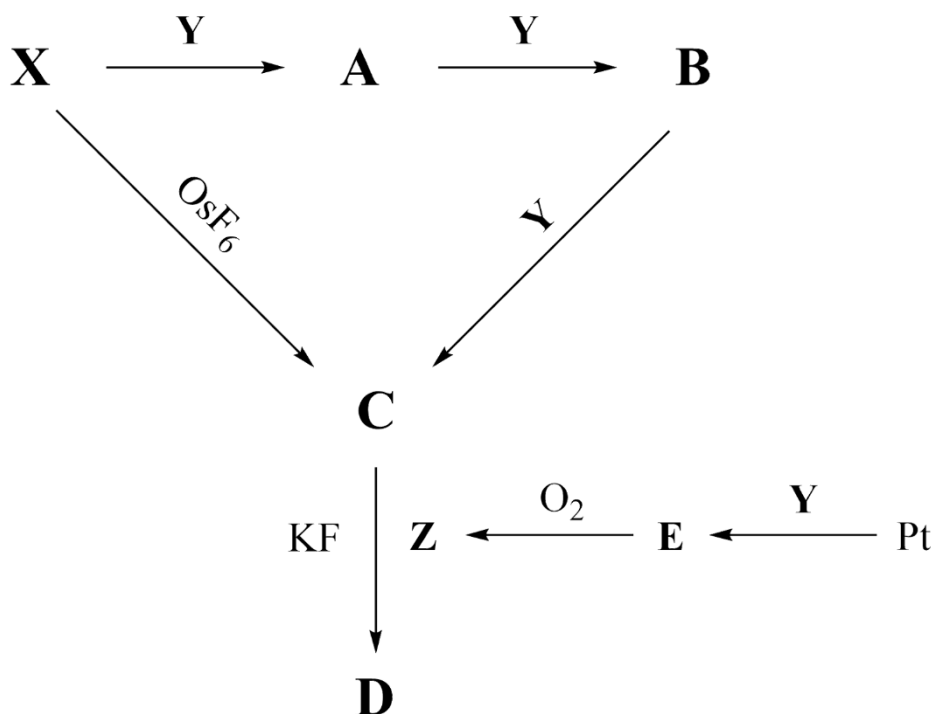
N3. Interhalogēni (22 punkti)

Starphalogēnu savienojumi ir tādi savienojumi, kuri satur tikai halogēnus. Tie ir bināri savienojumi, kuru ķīmisko formulu var pierakstīt formā AB_x (A un B ir halogēni, B ir ar lielāku elektronegativitāti nekā A, un x ir 1, 3, 5 vai 7). Starphalogēnu savienojumu, kas satur vairāk par diviem dažādiem halogēniem, eksistence nav pierādīta.

Lai arī šādu savienojumu netrūkst, šajā uzdevumā tiks apskatīti tikai četri – starp elementu **X** (n.a. violeta, cieta viela) un elementu **Y** (n.a. gaiši zaļgana gāze). Šajos četros savienojumos (**A**, **B**, **C** un **D**) **X** oksidēšanās pakāpe pieaug (savienojumā **B** elementa **X** oksidēšanās pakāpe ir augstāka nekā savienojumā **A** utt.).

Zemāk norādīta shēma, kā tiek iegūti savienojumi **A** – **D**. Kāds elements **X** reaģē ar elementu **Y** trīs reizes pēc kārtas, katru reizi iegūstot citu savienojumu. Tādējādi rodas savienojumi **A**, **B** un **C**. Vielai **C** reaģējot ar kālija fluorīdu un kādu sāli **Z** inertā atmosfērā, rodas savienojums **D**.

Savienojumu **Z** iegūst divos soļos: metālisku platīnu apstrādā ar **Y** pārākumā, iegūstot viegli gaistošu bināru savienojumu **E** (tā tvaiki ir tumši sarkanā krāsā). Vielu **E** tālāk apstrādā ar skābekli molārā attiecībā 1:1, iegūstot neparastu sāli **Z** kā vienīgo reakcijas produktu. Sāli **Z** platīna masas daļa ir 57,18%.



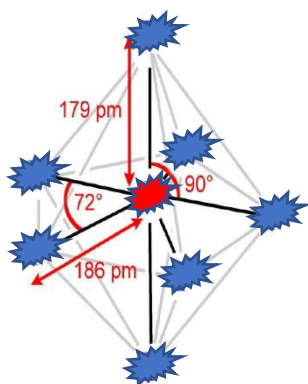


Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

2. kārtā

Tā kā **D** savienojumam ir reti sastopama struktūra – pentagonāla bipirmīda –, interesanti būtu noskaidrot, kāds ir vienas molekulas veidotās pentagonālās bipirmīdas tilpums. Zemāk attēlā norādīti attālumi un leņķi.



N3.1. Atšifrējiet, kas ir **X** un **Y**! (4 punkti)

N3.2. Atšifrējiet, kas ir vielas **A**, **B**, **C** un **D**! Uzrakstiet ķīmiskās formulas! (8 punkti)

N3.3. Kas ir savienojums **E** un sāls **Z**? Uzrakstiet ķīmiskās formulas! (2 punkti)

N3.4. Uzrakstiet reakcijas vienādojumu savienojuma **D** iegūšanai! (2 punkti)

N3.5. Kādi trīs dažādi produkti rastos, ja **A** savienojums reaģētu ar ūdeni jeb hidrolizētos? (2 punkti)

N3.6. Aprēķiniet, kāds ir savienojuma **D** vienas molekulas veidotās pentagonālās bipirmīdas tilpums kubiknanometros! (4 punkti)

Padoms! Piramīdas tilpumu aprēķina pēc zemāk dotās formulas, kur V ir piramīdas tilpums, H – augstums un S_{pam} – pamata laukums. Trijstūra laukumu S var aprēķināt pēc otras zemāk dotās formulas, kur a un b ir malu garumi un α ir leņķis starp malām a un b .

$$V = \frac{H \cdot S_{\text{pam}}}{3}$$

$$S = \frac{a \cdot b \cdot \sin \alpha}{2}$$



KĶmīķu dārzs 2022

11.–12. klase

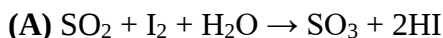
2. kārts

Analītiskā ķīmija (26%)

A1. Fišerizācija (19 punkti)

Zināmas daudz dažādas metodes, kā noteikt vielas koncentrāciju ūdens šķīdumā – titrēšana, izgulsnēšana un daudz citu. Taču dažreiz nepieciešams noteikt tieši *ūdens daudzumu*, piemēram, kādā organiskā šķīdinātājā, kurā ir neliels ūdens piemaisījums... Kā to darīt?

Visplašāk izmantotā metode ūdens kvantitatīvai noteikšanai ir Karla Fišera titrēšana. Metodes pamatā ir sekojoša oksidēšanās–reducēšanās reakcija:



Ar radušos sēra(VI) oksīdu izreaģē paraugam pievienots spirts.

A1.1. Uzrakstīt reakcijas vienādojumu etanola reakcijai ar sēra(VI) oksīdu. Uzzīmēt produkta struktūrformulu! (3 punkti)

A1.2. Kāpēc paraugam jāpievieno spirts? Uzrakstīt nevēlamas reakcijas vienādojumu, kas notiktu, ja reakcijas maisījumā nebūtu spirta, un kas traucētu analīzes rezultātiem! (4 punkti)

Parasti Karla Fišera titrēšanu veic elektroķīmiski. Analizējamam paraugam pievieno *anodšķīdumu* – šķīdumu, kas satur sēra(IV) oksīdu, kālija jodīdu un absolūto (bezūdens) etanolu. Šajā maisījumā ievieto platīna elektrodus, kam pieliek spriegumu. Pie anoda veidojas jods, kas izreaģē ar sēra(IV) oksīdu un ūdeni pēc reakcijas (A). (Procesu pie katoda šī uzdevuma ietvaros neapskatīsim.)

A1.3. Uzrakstīt pusreakcijas vienādojumu pie anoda! (2 punkti)

Titrēšanas beigu punktu nosaka, mērot šķīduma elektrovadītspēju. Zināms, ka šķīduma elektrovadītspēju nosaka tā kopējā jonu koncentrācija.

A1.4. Titrēšanas beigu punktā šķīduma elektrovadītspēja strauji samazinās. Izskaidrot, kāpēc! (4 punkti)

Ūdens daudzumu paraugā var aprēķināt pēc elektrolīzē patērētā strāvas daudzuma. Kādā Karla Fišera analīzes reizē titrēja 1500 mg dimetilformamīda, kas saturēja nezināmu daudzumu ūdens. Analīzes laikā strāvas stiprumu starp elektrodēm uzturēja nemainīgu – 25 mA. Titrēšanas beigu punkts tika sasniegts pēc 3470 sekundēm.

A1.5. Aprēķināt ūdens masas daļu analizētajā dimetilformamīdā! (6 punkti)



Kīmiku dārzs 2022

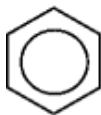
11.–12. klase

2. kārtā

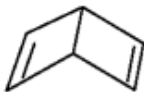
A2. Benzola trešā dēla suņa brālis *Benzvalēns* (17 punkti)

Benzola gredzens ir ļoti plaši sastopams organiskos savienojumos, tas ir dažādu medikamentu, dabasvielu, sadzīvē izmantotu ķīmisku produktu utt. sastāvā. Kā jau zināms, benzola molekulārā formula ir C_6H_6 , bet tikai pēc vielas molekulformulas par tās fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām, uzbūvi un vēl dažādiem aspektiem spriest ir grūti, bieži pat nereāli.

Benzolam ir zināmi dažādi izomēri, piemēram, prizmāns, Djuāra benzols un citi. Šajā uzdevumā tiks apskatīta benzvalēna – viena no benzola izomēriem – sintēze un īpašības.



1



2



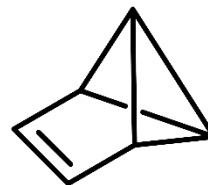
3



4

1. struktūrā attēlots benzols
2. struktūrā attēlots Djuāra benzols
3. struktūrā attēlots benzvalēns
4. struktūrā attēlots prizmāns

Lai labāk saprastu benzvalēna ģeometrisku uzbūvi, to vēl var attēlot šādi:



Benzvalēnu pirmo reizi ieguva 1971. gadā, kad Kolumbijas universitātes organiskās ķīmijas profesors Tomass J. Kacs (pazīstams arī ar alkēnu un alkīnu metatēzes reakciju pētījumiem, kā arī pirmo prizmāna sintēzi) un viņa vadītā grupa to ieguva no ciklopentadiēna, metilītijas un dihlormetāna. Šajā sintēzē viens no starpsavienojumiem bija litija sāls **X**, kurā litija masas daļa ir 9,72%. Šis sāls tiek iegūts reakcijā starp metilītijas un ciklopentadiēnu. Reakcijas produkti ir sāls **X** un kāda gāzveida viela **Y**, kurai ir tetraedriska telpiskā uzbūve.

Tā kā benzvalēns satur nopriegotus ciklopropāna gredzenus, tad benzvalēna struktūra ir nestabila. Tas sadalās, izveidojoties daudz stabilākam izmōeram – benzolam.

Boriss, apjaušot, ka benzvalēns ir nestabils un sadalās, secināja, ka tam ir jābūt kaut kādam sadalīšanās pusperiodam – tas ir, laika posmam, pēc kura puse no sākotnējā benzvalēna parauga būs pārvērtusies par benzolu.

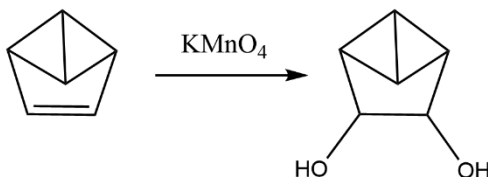


KĶmīķu dārzs 2022

11.–12. klase

2. kārtā

Tāpēc viņš šī pusperioda skaitlisko vērtību izlēma noskaidrot, benzvalēna un benzola maisījumu apstrādājot ar KMnO_4 šķīdumu pārākumā, jo zināja, ka benzvalēns ar KMnO_4 ūdens šķīdumu reaģēs, bet benzols nereaģēs (pieņemsim, ka notiek reakcija, kuras shēma dota attēlā zemāk). Šķīdumā pāri palikušo KMnO_4 daudzumu Boriss noskaidroja, to titrējot ar FeSO_4 šķīdumu.



Benzvalēna paraugu (masa 0,50 grami), kurš iegūts pirms 420 stundām, Boriss apstrādāja ar 50,00 mL 0,10M KMnO_4 ūdens šķīduma. Iegūtās nogulsnes tika nofiltrētas un iegūtais šķīdums paskābināts ar 50% H_2SO_4 . Iegūtais šķīdums tika titrēts ar 0,50M FeSO_4 šķīdumu, patērējot 37,70mL titranta.

Benzvalēna sadalīšanās procesu apraksta sekojošs vienādojums:

$n_{\text{sad}} = n_0(1 - e^{-kt})$, kur n_{sad} – daudzums, kas ir sadalījies; n_0 – sākotnējais daudzums; k – reakcijas konstante (tās vērtību iespējams aprēķināt pēc Borisa iegūtajiem datiem); t – laiks, kas pagājis; $e \approx 2,718$.

A2.1. Uzzīmējiet struktūru kādam benzola izomēram, kurš nesatur ciklus! (2 punkti)

A2.2. Cik simetrijas plakņu ir benzvalēna molekulai? (1 punkts)

A2.3. Uzzīmējiet ciklopentadiēna, un dihlormetāna struktūras! (2 punkti)

A2.4. Kas ir sāls **X** un gāze **Y**? Uzrakstiet ķīmiskās formulas! (3 punkti)

A2.5. Uzrakstiet reakciju vienādojumus:

1. Benzvalēnam ar KMnO_4 ūdens šķīdumā (ūdens ir viena no izejvielām; rodas brūnas nogulsnes!);
2. FeSO_4 ar KMnO_4 paskābinātā (ar sērskābi) vidē! (4 punkti)

A2.6. Kāds ir benzvalēna sadalīšanās pusperiods stundās? Norādiet aprēķinu! (8 punkti)



Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

2. kārtā

A2.7. Uzzskicējiet grafiku, kurš attēlo benzola daudzuma (y ass) atkarību no laika, kas pagājis kopš benzvalēna iegūšanas (x ass)! (2 punkti)

A2.8. Cik liels tilpums V (mililitros) FeSO_4 šķīduma (ar koncentrāciju c_{FeSO_4} mol/L) būs jāpatērē, titrējot šķīdumu, kurš iegūts, benzvalēna un benzola maisījumu apstrādājot ar pietiekamu daudzumu (A mililitriem) KMnO_4 šķīduma (ar koncentrāciju c_{KMnO_4} mol/L) pēc t stundām kopš benzvalēna parauga (sākotnējais benzvalēna daudzums ir n_0 , sadalīšanās reakcijas konstante ir k) iegūšanas? Uzrakstiet vispārīgu matemātisku sakarību! (5 punkti)

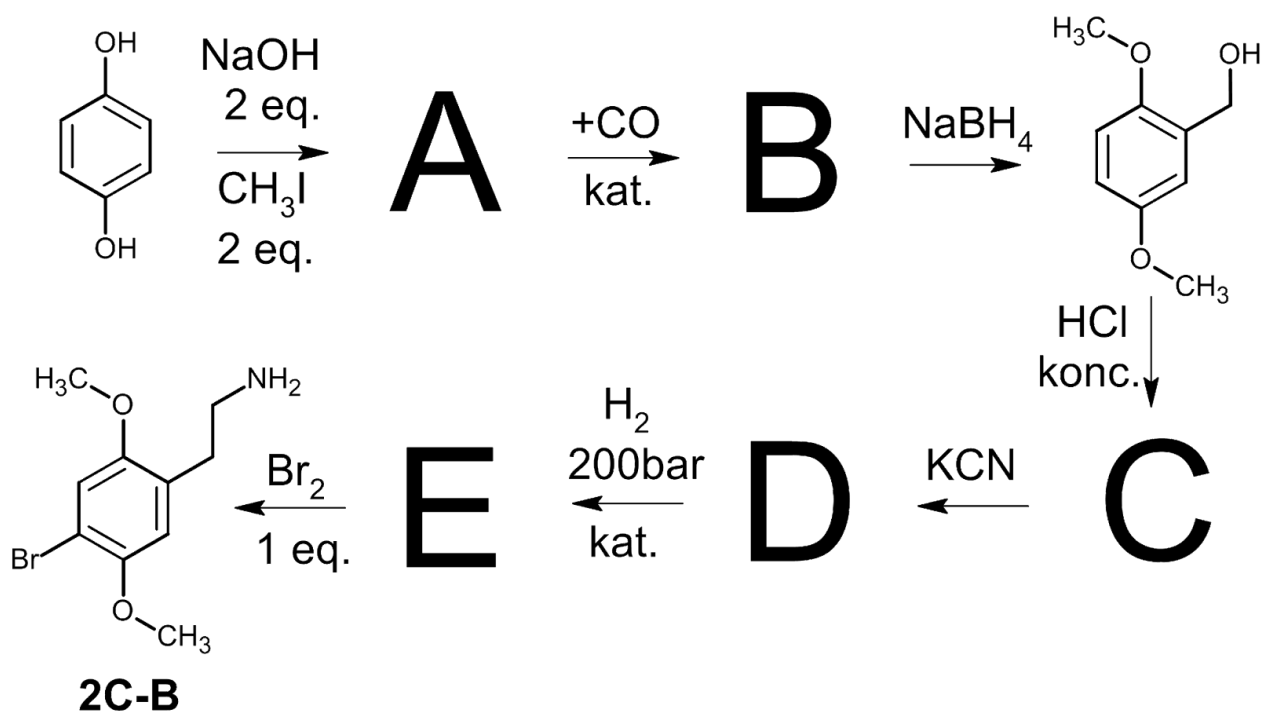
A2.9. Uzzskicējiet koordinātu plaknē grafiku iepriekšējā punktā iegūtajai sakarībai, kur atkarīgais lielums (y ass) ir titrēšanā patērētā FeSO_4 šķīduma tilpums, bet neatkarīgais lielums (x ass) ir t ! (Pārējos lielumus pieņemiet par nemainīgiem). (2 punkti)



Organiskā ķīmija (11%)

O1. Policistu sintēze (20 punkti)

Valsts policijai bija nepieciešams noskaidrot, vai ar šādu sintēzes shēmu iespējams iegūt nelegālu vielu, kas pazīstama kā 2C-B, lai efektīvāk apkarotu pretlikumīgas darbības. Policija nolīga sintētiķi Mariju, lai pārbaudītu sintēzes shēmu. Taču policija bija nedaudz pārcentusies ar sintēzes shēmas šifrēšanu, tādēļ Marijai nācās tajā atrast visas apslēptās vielas.



(eq. = ekvivalenti)

O1.1. Kas ir vielas **A–E**? Uzzīmējiet struktūrformulas. (10 punkti)

O1.2. Kādus alternatīvus reaģentus / reaģentu varētu izmantot 3. reakcijā? (2 punkti)

O1.3. Kādus alternatīvus reaģentus / reaģentu varētu izmantot 4. reakcijā? (2 punkti)

O1.4. Kādēļ, veicot 5. reakciju, ir īpaši jāpievērš uzmanība drošībai? (2 punkti)

O1.5. Uzzīmē reakcijas mehānismu 1. reakcijai! (4 punkti)



Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

2. kārtā

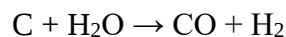
Fizikālā ķīmija (15%)

F1. Solārku gribi, Tropš? (28 punkti)

Dīzeļdegviela (jeb solāreļļa) ir visai izdevīgs enerģijas avots dažādu iekārtu darbināšanai. To parasti iegūst jēlnaftas destilācijā kā frakciju, kas satur ogļūdeņražus ar aptuveni no 10 līdz 20 oglekļa atomiem molekulā. Bet, ja nafta nav pieejama, tad kā alternatīva iespējama sintētiskās dīzeļdegvielas iegūšana no akmeņoglēm procesā, ko sauc par ogļu sašķidrināšanu (*coal liquefaction*).

I. No oglēm uz sintēzes gāzi

Pirmais solis šajā procesā ir ogļu gazifikācija, apstrādājot ogli ar karstu ūdens tvaiku:



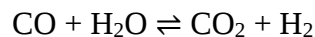
Dotas atsevišķu vielu rašanās standartentalpijas un standartentropijas:

	$\Delta_{\text{raš}}H^\circ$ kJ mol ⁻¹	S° J mol ⁻¹ K ⁻¹
C (c)	0	5,74
H ₂ O (g)	-241,82	188,83
CO (g)	-110,53	197,67
H ₂ (g)	0	130,68

F1.1. Aprēķiniet minētās reakcijas standartentalpiju $\Delta_r H^\circ$! (2 punkti)

F1.2. Vai reakcija ir eksotermiska vai endotermiska? (1 punkts)

Pēc reakcijas rodas CO un H₂ maisījums daudzuma attiecībā 1 : 1, ko sauc par ūdensgāzi. Tālākam procesam parasti nepieciešama CO : H₂ attiecība aptuveni 1 : 2,1, ko panāk ar tā dēvēto ūdensgāzes pārbīdes (*water gas shift*) reakciju, pievienojot papildus ūdens tvaiku:



Papildus iepriekš dotajam vēl zināmi CO₂ (g) termodinamiskie parametri:

$$\Delta_{\text{raš}}H^\circ = -393,51 \text{ kJ mol}^{-1} \quad S^\circ = 213,74 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$



Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

2. kārtā

F1.3. Aprēķiniet ūdens gāzes pārbīdes reakcijas Gibbsa enerģiju $\Delta_r G$ temperatūrā $T = 600$ K. (3 punkti)

F1.4. Aprēķiniet reakcijas līdzsvara konstanti K temperatūrā $T = 600$ K. (2 punkti)

Piezīme: tā kā reakcijas abās pusēs ir 2 ekv. gāzu, tad $K_c = K_p$

(viena un tā pati līdzsvara konstante ir spēkā, rēķinot ar koncentrāciju vai ar parciālspliedienu).

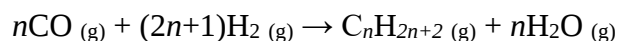
Pēc ogļu gazifikācijas iegūts gāzu maisījums ar $p(\text{CO}) = p(\text{H}_2) = 15$ bar. Tālākam procesam nepieciešams $p(\text{CO}) : p(\text{H}_2) = 1 : 2,1$.

F1.5. Cik daudz (izsakot kā parciālspliedienu, bar) ūdens tvaika jāpievada, lai pēc līdzsvara iestāšanās iegūtu šādu gāzu attiecību? *Ja iepriekšējā punktā neizdevās iegūt līdzsvara konstantes vērtību, pieņemiet, ka $K = 40$ (tā nav pareizā atbilde uz iepriekšējo punktu).* (4 punkti)

Iegūto maisījumu (pēc CO_2 un liekā ūdens tvaika atdalīšanas) sauc par sintēzes gāzi un izmanto ogļūdeņražu sintēzei Fišera–Tropša procesā.

II. Fišers un Tropšs

Fišera–Tropša procesā metāla katalizatora klātienē CO un H_2 tiek pārvērsti alkānos:



Kādā izmēģinājumā lietoja 45 bar (kopējais spiediens) sintēzes gāzes, kas sastāvēja no CO un H_2 attiecībā 1:2. Izreaģēja 80% no sākotnējā CO un veidojās tikai butāns un ūdens (šis uzskatāms par neveiksmīgu eksperimentu, jo procesa mērķis parasti ir iegūt dīzeļdegvielu – alkānus ar lielāku n vērtību).

F1.6. Kāds bija kopējais spiediens reaktorā un katras gāzes parciālspliediens (bar) pēc reakcijas, ja tilpums un temperatūra paliek nemainīgi? (5 punkti)

F1.7. Ja reaktora tilpums ir $V = 65$ L un temperatūra $T = 500$ K, kāds daudzums (mol) butāna radās reakcijā? *Ja iepriekšējā punktā neizdevās iegūt butāna parciālspliediena vērtību, pieņemiet, ka $p(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 5$ bar (tā nav pareizā atbilde uz iepriekšējo punktu).* (2 punkti)

Optimizējot katalizatoru un apstākļus, izdevās panākt, ka veidojas dekāna $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ un dodekāna $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ maisījums. Lietojot 45 bar (kopējais spiediens) tādas pašas sintēzes gāzes kā iepriekšējā eksperimentā, izreaģēja 80% CO , bet ūdeņraža parciālspliediens pēc reakcijas bija $p(\text{H}_2) = 4,87$ bar.



Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

2. kāрта

F1.8. Ja reaktora tilpums un temperatūra ir tādi paši kā iepriekšējā punktā, kāds kopējais daudzums (mol) ogļūdeņražu tika iegūts? (5 punkti)

F1.9. No reakcijas produktu maisījuma izdalīja ogļūdeņražus – dekānu un dodekānu. Kāds bija šī ogļūdeņražu maisījuma sastāvs moldaļās (%)? (3 punkti)

F1.10. Uzrakstiet *summāro* reakcijas vienādojumu, kas attēlo dekāna iegūšanu, sākot no ogles un ūdens tvaika (iekļaujot ogļu gazifikāciju, ūdens gāzes pārbīdes reakciju un Fišera-Tropša procesu). (1 punkts)



Kīmiku dārzs 2022

11.–12. klase

2. kārtā

Eksperimentālais uzdevums (9%)

E1. Postfaktums – Lētākais uzdevums šī gada olimpiādē (16 punkti)

Žanis, uzsācis studenta gaitas, nonāca profesora Leonīda analītiskās ķīmijas laboratorijā, kur viņam piešķīra uzdevumu – noteikt kāda nezināma sāls identitāti. Tā kā laboratorijai trūka finansiālo resursu (visa nauda bija iepriekš izšķēdināta koncentrētā slāpekļskābē šīs olimpiādes pirmajā kārtā), tad Žanim pietika sāls parauga tikai piecām reakcijām.

Jūsu priekšā ir piecas mēģenes, kurās ir veiktas kvalitatīvās analīzes reakcijas. *Mēģenes nepieciešams tikai aplūkot vizuāli! Neizņemiet korķi!*

- 1. mēģenē** vielas šķīdumam pievienoja kālija jodīda šķīdumu.
- 2. mēģenē** vielas šķīdumā ievietoja nelielu daudzumu vara pulvera.
- 3. mēģenē** vielas šķīdumam pievienoja sudraba nitrāta šķīdumu.
- 4. mēģenē** vielas šķīdumam pievienoja bārija nitrāta šķīdumu.
- 5. mēģenē** vielas šķīdumam pievienoja paskābinātu H_2O_2 šķīdumu, tad heksānu (organisks šķīdinātājs, kurā labi šķīst nepolāras vielas – arī dažas neorganiskas nepolāras vielas); mēģeni sakratīja.

E1.1. Kas ir analizētais sāls? Uzrakstiet ķīmisko formulu. (Šis sāls satur tikai vienu katjonu un vienu anjonu, kas abi ir atrodami šķīdības tabulā.) Paskaidrojiet domu gaitu! (5 punkti)

E1.2. Uzrakstiet vienādojumus reakcijām, kas norisinājās katrā mēģenē (ja reakcija nenotika, rakstiet “reakcija nenotika”). (2,5 punkti)

E1.3. Kurās mēģenēs veiktās reakcijas paredzētas katjona noteikšanai, kurās – anjona? (2,5 punkti)

E1.4. Starp kādiem joniem ļauj izšķīrties piektajā mēģenē veiktā reakcija? Kādi būtu novērojumi pārējos gadījumos? (3 punkti)

E1.5. Kāda vide piemīt šī sāls ūdens šķīdumam (skāba, bāziska, neitrāla)? Pamato ar reakcijas vienādojumu! (3 punkti)