



## 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 62. VALSTS OLIMPIĀDES TREŠĀ POSMA UZDEVUMI 10. KLASEI***(Kopā 55 punkti)**1. uzdevums. Krāsu paradokss (Kopā 8 punkti)*

Kāda interesanta neorganiska savienojuma **A** kristāli saules gaismā ir dzeltenā krāsā, taču apspīdinot ar mākslīgo gaismu – rozā krāsā. Karsējot 200-250°C temperatūrā 0,250 gramus savienojuma **A** ar amonija hlorīdu pārākumā, veidojas cita cieta viela **B** un amonjaka un ūdens tvaiku maisījums. Gāzu maisījumu izlaida caur 50,00 mL 0,1000 M sālsskābes šķīdumu. Pāri palikušās skābes daudzumu nosaka titrējot ar NaOH: titrēšanā izlietoja 20,61 mL 0,0500 M nātrija hidroksīda šķīduma. Zināms, ka gan **A**, gan **B** ir bināri savienojumi. *Piezīme: Aprēķinos izmanto starprezultātus ar vismaz diviem cipariem aiz komata.*

1) Aprēķini reakcijā izdalījušā amonjaka daudzumu (mol). *(2 punkti)*

$$n(\text{HCl}) = 0,05000 \text{ L} \cdot 0,1000 \text{ M} = 0,005 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl pārpalikums}) = n(\text{NaOH}) = 0,0500 \text{ M} \cdot 0,02061 \text{ L} = 0,001031 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl reakcijas}) = n(\text{HCl}) - n(\text{HCl pārpalikums}) = 0,005 \text{ mol} - 0,001031 \text{ mol} = 0,003969 \text{ mol} = n(\text{NH}_3)$$

2) Nosaki savienojumu **A** un **B** formulas. *(3 punkti)*

Reakcijā amonija hlorīdu varam iedomāties kā  $\text{NH}_3$  un  $\text{HCl}$  kombināciju. Tā kā reakcijā veidojas  $\text{NH}_3$ , tad daļiņa, kas reaģē ir  $\text{HCl}$ . Tā kā produktā veidojas ūdens, tad **A** ir oksīds un **B** attiecīgi hlorīds un iegūstam vispārīgu vienādojumu:



$$\text{Līdz ar to } n(\text{A}) = n(\text{NH}_3) / 2y$$

$$m(\text{A}) = 0,250 \text{ g, līdz ar to } M(\text{A}) = m(\text{A}) / n(\text{A}) = 0,250 \text{ g} \cdot 2y / n(\text{NH}_3) = 0,500y / 0,003969 \text{ mol} = 126 \cdot y \text{ g/mol}$$

$$M(\text{A}) = M(\text{Me}) \cdot 2 + M(\text{O}) \cdot y = 2M(\text{Me}) + 16y = 126 \cdot y$$

$$M(\text{Me}) = (126y - 16y) / 2 = 55y$$

Liekam  $y$  vietā naturālus skaitļus, meklējam  $\text{Me}$  molmasu un apskatāmies, vai atbilst  $\text{Me}_2\text{O}_y$  oksīds.

$$y=1 \quad M(\text{Me})=55 \quad \text{oksīds} - \text{Me}_2\text{O} \quad \text{atbilst? } \text{Mn}_2\text{O}$$

$$y=2 \quad M(\text{Me})=110 \quad \text{oksīds} - \text{MeO} \quad \text{atbilst? } \text{nē}$$

$$y=3 \quad M(\text{Me})=165 \quad \text{oksīds} - \text{Me}_2\text{O}_3 \quad \text{atbilst? } \text{Ho}_2\text{O}_3$$

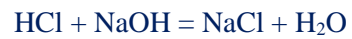
$$y=4 \quad M(\text{Me})=220 \quad \text{oksīds} - \text{MeO}_2 \quad \text{atbilst? } \text{nē}$$

y=5  $M(\text{Me})=275$  oksīds –  $\text{Me}_2\text{O}_5$  atbilst? nē

y=6  $M(\text{Me})=330$  oksīds –  $\text{MeO}_3$  atbilst? nē

$\text{Mn}_2\text{O}$  neeksistē, bet par šādu atbildi 50% no punktiem un A –  $\text{Ho}_2\text{O}_3$ , līdz ar to B –  $\text{HoCl}_3$ .

3) Uzraksti visus tekstā minētos reakciju vienādojumus ar pareiziem koeficientiem. (3 punkti)



2. uzdevums. **Pērsija izbrauciens** (Kopā 10 punkti)

Starpzvaigžņu telpu pārsvarā veido ūdeņraža atomi un tiek lēsts, ka tie ir sastopami tikai aptuveni viens atoms kubikcentimetrā.

- 1) Nosaki šādas starpzvaigžņu telpas gāzes blīvumu. (1 punkts)

$$N=1 \text{ un } V=1\text{cm}^3=1 \text{ mL}$$

$$\rho=m/V=(n \cdot M)/V=(N \cdot M)/(V \cdot N_A)=(1 \text{ molec} \cdot 1\text{g/mol})/(1\text{mL} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ molec/mol})=1,7 \cdot 10^{-24} \text{ g/mL}$$

Šādā reģionā, ar ārkārtīgi mazu gāzes daudzumu, temperatūras koncepts var atšķirties. Pieņemsim, ka ūdeņraža atomi uzvedas kā ideāla gāze. Šādā gadījumā varam apskatīt Maksvela-Bolcmaņa sadalījumu ideālai gāzei un iegūstam formulu, kā noteikt ideālas gāzes vidējo ātrumu  $v_{\text{vid.}}$  (SI vienībās):

$$v_{\text{vid.}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$$

Šajā vienādojumā  $R$  – ideālas gāzes konstante  $8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})=8,314 \text{ (kg} \cdot \text{m}^2)/(\text{K} \cdot \text{mol} \cdot \text{s}^2)$ ,  $T$  – temperatūra (K),  $M$  – gāzes daļiņu molmasa.

Balstoties uz spektroskopiskiem mērījumiem, noskaidrots, ka ūdeņraža atomu vidējais ātrums ir  $9 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ .

- 2) Nosaki temperatūru (K), kāda tiek aptuveni piedēvēta šādiem starpzvaigžņu reģioniem.

(2 punkti)

Pārveidosim formulu  $T$  noskaidrošanai:

$$v_{\text{vid.}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$$

$$v_{\text{vid.}}^2 = \frac{8RT}{\pi M}$$

$$v_{\text{vid.}}^2 \cdot \pi M = 8RT$$

$$T = \frac{v_{\text{vid.}}^2 \cdot \pi M}{8R} = \frac{(9 \cdot 10^3 \text{ m/s})^2 \cdot \pi \cdot 0,001 \text{ kg/mol}}{8 \cdot 8,314} = 3826 \text{ K}$$

2021.gada 18. februārī uz Marsa virsmas nonāca jaunākais visurgājējs Perseverance jeb Pērsijs (Percy). Šī robota mērķis ir ievākt un analizēt Marsa augsnes paraugus, lai spriestu, vai agrāk uz Marsa ir eksistējušas dzīvības formas. Vispirms aplūkosim atšķirības starp Zemes un Marsa atmosfēru. Tabulā zemāk norādītas sausu Zemes gaisu un Marsa gaisu veidojošās gāzes.



Zeme		Marss	
gāze	Tilpuma %	gāze	Tilpuma %
N <sub>2</sub>	78,08	CO <sub>2</sub>	95,24
O <sub>2</sub>	20,94	N <sub>2</sub>	2,59
Ar	0,93	Ar	1,94
CO <sub>2</sub>	0,05	O <sub>2</sub>	0,16
		CO	0,07

3) Aprēķini Zemes un Marsa sausa gaisa vidējo molmasu.

(3 punkti)

Ja pieņemam, ka visas gāzes un gāzu maisījums uzvedas kā ideāla gāze, tad gāzu sadalījums maisījumā pēc tilpuma% ir tāds pats kā sadalījums pēc daudzuma (mol). Tad varam vidējo molmasu aprēķināt kā katras gāzes molmasu reiz katras gāzes “ieguldījumu” molmasas veidošanā:

$$M_{\text{gais}}(\text{Zeme}) = M(\text{N}_2) \cdot w(\text{N}_2) + M(\text{O}_2) \cdot w(\text{O}_2) + M(\text{Ar}) \cdot w(\text{Ar}) + M(\text{CO}_2) \cdot w(\text{CO}_2) = 28 \cdot 0,7808 + 32 \cdot 0,2094 + 40 \cdot 0,0093 + 44 \cdot 0,0005 = 28,96 \text{ g/mol}$$

Pēc līdzīga principa iegūst  $M_{\text{gais}}(\text{Marss}) = 43,48 \text{ g/mol}$

Marsa vidējā gaisa temperatūra ir  $-63^\circ\text{C}$  jeb  $210\text{K}$  un atmosfēras spiediens virsmas tuvumā  $6,36 \text{ mbar}$  jeb  $636 \text{ Pa}$ .

4) Aprēķini vidējo Marsa gaisa blīvumu virsmas tuvumā, pieņemot, ka visas gāzes uzvedas kā ideālas gāzes.

(1 punkts)

$pV = nRT$  jeb  $pV = (mRT)/M$ .  $\rho = m/V$ , tāpēc pārveidosim ideālas gāzes vienādojumu, lai tas saturētu  $m/V$ .

$$MpV = mRT \text{ un } Mp = (mRT)/V, m/V = (pM)/(RT) = \rho = (636 \text{ Pa} \cdot 43,48 \text{ g/mol}) / (8,314 \cdot 210\text{K}) = 15,84 \text{ g/m}^3 = 0,016 \text{ g/L}$$

Gan Zemes, gan Marsa atmosfērā ir neliels daudzums ūdens tvaiku (pēc tilpuma).

5) Iegūsti formulu (vienādojumu), kas apraksta Zemes atmosfēras vidējo molmasu  $M_{\text{zeme}}$ , atkarībā no ūdens tvaiku masas daļas gaisā  $w_{\text{H}_2\text{O}}$  (kā vienīgo mainīgo lielumu).

(2 punkti)

Varam izmantot iepriekšējo vienādojumu vidējās gaisa molmasas aprēķināšanai, taču jāņem klāt vēl viens fakts. Pievienojot klāt  $\text{H}_2\text{O}$ , kopējo masas daļu esam izveidojuši lielāku kā  $100\%$ , līdz ar to nepieciešams visu “normalizēt”, jo mums interesē visu gāzu relatīvais daudzums nevis absolūtais.

Ja pievienojam klāt ūdeni un tā masas daļa ir  $w_{\text{H}_2\text{O}}$ , tad iepriekš aprēķinātā Molmasa (bez ūdens) vairs neatbild par  $100\%$  no gāzēm, bet par visu, kas nav ūdens, līdz ar to  $(1 - w_{\text{H}_2\text{O}})$ . Tādējādi varam jauno molmasu izteikt kā iepriekšējā molmasa \* jaunā masas daļa + ūdens “pienesums”.

$$M_{\text{zeme}} = M_{\text{gais}}(\text{Zeme}) \cdot (1 - w_{\text{H}_2\text{O}}) + M(\text{H}_2\text{O}) \cdot w_{\text{H}_2\text{O}} = 28,96 \cdot (1 - w_{\text{H}_2\text{O}}) + 18 \cdot w_{\text{H}_2\text{O}}$$

Marsa augsne galvenokārt tiek uzskatīta par nederīgu, jo tā nesatur uz oglekļa balstītus savienojumus, bet gan dažādus iežus, minerālus, smiltis. Viens no šādiem relatīvi bieži sastopamiem joniem augsnē ir perhlorāts  $\text{ClO}_4^-$ . Tas ir toksisks, taču ir plāni šo jonu izmantot kā avotu skābekļa ģenerēšanai nākotnes misijām.

6) Uzraksti vienādojumu, kā skābekli varētu iegūt no kālija perhlorāta.

(1 punkts)

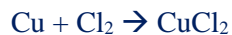
Piemēram, termiski sadalot kālija perhlorātu  $\text{KClO}_4 \rightarrow \text{KCl} + 2 \text{O}_2$

3. uzdevums. **Ķīmiskā vilšanās** (Kopā 10 punkti)

Ķīmiķe Anna vēlējas veikt elektrolīzi un iegūt gāzi **A**. Anna pagatavoja 250 mL 2 M nātrija hlorīda šķīduma ( $\rho=1,10$  g/mL), pārlēja to pilnīgi elektrolītiskajā šūnā, kurā atradās vara elektrodi. Elektrolīze tika veikta ar konstantu šķīduma maisīšanu līdz uz katoda izdalījās 22,4 L gāzes (normālos apstākļos). Anna novēroja, ka gāzi **A** neizdevās iegūt nemaz un elektrolīzes šūnā bija izveidojusies zilzaļa, cieta viela **B**.

- 1) Aprēķini nātrija hlorīda masas koncentrāciju šķīdumā elektrolīzes beigās. (3 punkti)

Elektrolīzē notiekošās reakcijas:



NaCl daudzums laika gaitā nemaz nemainās, taču mainās ūdens daudzums, jo izdalās  $\text{H}_2$ .

$$n(\text{H}_2) = 22,4 \text{ L} / 22,4 \text{ L} = 1,00 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 2,00 \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2) = 36,0 \text{ g}$$

$$m(\text{NaCl}) = c \cdot V \cdot M = 2 \text{ M} \cdot 0,25 \text{ L} \cdot 58,5 \text{ g/mol} = 29,3 \text{ g}$$

$$m(\text{šķīduma}) = V \cdot (\rho) = 250 \text{ mL} \cdot 1,10 \text{ g/mL} = 275 \text{ g}$$

$$m(\text{šķīduma pēc elektrolīzes}) = 275 \text{ g} - 36 \text{ g} = 239 \text{ g}$$

$$w = 29,3 \text{ g} / 239 \cdot 100\% = 12,26\%$$

- 2) Nosaki, kas ir vielas **A** un **B**. (2 punkti)



- 3) Uzraksti visus tekstā minētos reakcijas vienādojumus (arī uz katoda un anoda notiekošās reakcijas). (5 punkti)

Skatīt 1.apakšpunktu

4. uzdevums. **Tirgus placis** (Kopā 7 punkti)

- 1) Piedāvā bināru vielu, kurā abi elementu masas daļas ir 50% : 50%.

Piemēram,  $\text{SO}_2$

- 2) Piedāvā gāzi (n.a.), kura sastāv no vismaz 3 elementiem.

Piemēram,  $\text{SOCl}_2$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{CSO}$

- 3) Piedāvā ligandu, kas ar kompleksveidotāju var saistīties ar diviem dažādiem atomiem.

Piemēram,  $\text{CN}(-)$ ,  $\text{OCN}(-)$

- 4) Piedāvā vielu, kura sastāv tikai no viena elementa un kuru veido vismaz 3 atomi.

Piemēram,  $\text{O}_3$ ,  $\text{P}_4$ ,  $\text{S}_8$

- 5) Piedāvā reakciju, kurā divas gāzes reaģē un veido vienu cietu vielu (n.a).

Piemēram,  $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$  (gāzveida fāzē, veidojot cietu  $\text{NH}_4\text{Cl}$ )

- 6) Piedāvā reakciju, kurā viens un tas pats elements gan reducējas, gan oksidējas.

Piemēram,  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 2 \text{H}_2\text{O}$

- 7) Piedāvā kompleksu, kurā viens un tas pats ligands ir gan iekšējā, gan ārējā sfērā.

Piemēram,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$ . Šeit netiek sagaidīts, ka skolēns spēs uzrakstīt reālu kompleksu no galvas, bet, ka spēj izdomāt 1) ligandu, kas varētu veikt gan iekšējās sfēras, gan ārējās sfēras funkcijas, 2) kompleksam atbilstošu ligandu skaitu un 3) kompleksa un kompleksveidotāja oksidēšanas pakāpi/jona lādiņu.

5. uzdevums. **Nesaskābsti!** (Kopā 12 punkti)

Ķīmiķis Agris vēlējas pagatavot skābes šķīdumu. Šim nolūkam Agris sadauzīja 10 mL 1,00 M sālsskābes ampulu un to pievienoja pie 400 mL ūdens.

- 1) Nosaki iegūtā šķīduma pH. (1 punkts)

$$c(\text{HCl})=[\text{H}^+]=n \cdot V=0,010\text{L} \cdot 1,00\text{M}/(0,400\text{L}+0,010\text{L})=0,0244\text{M}$$

$$\text{pH}=-\lg[\text{H}^+]=-\lg(0,0244\text{M})=1,6$$

- 2) Vai pH būtu atšķirīgs, ja Agris sālsskābes vietā būtu ņēmis tikpat daudz tādas pašas koncentrācijas sērskābi? (2 punkti)

Jā. HCl disociē ūdenī pilnīgi, līdz ar to  $c(\text{HCl})=[\text{H}^+]$ . Savukārt  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pirmā disociācijas stadija ir līdzīga un vienādas koncentrācijas  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pirmā disociācija šķīdumā veido tik pat  $\text{H}^+$  cik HCl, taču  $\text{HSO}_4^-$  vēl daļēji disociē tālāk, līdz ar to sērskābes šķīdumā būs lielāka  $\text{H}^+$  koncentrācija, līdz ar to skābāka vide.

Agra iegūtais šķīdums bija pārāk skābs un Agris ar to nebija apmierināts.

- 3) Piedāvā trīs dažādus variantus, kā Agris, izmantojot jau esošo sālsskābes šķīdumu, varētu to “atskābināt” (paaugstināt pH)? (3 punkti)

1) to atšķaidīt, pievienojot destilētu ūdeni

2) pievienot bāzi, lai daļēji neitralizētu šķīdumu (tas gan formāli vairs nebūtu sālsskābes šķīdums)

3) pievienot sāli un izgulsnēt hlorīdu, veidojot vājākas skābes šķīdumu

Vai arī piemēram, pievienot  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  vai  $\text{Ag}_2\text{O}$ . Abi savienojumi ūdenī šķīst vāji, patērēs HCl, savukārt neveidos ūdenī šķīstošus sāļus.

Teorētiski, ir iespējams arī nedaudz ietvaicēt HCl, tādējādi samazinot HCl koncentrāciju (pārsvarā gan koncentrētiem šķīdumiem).

Ķīmiķis Juris, savukārt, vēlējas iegūt sērskābes šķīdumu un šim nolūkam izmantoja koncentrētu sērskābi.

- 4) Kas Jurim jāievēro, veidojot šo sērskābes šķīdumu un kādēļ? (1 punkts)

Koncentrētu skābi atšķaidot, tā jālej ūdenī nevis ūdens koncentrētā skābē. Disociācija un hidratācija ir izteikti eksotermiskas, kas var novest pie straujas ūdens iztvaikošanas un nevajadzīga veselības apdraudējuma.

Jurim bija draugs Māris, kurš, izdzirdējis par abu ķīmiķu skābju eksperimentiem, vēlējas nodemonstrēt kādu efektu. Māris ieguva 0,100 M etiķskābes šķīdumu. Etiķskābi uzskata par vāju skābi, jo tās skābes līdzsvara konstante  $K_A$  ir  $10^{-4,76}$ .

- 5) Uzraksti minēto līdzsvara reakciju. (1 punkts)



- 6) Kas notiktu ar šo šķīdumu, ja tam pievienotu vienādu tilpumu 0,100 M nātrija acetāta (etiķskābes sāls) šķīdumu? (2 punkti)

Vienkāršoti apskatot (bez matemātiskiem izvedumiem):

Tā kā etiķskābe ir vāja skābe, tad forma HA būs krietni izplatītāka kā forma A<sup>-</sup>. Līdz ar to, pēc Le Šataljē principa, pievienojot papildus acetātu, tiek vēl palielināts HA daudzums, kā arī palielināts vides pH (Piezīme: etiķskābes šķīdumā acetāta jeb A<sup>-</sup> koncentrācija ir krietni mazāka kā 0,1M, līdz ar nātrija acetāta pievienošana palielina acetāta koncentrāciju).

- 7) Kas notiktu ar sākotnējo etiķskābes šķīdumu, ja tam pievienotu vienādu tilpumu 0,100 M sālsskābes šķīduma? *(2 punkti)*

Līdzīgi kā iepriekšējā spriedumā, pēc Le Šataljē principa, palielinot H<sup>+</sup> koncentrāciju, palielināsies HA daudzums, taču atšķirībā no iepriekšējā apakšpunkta, pH samazināsies.



6. uzdevums. **Trīsvienība** (Kopā 8 punkti)

Trīs pēc uzbūves līdzīgi anjoni veido trīs līdzīgus kālija sāļus **A1**, **A2** un **A3**. Visos šajos sāļos ir 3 ķīmiskie elementi, kā arī visi šie sāļi ir labi oksidētāji. Zināms, ka šiem anjoniem ir arī vienāda telpiskā ģeometrija. Sāļi **A1**, **A2** un **A3** pēc molmasas savā starpā attiecas kā 1,14 : 1 : 1,40. Dzeltenais sāls **A3** ir interesants ar to, ka tā anjons šķīdumā ir ķīmiskajā līdzsvarā ar citu anjonu, turklāt šo līdzsvaru ietekmē šķīduma pH. **A1** savukārt ir interesants ar to, ka dažādās reakcijās spēj veidot gan Cl<sub>2</sub>, gan N<sub>2</sub>.

- 1) Nosaki sāļu **A1**, **A2** un **A3** formulas. (3 punkti)

Pēc aprakstītajām īpašībām **A3** ir K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> un tas ir līdzsvarā ar K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Līdz ar to **A1** un **A2** arī visticamāk ir XO<sub>4</sub><sup>(n-)</sup> formas anjoni. **A1** pēc reakcijām var atpazīt kā KMnO<sub>4</sub>. Savukārt **A2** var iegūt no **A1** un **A3** relatīvajām molmasām kā KClO<sub>4</sub>.

**A1** – KMnO<sub>4</sub>, **A2** – KClO<sub>4</sub>, **A3** – K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>

- 2) Kas ir savienojums, ar kuru **A3** šķīdumā ir līdzsvarā? (1 punkts)

K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

- 3) Uzraksti šī **A3** līdzsvara vienādojumu un nosaki, kurš anjons, kurā vidē (skābā vai bāziskā) būs dominējošais jeb pārākumā. (2 punkti)

Līdzsvara reakcija ir  $2 \text{CrO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

Pēc Le Šataljē principa, ja palielinām vides skābumu (palielinām H<sup>+</sup> koncentrāciju), tad līdzsvars nobīdīsies dihromāta veidošanās virzienā. Savukārt skābuma samazināšana līdzsvaru novirzīs hromāta veidošanās virzienā. Līdz ar to skābā vidē vairāk būs dihromāta, bāziskā – hromāta.

- 4) Piedāvā abas tekstā minētās reakcijas ar **A1**, kurā a) veidojas Cl<sub>2</sub> un b) veidojas N<sub>2</sub>. (2 punkti)

Piemēram,





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 62. VALSTS OLIMPIĀDES TREŠĀ POSMA UZDEVUMI 11. KLASEI**

(Kopā 104 punkts)

1. uzdevums. *Oxi-peroxi-redoxi* (Kopā 10 punkti)

Ūdeņraža peroksīds ir sadzīvē un rūpniecībā plaši pielietots savienojums. To var izmantot brūču apstrādei, materiālu balināšanai, kā arī kā oksidētāju.

- Kādas saites sastopamas  $H_2O_2$  molekulā?
  - Kovalentā polārā saite** (Ir)
  - Kovalentā nepolārā saite** (Ir)
  - Jonu saite (Nav)

Laboratorijā ūdeņraža peroksīdu iespējams iegūt bināra savienojuma **X** reakcijā ar atšķaidītu sērskābi. Papildus reakcijā rodas baltas nogulsnes **Y**, kas nešķīst ne ūdenī, ne skābēs. Abi savienojumi **X** un **Y** satur metālu, kura masas daļa savienojumos ir attiecīgi 81,10% un 58,84%.

- Uzraksti vielas **X** un **Y** ķīmisko formulu?



Rūpnieciski ūdeņraža peroksīdu iegūst pazeminātā temperatūrā elektrolizējot sērskābes šķīdumu. Uz katoda veidojas ūdeņradis, taču uz anoda – savienojums **Z**, kurš ūdenī hidrolizējas par sērskābi un ūdeņraža peroksīdu. Savienojumā **Z** sēra masas daļa ir 33,03%.

- Kāds process notiek uz anoda?
  - Oksidēšanās**
  - Reducēšanās
- Kādi joni uz anoda veido savienojumu **Z**?
  - $OH^-$
  - $SO_4^{2-}$
  - $HSO_4^-$**
- Cik elektroni piedalās reakcijā uz anoda?  
2 elektroni

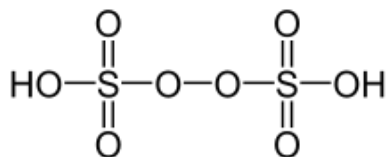


- Uzraksti vielas **Z** ķīmisko formulu?



- Uzzīmē savienojuma **Z** uzbūvi!

(1 punkts)



Ūdeņraža peroksīds reakcijās var darboties gan kā oksidētājs, gan kā reducētājs.

Tev dotas šādas ķīmiskās reakcijas, kurās piedalās ūdeņraža peroksīds:

- (a)  $5 \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{KMnO}_4 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5 \text{O}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$
- (b)  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- (c)  $\text{PbS} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$
- (d)  $2 \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- (e)  $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- (f)  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- (g)  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2 \text{HCl}$

8. Atzīmē reakcijas, kurās ūdeņraža peroksīds darbojas kā oksidētājs!

9. Atzīmē reakcijas, kurās ūdeņraža peroksīds darbojas kā reducētājs!

- |  |               |
|--|---------------|
| (a) $5 \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{KMnO}_4 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5 \text{O}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$ | <b>R</b>      |
| (b) $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$                             | <b>O</b>      |
| (c) $\text{PbS} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$   | <b>O</b>      |
| (d) $2 \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$                                 | <b>O</b>      |
| (e) $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$   | <b>R</b>      |
| (f) $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$   | <b>O un R</b> |
| (g) $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2 \text{HCl}$   | <b>R</b>      |

## 2. uzdevums. **Sakausētie** (Kopā 11 punkti)

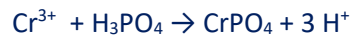
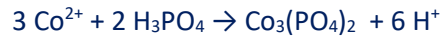
Aleksandrs gatavojās ķīmijas olimpiādei un vēlējās izprast, kā atdalīt metālus sakausējumā. Šķīdinot 31,13 g četru metālu **A**, **B**, **C** un **D** sakausējumu karstā 8 M sālsskābē Aleksandrs novēroja, ka daļa sakausējuma nešķīda. Pēc šķīduma filtrēšanas un filtrpapīra žāvēšanas Aleksandrs noteica, ka nav izšķīduši 6,66 g no sakausējuma. Iegūtajam krāsainajam filtrātam Aleksandrs pievienoja 1 M sērskābes šķīdumu un novēroja baltu nogulšņu veidošanos. Šīs nogulsnes viņš nofiltrēja, izžāvēja un noteica, ka to masa ir 19,57 g. Iegūtās nogulsnes Aleksandrs karsēja mufelkrāsnī 1000 °C temperatūrā aptuveni stundu, pēc kā novēroja, ka izkarsētā parauga krāsa ir mainījusies no baltas uz dzeltenīgu un tā masa nu jau bija 14,40 g. Atlikušo dzidro krāsaino šķīdumu Aleksandrs kvantitatīvi pārnesa 1,00 L mērkolbā un atšķaidīja līdz atzīmei. Iegūto šķīdumu viņš sadalīja divās vienādās daļās un neitralizēja ar amonjaku līdz šķīduma pH bija aptuveni 4. Vienai šķīduma daļai viņš pievienoja ortofosforskābi, bet otrai pievienoja NaOH šķīdumu, līdz pH bija 9. Aleksandrs novēroja, ka abos šķīdumos ir izveidojušās nogulsnes. Pirmā šķīduma nogulšņu masa bija 13,09 g, bet otrā – 9,60 g. Abi šķīdumi pēc filtrācijas bija dzidri un bezkrāsaini.

Zināms, ka trīs no četriem metāliem ir 4.perioda elementi. Šo metālu oksīdi ar stabilāko oksidēšanās pakāpi ir: a) melnā krāsā, kamēr daudzi savienojumi ūdens šķīdumā ir zilā krāsā, b) zaļā krāsā un c) pelēki zaļganā krāsā, ūdens šķīdumā šim metālam veidojot daudz dažādu krāsu savienojumus, t.sk. kompleksos savienojumus.

1. Uzraksti metālu **A**, **B**, **C** un **D** ķīmiskās formulas un to masas daļu (%) analizētajā sakausējumā, ja zināms, ka metāli sarindoti atommasas pieaugšanas secībā, kur **A** ir mazākā, bet **D** lielākā atommasa!

	A	B	C	D
Savienojums	Cr	Co	Cu	Pb
Masas daļa(%)	13,49	22,17	21,39	42,95





Vienādojumu sistēma

$$n_{\text{Cr}} = 2 * n_{\text{Cr}'}$$

$$n_{\text{Co}} = 2 * n_{\text{Co}'}$$

$$M_{\text{Cr}(\text{OH})_3} * n_{\text{Cr}'} + M_{\text{Co}(\text{OH})_2} * n_{\text{Co}'} = 9,60 \text{ g}$$

$$M_{\text{CrPO}_4} * n_{\text{Cr}'} + (M_{\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2} * n_{\text{Co}'})/3 = 13,09 \text{ g}$$

$$103,02 * n_{\text{Cr}'} + 92,95 n_{\text{Co}'} = 9,60 \text{ g}$$

$$146,97 * n_{\text{Cr}'} + (366,74 * n_{\text{Co}'})/3 = 13,09 \text{ g}$$

$$n_{\text{Cr}'} = 0,0932 - 0,9023 n_{\text{Co}'}$$

$$146,97 * n_{\text{Cr}'} + (366,74 * n_{\text{Co}'})/3 = 13,09 \text{ g}$$

$$n_{\text{Cr}'} = 0,0932 - 0,9023 n_{\text{Co}'}$$

$$13,6955 - 132,60 n_{\text{Co}'} + 122,24 n_{\text{Co}'} = 13,09$$

$$n_{\text{Cr}'} = 0,0932 - 0,9023 n_{\text{Co}'}$$

$$-10,36 n_{\text{Co}'} = -0,6055$$

$$n_{\text{Cr}'} = 0,0932 - 0,9023 n_{\text{Co}'}$$

$$n_{\text{Co}'} = 0,0585 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Cr}'} = 0,0404 \text{ mol}$$

$$\text{un } n_{\text{Cr}} = 0,0808 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Co}'} = 0,0585 \text{ mol}$$

$$\text{un } n_{\text{Co}} = 0,1170 \text{ mol}$$

3. uzdevums. “Beigsim borēt smadzenes” (Kopā 12 punkti)

Bors ir interesants ķīmiskais elements, kura veidotie savienojumi deg ar zaļu krāsu. Viens no vienkāršākajiem bora savienojumiem ir binārs savienojums **V**, kurā bora masas daļa ir 78,14%. Patiesībā šis savienojums eksistē dimēra **V<sub>2</sub>** formā, lai bora atomi varētu izpildīt okteta likumu. Šis dimērs **V<sub>2</sub>** labi deg, veidojot cietvielu **Y** un savienojumu **X**. **V<sub>2</sub>** reaģē arī ar kādu vielu **U**, veidojot savienojumu **Z**, kura anjons ir četrvērtīgs. Gan **U**, gan **Z** reaģē ar **X**, veidojot gāzi **T** un citus savienojumus. 20,21 gramiem vielas **Z** reaģējot ar **X** pārākumā, veidojas 4,31 g gāzes **T**.



1) Nosaki minēto savienojumu molekulformulas. (7 punkti)

**V** –  $\text{BH}_3$ , **V<sub>2</sub>** –  $\text{B}_2\text{H}_6$ , **Y** –  $\text{B}_2\text{O}_3$ , **X** –  $\text{H}_2\text{O}$ , **U** –  $\text{NaH}$ ,  
**Z** –  $\text{NaBH}_4$ , **T** –  $\text{H}_2$

2) Uzraksti **V<sub>2</sub>** degšanas vienādojumu un **Z** reakcijas ar **X** vienādojumu.

(2 punkti)

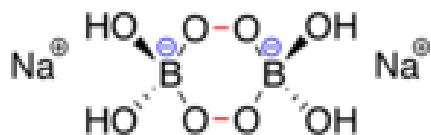


Savienojums **S** satur 4 ķīmiskos elementus ar šādu masas daļu attiecību elementu molmasas pieaugšanas secībā: 2,02% : 10,83% : 64,12% : 23,03%. Zināms, ka savienojums **S** ir diezgan labs oksidētājs un tā struktūrā ir divi četrvērtīgi bora atomi.

3) Nosaki **S** molekulformulu un uzzīmē tā struktūru.

(3 punkti)

$\text{Na}_2\text{H}_4\text{B}_2\text{O}_8$  jeb nātrijs perborāts.



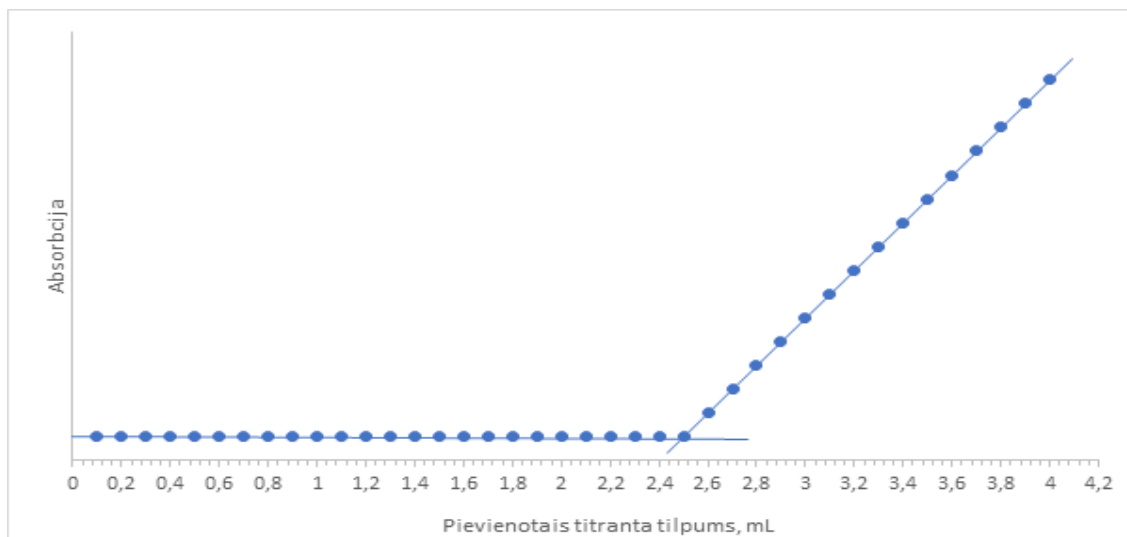
#### 4. uzdevums. *Titrē foto* (Kopā 9 punkti)

Fotometriskā titrēšana ir analītiskās ķīmijas metode, kur titrēšanas reakcijā kāda no izejvielām vai produktiem ir krāsains savienojums, kas absorbē gaismu. Titrēšanas gaitā tiek mērīta analizējamā šķīduma gaismas absorbcija. Ja gaismu absorbējošā viela ir titrants, par reakcijas beigu punktu uzskata brīdi, kad šķīduma absorbcija sāk pieaugt (titrants ir pārākumā), taču, ja absorbējošā viela ir analizējamā šķīduma sastāvā, reakcijas beigu punkts ir brīdis, kad šķīduma absorbcija vairs nesamazinās.

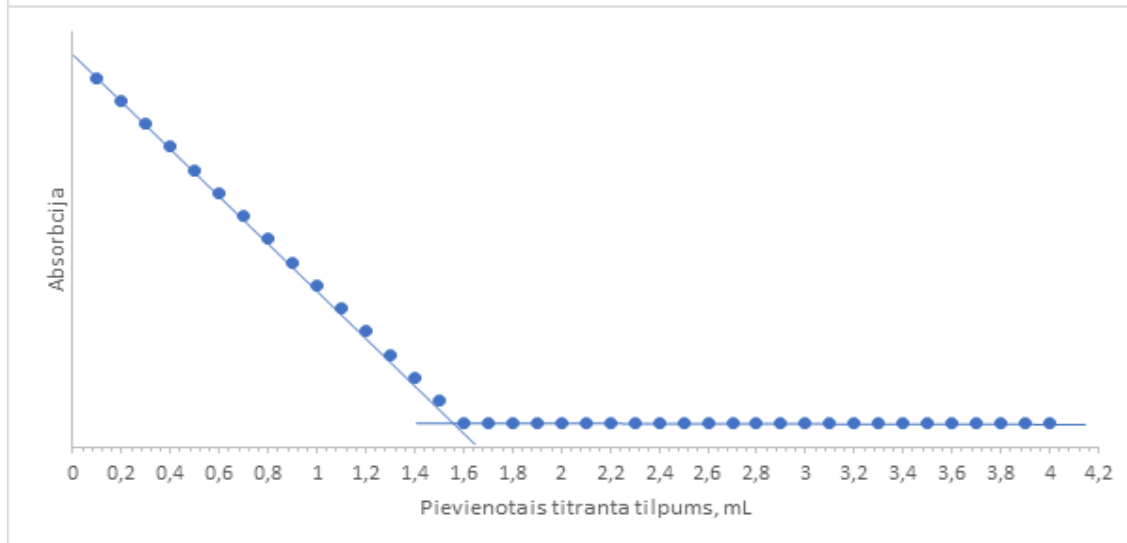
$\text{KMnO}_4$  ir violetas krāsas šķīdums, kam raksturīga gaismas absorbcija pie 510 nm. Tas sērskābā vidē reaģē ar  $\text{FeSO}_4$  šķīdumu, norisinoties oksidēšanās-reducēšanās reakcijai.

1. Uzraksti  $\text{KMnO}_4$  reakciju ar  $\text{FeSO}_4$  sērskābā vidē. Kāda ir šīs reakcijas koeficientu summa!
2.  $10 \text{FeSO}_4 + 2 \text{KMnO}_4 + 8 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5 \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8 \text{H}_2\text{O}$
3. Koeficientu summa:  $10+2+8+5+2+1+8=36$
4. Titrēšanas reakcijā  $\text{FeSO}_4$  šķīdums tiek titrēts ar  $\text{KMnO}_4$ . Norādi kurš no attēlotajiem grafikiem atbilst titrēšanas procesa reakcijas gaitai!

(a)



(b)



5. Kāds ir titrēšanas reakcijā patērētais  $\text{KMnO}_4$  šķīduma tilpums? (Nosaki no grafika)  
Patērētais titranta tilpums: 2,50 mL
6. Kāda ir analizējamā  $\text{FeSO}_4$  šķīduma koncentrācija un  $\text{Fe}^{2+}$  jonu masas koncentrācija, ja 10 mL šķīduma tika titrēti ar 1%  $\text{KMnO}_4$  šķīdumu ( $\rho = 1,005 \text{ g/mL}$ )!
- 6.1. Patērētā  $\text{KMnO}_4$  šķīduma masa (g)  
 $m = \rho \cdot V = 1,005 \cdot 2,5 = 2,51 \text{ g}$
- 6.2. Patērētais  $\text{KMnO}_4$  daudzums (mmol)  
 $m(\text{KMnO}_4) = 1\% \text{ no } 2,51 \text{ g} = 0,0251 \text{ g}$   
 $n(\text{KMnO}_4) = m/M = 0,0251/158 = 0,000159 \text{ mol} = 0,159 \text{ mmol}$
- 6.3.  $\text{FeSO}_4$  daudzums analizējamajā šķīdumā (mmol)  
 $n(\text{FeSO}_4) = n(\text{KMnO}_4) \cdot 5 = 0,795 \text{ mmol}$
- 6.4.  $\text{FeSO}_4$  koncentrācija šķīdumā (mol/L)  
 $c(\text{FeSO}_4) = n/V = 0,000795/0,01 = 0,0795 \text{ mol/L}$
- 6.5.  $\text{Fe}^{2+}$  jonu masa šķīdumā (mg)  
 $m(\text{Fe}^{2+}) = n \cdot M = 0,795 \cdot 55,8 = 44,36 \text{ mg}$
- 6.6.  $\text{Fe}^{2+}$  jonu masas koncentrācija šķīdumā (g/L)  
 $\gamma(\text{Fe}^{2+}) = m/V = 0,00444/0,01 = 4,44 \text{ g/L}$



5. uzdevums. **Dzeltenā ķīmija** (Kopā 15 punkti)

Elements **A** normālos apstākļos veido astoņlocekļu ciklu. Šim elementa **A** ciklam reaģējot ar gaiši dzeltenu gāzi **B** attiecībā 1:4 rodas dzeltens šķīdums **C**. Savienojumu **C** iespējams arī iegūt arī nedaudz citā veidā. Elementam **A** augstā temperatūrā reaģējot ar pelēku elementu **D**, rodas caurspīdīgs šķīdums **E**, kas tālāk reaģējot ar gāzi **B** veido savienojumu **C**. Dzeltenajam šķīdumam **C** pievienojot sausu amonjaku iespējams iegūt dzeltenas krāsās savienojumu **F**, kas ir gaisā stabila sprāgstviela un satur 69,61 % elementa **A**, kā arī baltu kristālisku vielu **G**, kas satur 26,17 % slāpekļa un elementu **A**. Savienojumu **F** apstrādājot ar koncentrētu nātrija hidroksīda šķīdumu veidojās šķīstoši sāļi **H** un **I**, kas attiecīgi satur 29,11 % un 36,51 % nātrija, kā arī ūdenī šķīstošu gāzi **J**, kas satur 17,64 % ūdeņraža. Savienojumam **F** gāzes fāzē saskaroties ar sudrabu notiek reakcija, kur rodas melna cietviela **K** un gāze **L**, kas neuztur degšanu. Ļoti zemā spiedienā (aptuveni 1 mm Hg) un 300 °C **K** katalizē savienojuma **F** pārvēršanos par savienojumu **M**, kas pastāv četrlocekļa cikla forma un kura elementa **A** procentuālais sastāvs ir tāds pats kā savienojumā **F**. Savienojums **M** eksplozīvi sadalās 30 °C temperatūrā, kā arī ir jūtīgs pret berzi. Savienojumu **E** uzlejot kālija skābajam sālim **N**, kas satur 54,17% kālija, veidojas kālija sāls **O**, kas ir līdzīgs attiecīgajam ogļskābes kālija sālim un satur 41,94 % kālija.

1. Uzraksti vielu **A-O** ķīmiskās formulas!

Burts	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>
Savienojums	S	Cl <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	C	CS <sub>2</sub>	S <sub>4</sub> N <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>

Burts	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>
Savienojums	Ag <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	KSH	K <sub>2</sub> CS <sub>3</sub>

6. uzdevums. **Ak šie izturīgie buferšķīdumi!** (Kopā 16 punkti)

Studentam Arturam bija nepieciešams pagatavot buferšķīdumu, kurš sastāv no  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$  buferpāra. Laboratorijā Arturs atrada tikai vienu pudelīti ar etiķskābi ar nezināmu koncentrāciju un nolēma ieliet nedaudz vārglāzē, un izmērīt tās pH. Etiķskābes izmērītā pH vērtība bija 2,75.

1. Aprēķini etiķskābes koncentrāciju, ja zināms, ka tās  $K_a = 1,58 \cdot 10^{-5}$ . (2 punkti)

1. risinājuma veids

Tā kā etiķskābe ir vāja skābe, jo tās  $K_A < 1$ , līdz ar to tās pH var aprēķināt pēc formulas:

$$pH = \frac{1}{2}(pK_A - \lg c_A)$$

Izsakot no šīs formulas  $c_A$ , iegūst:

$$c_A = 10^{-(2pH + \lg K_A)}$$

$$c_A = 10^{-(2 \cdot 2,75 + \lg 1,58 \cdot 10^{-5})} = \mathbf{0,2\ M}$$

2. risinājuma veids



$$K_A = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{K_A}$$

Atliek tikai izrēķināt  $\text{H}_3\text{O}^+$  jonu koncentrāciju

$$pH = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-pH}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,75} = 1,78 \cdot 10^{-3}\ \text{M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,78 \cdot 10^{-3}\ \text{M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{(1,78 \cdot 10^{-3})^2}{1,58 \cdot 10^{-5}} = \mathbf{0,2\ M}$$

Arturam bija nepieciešams 100 mL nātrija acetāta šķīduma, bet laboratorijā tā nebija. Viņš nolēma pagatavot to pats, bet bija pieejams tikai nātrija acetāts trihidrāts, kura tīrības pakāpe bija 95%.

2. Aprēķini nepieciešamo nātrija acetāta trihidrāta masu, ja zināms, ka vajag iegūt šķīdumu ar koncentrāciju 0,2 M. (2 punkti)

$$n(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,2\ \text{M} \cdot 0,1\ \text{L} = 0,02\ \text{mol}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,02\ \text{mol}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 0,02\ \text{mol} \cdot 136\ \text{g/mol} = 2,72\ \text{g}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 2,72\text{g}/0,95 = 2,86 \text{ g}$$

Pagatavojot nepieciešamos šķīdumus, Arturs varēja sākt veikt aprēķinus, lai zinātu kādās tilpuma attiecībās vajag nepieciešamos komponentus, bet viņš aizmirsa ar kādu pH bija nepieciešams buferšķīdums. Pēc kāda laika Arturs atrada pierakstus, bet tur bija dotas četras buferšķīdumu pH vērtības: 3,4; 4,1; 6,2; 7,3.

3. Kura no buferšķīduma pH vērtībām varētu atbilst  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$  buferpāra buferšķīdumam, ja zināms, ka šo vērtību ietekmē attiecīgā buferpāra  $pK_a$  vērtība? (1 punkts)

4.1. Bufersšķīduma pH var noteikt no buferpāra  $pK_a$ . Iespējamais pH ietilps robežā  $pK_a \pm 1$  jeb [3,8; 5,8]

Zinot buferšķīduma nepieciešamo pH, Arturs var aprēķināt tilpuma attiecības, kurās ir jāņem nepieciešamie komponenti, lai iegūtu 100 mL buferšķīduma, bet, lai to aprēķinātu Arturam vajadzēja pārveidot formulu:  $pH = pK_a + \lg \frac{c_B}{c_A}$

4. Uzraksti formulas izvedumu, lai Arturs varētu aprēķināt kādās tilpuma attiecībās ir jāņem nepieciešamie komponenti! (2 punkti)

$$\begin{aligned} pH = pK_a + \lg \frac{c_B}{c_A} &= pK_a + \lg \frac{n_B \cdot V_{kop}}{n_A \cdot V_{kop}} = pK_a + \lg \frac{n_B}{n_A} = pK_a + \lg \frac{\epsilon_B \cdot V_B}{\epsilon_A \cdot V_A} = \\ &= pK_a + \lg \frac{V_B}{V_A} \end{aligned}$$

5. Aprēķini nepieciešamos etiķskābes un nātrija acetāta šķīdumu tilpumus! (4 punkti)

Izmanto iepriekš iegūto formulu:

$$pH = pK_a + \lg \frac{V_B}{V_A}$$

Tagad ir redzams, ka ir divi nezināmie, bet mēs zinām, ka kopējais tilpums ir 100 mL. Līdz ar to iegūstam citu vienādojumu  $V_{kop} = V_A + V_B$

$$4,1 = 4,8 + \lg \frac{V_{kop} - V_A}{V_A}$$

$$-0,7 = \lg \frac{100 - V_A}{V_A}$$

$$10^{-0,7} = \frac{100 - V_A}{V_A}$$

$$10^{-0,7} V_A = 100 - V_A$$

$$(10^{-0,7} + 1) V_A = 100$$

$$V_A = \frac{100}{10^{-0,7} + 1} = \mathbf{83,4 \text{ mL}}$$

$$V_B = 100 - 83,4 = \mathbf{16,6 \text{ mL}}$$

Pagatavojot buferšķīdumu, Arturs gribēja izpētīt kā stipras skābes un bāzes pievienošana ietekmēs pH vērtību buferšķīdumos.

Divās vārglāzēs viņš ielēja 25 mL pagatavotā buferšķīduma. Vienā - 5 mL 0,05 M sālsskābes šķīduma, bet otrā 5 mL 0,05 M nātrija hidroksīda šķīduma.

6. Aprēķini pH iegūtajam buferšķīdumam pēc sālsskābes pievienošanas! (2 punkti)

Lai aprēķinātu kāds daudzums komponentu ir buferšķīdumā, mēs varam izmantot formulu  $n = c \cdot V$ .

$$n_A = c_A \cdot V_A = 0,2 \text{ M} \cdot 0,0834 = 0,01668 \text{ mol}$$

$$n_B = c_B \cdot V_B = 0,2 \text{ M} \cdot 0,0166 = 0,00332 \text{ mol}$$

Taču mums bija paņemts no visa buferšķīduma 25 mL, kas ir ceturtdaļa no visa šķīduma, līdz ar to daudzumi ir:

$$n_A = \frac{0,01668}{4} = 0,00417 \text{ mol}$$

$$n_B = \frac{0,00332}{4} = 0,00083 \text{ mol}$$

Tā kā mēs pievienojām skābi notiek attiecīgā reakcija:



Mums bāze pāriet skābē un pēc vienādojuma varam redzēt, ka pievienotās skābes daudzums ir vienāds ar daudzumu izveidotai skābei:

$$\Delta n_A = c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = 0,05 \text{ M} \cdot 0,005 \text{ L} = 0,00025 \text{ mol}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \lg \frac{n_B - \Delta n_A}{n_A + \Delta n_A} = 4,8 + \lg \frac{0,00083 - 0,00025}{0,00417 + 0,00025} = 4,8 + \lg \frac{0,00058}{0,00442} = \mathbf{3,92}$$

7. Aprēķini pH iegūtajam buferšķīdumam pēc nātrija hidroksīda pievienošanas! (2 punkti)

Līdzīgi kā ar skābes pievienošanu



$$\Delta n_B = c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} = 0,05 \text{ M} \cdot 0,005 \text{ L} = 0,00025 \text{ mol}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \lg \frac{n_B + \Delta n_B}{n_A - \Delta n_B} = 4,8 + \lg \frac{0,00083 + 0,00025}{0,00417 - 0,00025} = 4,8 + \lg \frac{0,00108}{0,00392} = \mathbf{4,24}$$

8. Kādi blakusprodukti veidojas pievienojot skābi un bāzi? (1 punkts)



7. uzdevums. **Kas tik nenotiek!** (Kopā 14 punkti)

Vielā **A** reaģē ar vielu **B** veidojot vielu **C**, kur **A**, **B** un **C** daudzumu attiecība ir attiecīgi 2:4:3. Vielas **A** un vielas **B** maisījuma masa ir 11,14 g, bet molmasu atšķirība ir 48 g/mol. Pievienojot pie vielas **C** atšķaidītu sālsskābi var novērot vienkāršas vielas **D** veidošanos, kuras masa ir 2,028 g. **C** un **D** daudzumu attiecība ir 1:1. Bez vienkāršas vielas **D** veidojas arī sāls **E** (elementu procentuālais sastāvs ir 39,32 % un 60,68 %) kā arī citi produkti.

1. Uzraksti vielas **E** ķīmisko formulu! (2p)

Pieņemam, ka vielas **E** sastāvā ir hlors, jo notika reakcija ar sālsskābi.

$\text{MeCl}_y$

$$M(\text{MeCl}_y) = \frac{35,5y}{0,6068}$$

$$M(\text{Me}) = \frac{35,5y}{0,6068} - 35,5y = \frac{35,5y - 21,5414y}{0,6068} = \frac{13,9586y}{0,6068} = 23y$$

Ja  $y=1$ , tad iegūst, ka metāla molmasa ir 23 g/mol un līdz ar to savienojums **E** ir **NaCl**

2. Uzraksti vienkāršās vielas **D** ķīmisko formulu! (5p)

Daudzums vielai **D**:

$$n_D = \frac{2,028}{M_D}$$

Pēc daudzuma attiecībām var iegūt, ka vielas **C** daudzums ir:

$$n_C = \frac{2,028}{M_D}$$

Tālāk pēc citām dotām daudzuma attiecībām var iegūt, ka vielu **A** un **B** daudzumi ir:

$$n_A = \frac{2,028 * 2}{3 * M_D} = \frac{4,056}{3 * M_D}$$

$$n_B = \frac{2,028 * 4}{3 * M_D} = \frac{8,112}{3 * M_D}$$

Zinot daudzumus, molmasu atšķirības un maisījuma masu var sastādīt vienādojumu:

$$\frac{x}{\frac{4,056}{3 * M_D}} + 48 = \frac{11,14 - x}{\frac{8,112}{3 * M_D}}$$

$$\frac{3 * M_D * x}{4,056} + 48 = \frac{3 * M_D * (11,14 - x)}{8,112}$$

kur  $x$  ir masa vielai **A**.

Ja pieņemam, ka **A** un **B** sastāv no viena un tā paša katjona jeb nātrija, tad (vispirms apskatām, ka vielā **A** ir tikai metāls un savienojums **D**):

$$\frac{x}{23 + M_D} * 2 = \frac{11,14 - x}{71 + M_D}$$

Iegūstam vienādojumu sistēmu:

$$\begin{cases} \frac{3 * M_D * x}{4,056} + 48 = \frac{3 * M_D * (11,14 - x)}{8,112} \\ \frac{x}{23 + M_D} * 2 = \frac{11,14 - x}{71 + M_D} \end{cases}$$

Aprēķinot no sistēmas  $M_D$  vērtību iegūst  $M_D = 31$  g/mol, kas neatbilst ne vienam elementam

Otrā iespēja, ka ir skābais sāls, līdz ar to sistēma nedaudz pamainās:

$$\begin{cases} \frac{3 * M_D * x}{4,056} + 48 = \frac{3 * M_D * (11,14 - x)}{8,112} \\ \frac{x}{24 + M_D} * 2 = \frac{11,14 - x}{72 + M_D} \end{cases}$$

Un rezultātā iegūst, ka  $M_D = 32$  g/mol, kas varētu būt **sērs – S**.

3. Uzraksti vielu **A-C** ķīmiskās formulas! (3p)

Tā kā vielas D molmasa ir 32, tad iegūstam, ka vielas A molmasa ir 56, bet vielas B – 104. Un tā kā no aprēķiniem izsecinājām, ka vielas A un B ir skābie sāļi, tad iegūst, ka A – NaHS un B – NaHSO<sub>3</sub>, jo molmasai 48 atbilst trīs skābekļi. Un zinot reakciju iegūstam, ka C – Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

4. Kāda ir vielas **A** un **B** masas daļa maisījumā? (2p)

Zinot vielas D molmasu mēs varam aprēķināt x no viena no vienādojumiem. Iegūstam, ka m(NaHS) = 2,36 g, bet m(NaHSO<sub>3</sub>) = 8,78 g

$$w(\text{NaHS}) = \frac{2,36 * 100}{11,14} = 21,18 \%$$

$$w(\text{NaHSO}_3) = \frac{8,78 * 100}{11,14} = 78,82 \%$$

5. Ar kuru no minētajām vielām var reaģēt viela **C**? Uzrakstīt attiecīgos reakcijas vienādojumus! (2p)

- Sudraba (I) bromīds
- Dzelzs (III) hlorīds
- Piesātinātu broma šķīdumu
- Zelts
- Bismuta (III) nitrāts



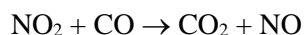
8. uzdevums. **Gāzi grīdā** (Kopā 17 punkti)

Ķīmisko reakciju ātrums konstantā temperatūrā ir atkarīgs no reaģentu koncentrācijām, un vispārīgi reakcijai  $A + B \rightarrow \text{produkti}$  šo sakarību var uzrakstīt kā

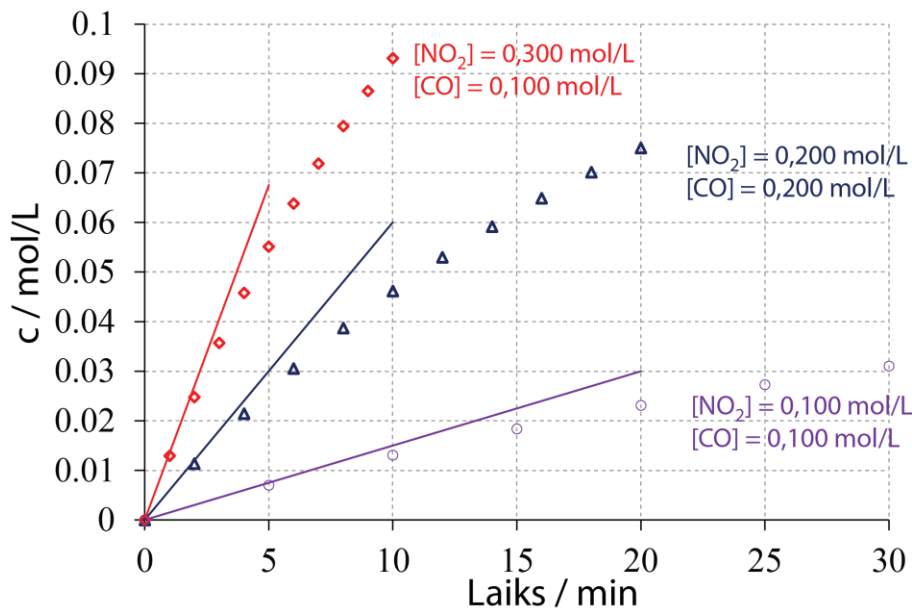
$$v = k \cdot [A]^x [B]^y$$

kur  $v$  ir reakcijas ātrums (reaģentu koncentrācijas izmaiņa laikā),  $[A]$  un  $[B]$  ir reaģentu koncentrācija,  $k$  – reakcijas ātruma konstante, savukārt  $x$  ir reakcijas pakāpe pēc A,  $y$  ir reakcijas pakāpe pēc B, savukārt  $x + y$  ir kopējā reakcijas pakāpe. Reakcijas pakāpes  $x$  un  $y$  nosaka tas, kādas elementārās reakcijas veido kopējo reakcijas mehānismu, kā arī tas, kuras no tām ir ātrumu limitējošā(s).

Apskatīsim reakciju



Lai noteiktu reakcijas pakāpi pēc katra no reaģentiem Pēteris mērīja šīs reakcijas ātrumu pašā procesa sākumpunktā, kurā reaģenti bija tikko sajaukti (sauktu arī par sākotnējo ātrumu), mērot  $\text{CO}_2$  koncentrācijas izmaiņas laikā. Viņš to veica pie dažādām  $\text{NO}_2$  un  $\text{CO}$  sākuma koncentrācijām, iegūstot šādus datus. Zināms, ka sākotnējo ātrumu iegūst, velkot koncentrācijas – laika līknei pieskari pašā reakcijas sākuma punktā.



1. Nosaki sākotnējo ātrumu gadījumam, kad  $[\text{NO}_2]$  un  $[\text{CO}]$  ir 0,100 mol/L. (1 punkts)

Tā kā sākotnējais ātrums atbilst viltkajām pieskarēm, ātrums (koncentrācijas izmaiņa laikā) būs vienāds ar taisnes slīpumu (virziena koeficientu). Varam izvēlēties visērtāk nolasāmo punktu pie 20 min, kad  $c$  vērtība attiecīgajai taisnei ir 0,030 mol/L, tātad:

$$v_1 = \frac{0,030 \text{ mol/L}}{20 \text{ min}} = \mathbf{0,00150 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}}$$

2. Nosaki reakcijas pakāpi pēc  $\text{NO}_2$  un  $\text{CO}$ . Nosaki kopējo reakcijas pakāpi! Skaidri parādi risinājuma gaitu! (4 punkti)

Nepieciešams noteikt sākotnējo ātrumu arī pārējiem diviem gadījumiem:

$$v_2 = \frac{0,060 \text{ mol/L}}{10 \text{ min}} = \mathbf{0,0060 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}}$$

$$v_3 = \frac{0,068 \text{ mol/L}}{5 \text{ min}} = \mathbf{0,0136 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}}$$

Ātrumi  $v_1$  un  $v_3$  atbilst vienādi CO koncentrācijai, kamēr  $\text{NO}_2$  koncentrācija ir 3 reizes lielāka. Ātrums savukārt ir  $0,0136/0,0015 \approx 9$  reizes lielāks. Lai 3 reizes palielinot koncentrāciju ātrums palielinātos  $9 = 3^2$  reizes, ātruma vienādojumā  $\text{NO}_2$  koncentrācijai jābūt kvadrātā:  $v = k \cdot [\text{NO}_2]^2$ .

Ātrumi  $v_1$  un  $v_2$  atbilst CO un  $\text{NO}_2$  koncentrācijas palielinājumam 2 reizes. Varam redzēt, ka ātrums ir palielinājies  $0,0060/0,0015 \approx 4$  reizes. Tā kā tieši šādu ātruma palielinājumu dos  $\text{NO}_2$  koncentrācijas dubultošana, CO koncentrācijas dubultošana ātrumu neietekmē, līdz ar ko ātruma vienādojumā CO koncentrācijai jābūt nulltajā pakāpē:  $v = k \cdot [\text{CO}]^0$ .

Tātad reakcijas pakāpe pēc  $\text{NO}_2$  ir **2**, pēc CO ir **0**, savukārt kopējā reakcijas pakāpe ir **2**.

Katra reakcijas pakāpe saistās ar savu reaģējošās vielas koncentrācijas atkarības no laika funkciju. Tās nultajai, pirmajai un otrajai reakcijas pakāpei dotas tabulā:

Pakāpe	Reakcijas ātrums	Koncentrācijas atkarība no laika
Nulltā	$v = k$	$[A] = [A]_0 - k \cdot t$
Pirmā	$v = k \cdot [A]$	$\ln[A] = \ln[A]_0 - k \cdot t$
Otrā	$v = k \cdot [A]^2$	$1/[A] = 1/[A]_0 + k \cdot t$

Kur  $[A]$  ir A koncentrācija laikā  $t$ ,  $[A]_0$  ir A sākuma koncentrācija, un  $k$  – reakcijas ātruma konstante.

Gadījumam, kad abu reaģentu koncentrācijas ir 0,100 mol/L Pēteris pierakstīja CO koncentrācijas izmaiņas laikā visā reakcijas gaitā. Dati doti tabulas veidā.

Laiks / min	c / mol/L
0.0	0.100
20.0	0.0769
40.0	0.0625
60.0	0.0526
80.0	0.0455
100.0	0.0400
150.0	0.0308
200.0	0.0250
300.0	0.0182
400.0	0.0143
500.0	0.0118

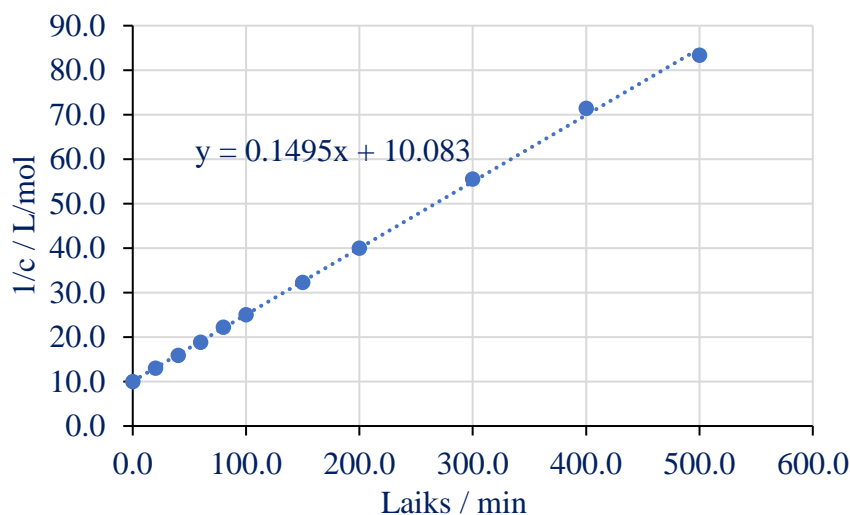
3. Balstoties uz iepriekš doto tabu un 2. punktā noteikto reakcijas pakāpei, atliec koncentrācijas atkarību no laika tādās koordinātēs, lai tiktu iegūta taisne. Uzzīmē šo taisni. (3 punkti)

Iepriekš noteicām, ka reakcija ir 2. pakāpes, tātad koncentrācijas atkarībai jāizmanto vienādojums  $1/[A] = 1/[A]_0 + k \cdot t$ . Lai iegūtu taisni, jāatliec koncentrācijas apgriezta vērtība  $1/[A]$  atkarībā no laika.

Laiks / min	c / mol/L	1/c / L/mol
0.0	0.100	10.0



20.0	0.0769	13.0
40.0	0.0625	15.9
60.0	0.0526	18.9
80.0	0.0455	22.2
100.0	0.0400	25.0
150.0	0.0308	32.3
200.0	0.0250	40.0
300.0	0.0182	55.6
400.0	0.0143	71.4
500.0	0.0118	83.3



4. Nosaki reakcijas ātruma konstanti  $k$ .

(3 punkti)

Varam izmantot to, ka taisnes, ko atlikām  $1/[A] = 1/[A]_0 + k \cdot t$  virziena koeficients ir vienāds ar ātruma konstanti, tātad  $k = 0,150 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{min})$ .

Aptuvenu virziena koeficienta vērtību un attiecīgi ātruma konstanti varam aprēķināt arī no mūsu datu pēdēja un pirmā punkta starpības:  $k = \frac{83,3-10}{500} = 0,147 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{min})$

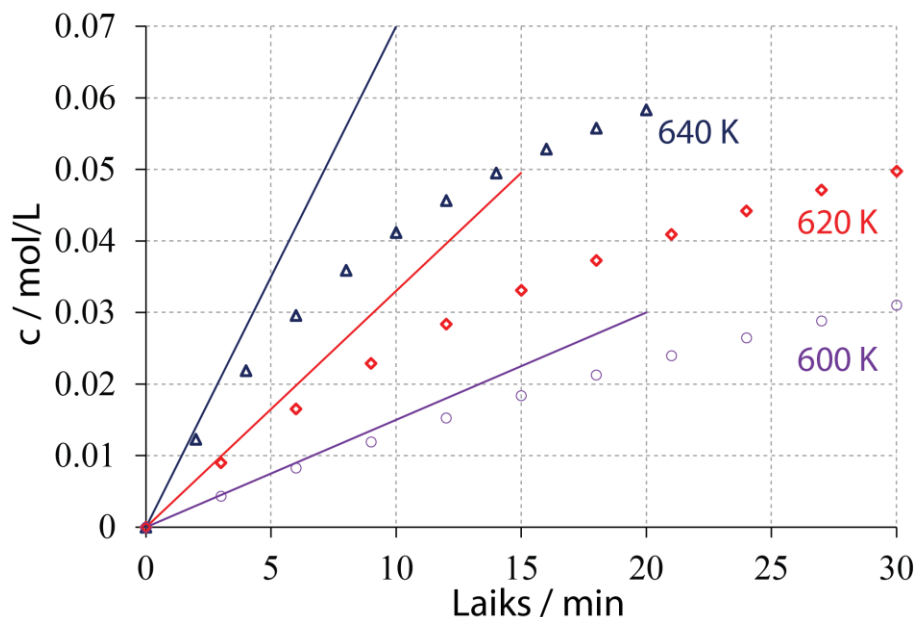
Tāpat varam izmantot mūsu sākotnējo reakcijas ātrumu un to, ka pašā reakcijas sākumā abu reaģentu koncentrācija ir  $0,100 \text{ mol/L}$ :  $k = \frac{v}{[NO_2]^2[CO]^0} = \frac{0,00150}{0,1^2 \cdot 0,1^0} = 0,150 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{min})$

Zināms, ka reakcijas ātruma atkarību no temperatūras apraksta Arrēniusa vienādojums:

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

kur  $k$  ir reakcijas ātruma konstante,  $A$  – pirmseksponeciālais faktors,  $E_a$  – aktivācijas enerģija (J/mol),  $R$  – gāzu universālā konstante un  $T$  – temperatūra (K).

Arrēniusa vienādojums saista reakcijas ātruma konstanti un temperatūru ar tādu reakcijas raksturlielumu kā aktivācijas enerģija, kas faktiski raksturo enerģijas barjeru, kura jāpārvar reakcijas norisei. Lai to noteiktu, Pēteris mērīja CO koncentrācijas izmaiņas laikā pie dažādām temperatūrām, abu reaģentu koncentrācijām šajos eksperimentos esot  $0,100 \text{ mol/L}$ . Viņš ieguva grafikā dotos lielumus.



5. Nosaki reakcijas ātruma konstanti  $k$  katrā no temperatūrām.

(2 punkti)

Reakcijas ātruma konstanti šeit varam noteikt no reakcijas sākotnējā ātruma.

$$v_1 = \frac{0,030 \text{ mol/L}}{20 \text{ min}} = 0,00150 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$$

$$k_1 = \frac{v}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,00150}{0,1^2} = 0,150 \text{ L/(mol} \cdot \text{min)}$$

$$v_2 = \frac{0,049 \text{ mol/L}}{15 \text{ min}} = 0,00327 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$$

$$k_2 = \frac{v}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,00327}{0,1^2} = 0,327 \text{ L/(mol} \cdot \text{min)}$$

$$v_3 = \frac{0,070 \text{ mol/L}}{10 \text{ min}} = 0,00700 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$$

$$k_3 = \frac{v}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,00700}{0,1^2} = 0,700 \text{ L/(mol} \cdot \text{min)}$$

6. Nosaki reakcijas aktivācijas enerģiju (kJ/mol). *Padoms: izmanto Arrēniusa vienādojumu, aktivācijas enerģiju nosakot vai nu skaitliski starp datiem no dažādām temperatūrām, jeb arī atliec datus grafikā koordinātēs, kas dod taisni un kur aktivācijas enerģiju iespējams noteikt no taisnes slīpuma.*

(4 punkti)

Logaritmējot Arrēniusa vienādojumu, iegūstam:

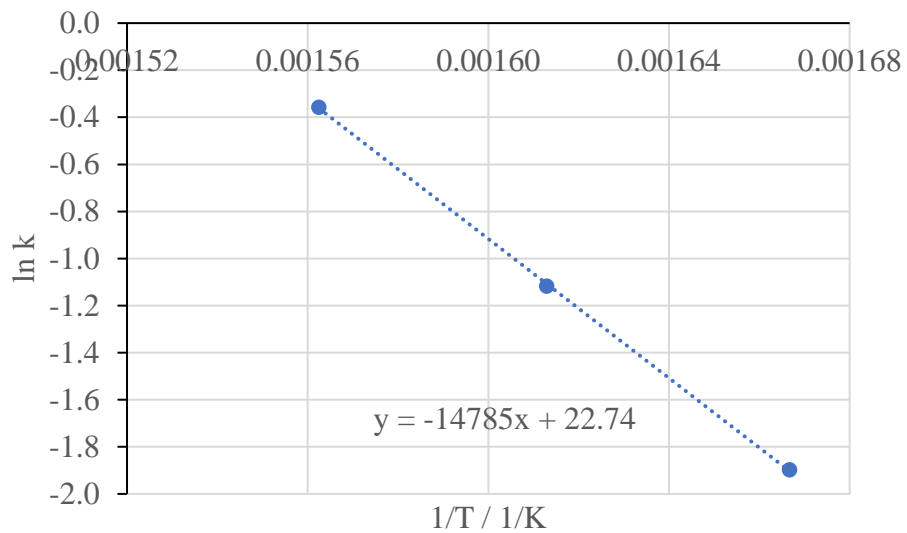
$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

Redzam, ka atliekot  $\ln k$  atkarībā no  $1/T$  mēs iegūsim taisni, kuras slīpums (virziena koeficients) būs  $-\frac{E_a}{R}$

Aprēķinām katram punktam  $\ln k$  un  $1/T$  vērtības un atliekam tās atbilstošās koordinātēs:

$v_0 / \text{mol} \cdot (\text{L} \cdot \text{min})$	0.0015	0.00327	0.007
$k / \text{L} \cdot (\text{mol} \cdot \text{min})$	0.15	0.327	0.7

T / K	600	620	640
ln k	-1.897	-1.118	-0.3567
1/T / 1/K	0.00167	0.00161	0.00156



Redzam, ka taisnes virziena koeficients  $m = -14785$ , izmantojot to, atrodam  $E_a$ :  
 $E_a = -m \cdot R = -(-14785) \cdot 8,314 = 122900 \text{ J/mol} = \mathbf{122,9 \text{ kJ/mol}}$



Valsts izglītības satura centrs

NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA

Eiropas Sociālais  
fonds

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

## KĪMIJAS 62. VALSTS OLIMPIĀDES TREŠĀ POSMA UZDEVUMI 12. KLASEI

(Kopā 119 punkts)

### 1. uzdevums. *Spirtu meklējot* (Kopā 11 punkti)

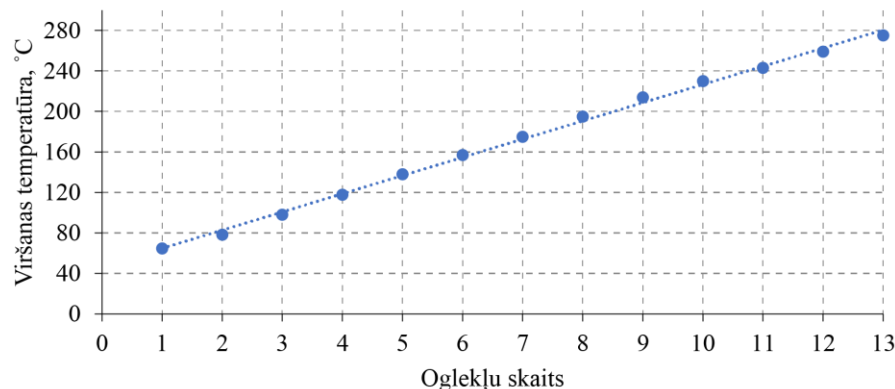
Savienojums **A** ir vienvērtīgs, nesazarots pirmējais spirts  $C_xH_yO_z$ , kura tvaiku relatīvais blīvums pret gaisu ir 6,43. Sadedzinot 1 g savienojuma **A** iegūst 1,442 L  $CO_2$  un 1,256 g ūdens.

- Nosaki savienojuma **A** molekulformulu!

$C_{12}H_{26}O$

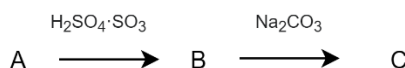
- Kāda ir savienojuma **A** šķīdība ūdenī?
  - Šķīst neierobežoti
  - Šķīst
  - Praktiski nešķīst** (gara alkilķēde un tikai viena polāra OH grupa)
- Izmanto doto grafiku un nosaki savienojuma **A** viršanas temperatūru:

Vienvērtīgu nesazarotu pirmējo spirtu viršanas temperatūra atkarībā no oglekļu skaita molekulā



Savienojuma **A** viršanas temperatūra ir **260 °C**.

Savienojumu **A** izmanto plaši pielietotas virsmaktīvās vielas **C** sintēzei. Savienojuma **A** reakcijā ar oleumu iegūst starpsavienojumu **B**, kuru neitralizējot ar  $Na_2CO_3$  iegūst savienojumu **C**.

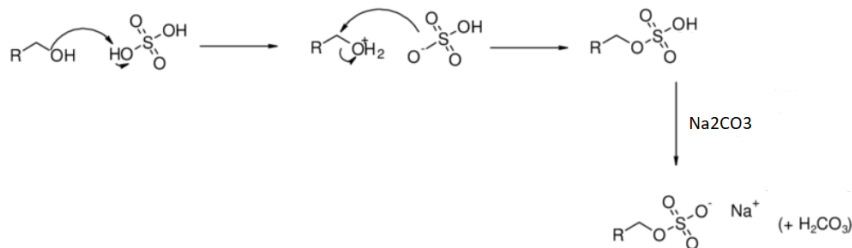


4. Savienojums **B** pēc uzbūves ir:
- Karbonskābe
  - Esteris**
  - Sērskābes sāls
5. Savienojums **C** ir *anjonu/katjonu/nejonu* virsmaktīvā viela. Savienojumam ir hidrofilā daļa, kas atbild par tā spēju šķīst *polāros/nepolāros* šķīdinātājos un hidrofobā daļa, kas atbild par tā spēju šķīdināt *polāras/nepolāras* vielas.
6. Uzzīmē savienojumu **C**, norādi molekulas hidrofilo un hidrofobo daļu! (2 punkti)



Rozā daļa – hidrofilā, zaļā – hidrofobā

7. Uzraksti reakcijas **A** → **B** → **C**, attēlo reakcijas **A** → **B** mehānismu! (2 punkti)



2. uzdevums. **Savādais kristāls** (Kopā 22 punkti)

Vielā **A** ir interesants un rets dārgakmens. To karsējot ar vielas **B** šķīdumu, tiek iegūts tās ūdens šķīdums. Tālāk, karsējot šķīdumu, sadalās neizreaģējusī viela **B**, procesā veidojas tikai trīs vielas, no kurām divas ir gāzes **C** un **D**. **C** ir binārs ūdeņraža savienojums, kura relatīvais blīvums pret neonu ir 0,844, bet **D** ir gāze, kas slāpē degšanu. Iegūtajam šķīdumam uzmanīgi pievienojot amonjaka šķīdumu radās baltas nogulsnes **E**, kuras karsējot sadalās. Sadaloties 1,20 g vielas **E** parauga masa samazinājās par 15% un veidojās viela **F**, kas nešķīst ūdenī. Iegūtajam filtrātam pievienoja sāli **G**, kuram ir raksturīga īpatnēja salda garša (skābekļa masas daļa savienojumā – 0,1969). Tika iegūtas nogulsnes, kuras apstrādājot ar divvērtīgu skābi **H** tiek iegūti savienojumi **I** un **J**. **I** ir neorganisks savienojums, ko var izmantot metāla **K** iegūšanai, interesantā kārtā **K** ir arī vielas **G** sastāvā. Savukārt organisku savienojumu **J**, ir iespējams iegūt arī no vielas **L**, kuras struktūra izceļas ar augstu simetriju, to apstrādājot ar sārmainu vielas **M** šķīdumu (skābekļa masas daļa savienojumā **M** – 0,4051). Karsējot 3,42 g vielas **J** izdalījās 0,54 g ūdens un tika iegūta viela **N**, kuru var uzskatīt par bināru savienojumu.

1. Uzraksti ķīmiskās formulas vielām **B-I** un **K, M, N**.

(11 punkti)

**B** –  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$

**F** –  $\text{Al}_2\text{O}_3$

**K** – **Pb**

**C** –  $\text{NH}_3$

**G** –  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

**M** –  $\text{KMnO}_4$

**D** –  $\text{CO}_2$

**H** –  $\text{H}_2\text{S}$

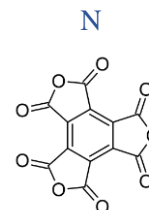
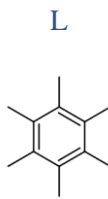
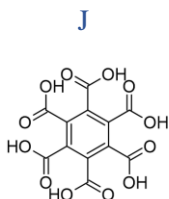
**N** –  $\text{C}_{12}\text{O}_9$

**E** –  $\text{AlO}(\text{OH})$

**I** – **PbS**

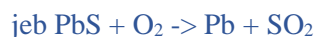
2. Uzzīmē struktūrformulas vielām **J, L, N**.

(3 punkti)



3. Piedāvā veidu, kā ar pēc iespējas mazāk soļiem no **I** iegūt vielu **K**.

(2 punkti)



4. Kāda veida reakcija ir **J** iegūšana no **L**.

(0,5 punkti)

- a) Aizvietošanās
- b) Oksidēšanās – reducēšanās**
- c) Dehidratācijas
- d) Apmaiņas

5. Kāpēc **A** ir neparasts dārgakmens?

(0,5 punkti)

- a) Tas satur ļoti retu elementu
- b) Tas ir radioaktīvs
- c) Tas ir organiskas skābes sāls**
- d) Tas nesatur metāla atomus

6. Spriežot pēc molekulformulas, vielu **N** var pieskaitīt vielu klasei \_\_\_\_\_ (a) \_\_\_\_\_, bet pēc tās struktūrformulas var redzēt ka viela pieder \_\_\_\_\_ (b) \_\_\_\_\_ . *(2 punkti)*

(a) = oksīdi

(b) = (karbonskābju) anhidrīdiem

Sadedzinot nezināmu masu vielas **N** tika iegūti 0,224 L gāzes, kura tika uztverta šķīdumā, kas saturēja 0,555 g kalcija hidroksīda.

7. Nosaki, kādi produkti veidojās un to masas. *(2 punkti)*

$\text{CaCO}_3$  – 0,50 g

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  – 0,81 g

8. Aprēķini sadedzinātās vielas **N** masu. *(1 punkts)*

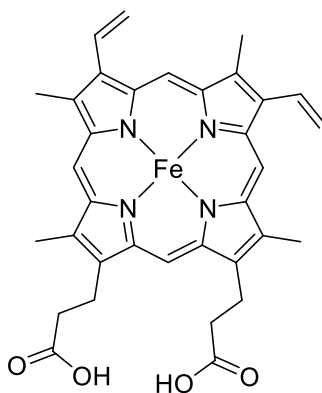
$m(\text{C}_{12}\text{O}_9) = 2,88$  g

### 3. uzdevums. *Knāgi pirkstos* (Kopā 7 punkti)

Pulsa oksimētrs (attēlā – pirkstveida) ir iekārta, kas izmēra cilvēka pulsu un skābekļa piesātinājumu asinīs. Šīs iekārtas popularitāte Covid-19 pandēmijas laikā ir pieaugusi, jo skābekļa līmenis asinīs ir viens no rādītājiem, kas raksturo Covid-19 slimības norisi. Skābekļa piesātinājuma asinīs noteikšanas pamatā ir hemoglobīna (Hb) un ar skābekli saistītā hemoglobīna (HbO<sub>2</sub> jeb O<sub>2</sub>Hb) noteikšana spektrofotometriski. Asinīs esošie bioķīmiskie procesi ir kompleksi, tāpēc šajā uzdevumā tos apskatīsim vienkāršotā veidā.



Hemoglobīns ir sarkanajos asinšķermenīšos sastopams proteīns, kas pārnēsā skābekli un piešķir asinīm sarkano krāsu. Par saistību atbild organiskas molekulas – hēma un dzelzs jona komplekss (attēlā).



- 1) Nosakiet attēlā parādītajam kompleksam dzelzs oksidēšanās pakāpi, ja zināms, ka viss komplekss ir elektroneitrāls. (1 punkts)

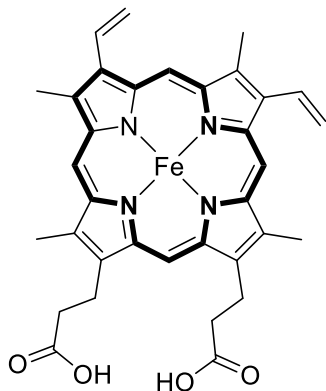
+2

- 2) Nosakiet liganda hēma denticitāti (ar cik grupām ligands saistās pie kompleksveidotāja): (1 punkts)

- a) monodentāts
- b) bidentāts
- c) tridentāts
- d) tetradentāts**
- e) pentadentāts
- f) heksadentāts

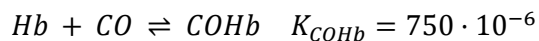
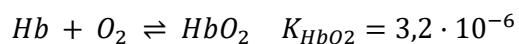
- 3) Ir zināms, ka hēma ligandam ir aromātiskas īpašības, līdz ar to zināms, ka tas izpilda Hikeļa (Hückel) likumus. Nosaki, cik elektroni veido šo aromātisko sistēmu. (1 punkts)





Elektroni, kas veido aromātisko sistēmu ir iekrāsoti treknrakstā (viens no variantiem). Dubultsaites, kas ir cikla iekšpusē, ārpusē vai veido alternatīvu sazarojumu, nav aromātiskas sistēmas sastāvā. Aromātisku sistēmu veido 18 elektroni, taču 50% punktu tiek piešķirti arī par 26 elektroniem (ja pieskaitīti vēl 8 elektroni no porfīrīna gredzena).

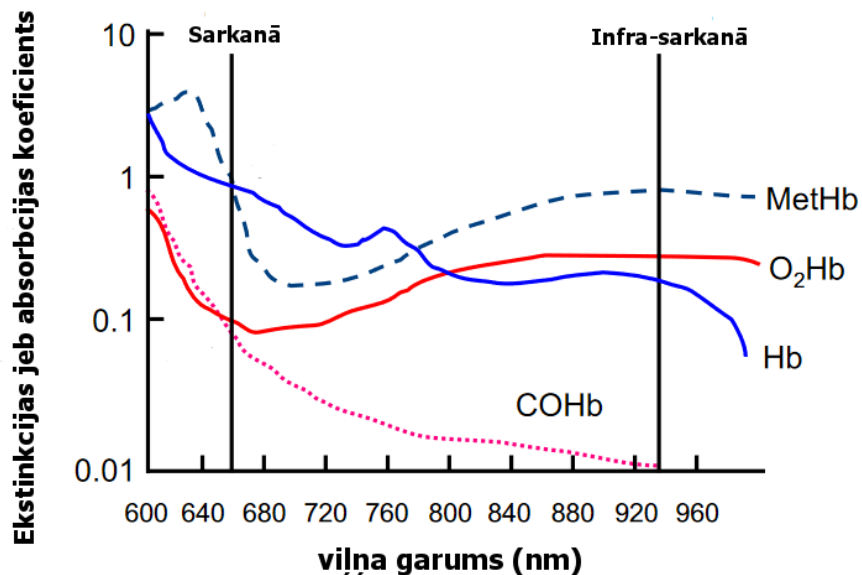
Tvana gāze ir toksiska, jo tā ar hemoglobīnu saistās daudz labāk nekā skābeklis, līdz ar to samazinot skābekļa apgādi organismam. Apskatīsim divas vienkāršotas līdzsvara reakcijas: Hemoglobīna (Hb) saistību ar skābekli un hemoglobīna saistību ar tvana gāzi, veidojot karboksihemoglobīnu (COHb).



4) Cik reizes labāk tvana gāze saistās ar hemoglobīnu kā skābeklis? (1 punkts)

Tā kā abām reakcijām ir vienāds izejvielu un produktu daudzums, kā arī gāzes, kas tiek aplūkotas, abas ir ar vienādiem koeficientiem, par saistīšanās stiprumu varam salīdzināt, izmantojot līdzsvara izteiksmju vērtības. Proti, CO saistās  $K(COHb)/K(HbO_2)=750/3,2=234$  reizi labāk kā  $O_2$ .

Attēlā zemāk ir parādīti hemoglobīna dažādu formu absorbcijas jeb ekstinkcijas koeficienti atkarībā no apstarotā viļņa garuma. Piezīme: MetHb ir Hb, taču ar citu dzelzs oksidēšanās pakāpi.



5) Atzīmē pareizo apgalvojumu par hemoglobīna formu gaismas absorbciju: *(1 punkts)*

- a) **Hb absorbē sarkano gaismu labāk kā O<sub>2</sub>Hb, taču O<sub>2</sub>Hb absorbē infra-sarkano gaismu labāk kā Hb.**
- b) O<sub>2</sub>Hb absorbē sarkano gaismu labāk kā Hb, taču Hb absorbē infra-sarkano gaismu labāk kā O<sub>2</sub>Hb.
- c) O<sub>2</sub>Hb absorbē gan sarkano, gan infra-sarkano gaismu labāk kā Hb.
- d) Hb absorbē gan sarkano, gan infra-sarkano gaismu labāk kā O<sub>2</sub>Hb.

Vesela cilvēka tipisks skābekļa piesātinājuma līmenis asinīs ir  $SpO_2 = 98 - 99\%$ , kas nozīmē, ka tikai 1 - 2% no visa hemoglobīna nav saistījušies ar skābekli.

6) Nosaki, vai ar pulsa oksimetru pie sarkanās gaismas viļņa garuma ir iespējams noteikt, vai cilvēks ir saindējies ar tvana gāzi? Paskaidro. *(2 punkti)*

Nē. Tā kā gandrīz viss Hb daudzums ir HbO<sub>2</sub> formā vai saindējoties HbCO, absorbcijas absolūto vērtību galvenokārt veido  $A(HbCO) + A(HbO_2)$ . Un tā kā pie sarkanās gaismas ekstinkcijas koeficienti abām formām ir praktiski identiski, tad arī absorbcijas vērtība faktiski neizmainīsies.

#### 4. uzdevums. *Māsiņas krāsiņas* (Kopā 12 punkti)

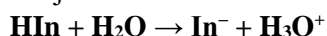
Indikatori ļauj ātri un vienkārši noteikt šķīduma vidi. To darbības pamatā ir indikatora molekulas reakcijas ar šķīdumā esošajiem joniem notikšana, vai nenotikšana. Katram indikatoram ir specifiska krāsa noteiktā šķīduma vidē. Tomēr indikatora krāsa var arī pateikt kaut ko vairāk nekā tikai šķīduma vidi, ir iespējams noteikt aptuvenu vai pat precīzu šķīduma pH. Piemēram, fenolftaleīnam krāsas maiņa bāziskā vidē notiek ap  $\text{pH} = 9$ .

Indikatora šķīduma precīzas pH vērtības noteikšanai ir iespējams izmantot UV/Vis spektrofotometriju. Absorbcijas mērījumus apraksta Bēra likums:

$$A = \varepsilon \cdot L \cdot [M]$$

kur  $A$  – absorbcija,  $\varepsilon$  – molārās absorbcijas koeficients [ $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{cm})$ ],  $L$  – gaismas ceļa garums [ $\text{cm}$ ],  $[M]$  – vielas  $M$  molārā koncentrācija [ $\text{mol}/\text{L}$ ]

Indikatoru šķīdumā var aprakstīt ar vienādojumu:



Par  $\text{HIn}$  ir zināms, ka pie  $\text{pH} < 4$  tas pastāv formā  $\text{HIn}$ , bet pie  $\text{pH} > 6,5$  tas šķīdumā pastāv formā  $\text{In}^-$ , šī indikatora  $\text{pK}_a$  vērtība ir 4,95, bet tā molmasa ir 269,3 g/mol.

No literatūras datiem ir zināms, ka šī indikatora absorbcijas maksimumos gaismu absorbēs abas daļiņas, tādēļ ir jāiegūst standartšķīdumi, kad šķīdumā pastāv tikai viena veida daļiņas, tas ir iespējams pie iepriekš minētajiem pH. Vēl ir zināms, ka savienojuma absorbcijas maksimumi ir 525 nm un 430 nm, un ir svarīgi veikt mērījumus pie abiem viļņa garumiem, jo šķīdumos, kas nav robežpunktu pH vērtībās, atradīsies gan  $\text{In}^-$  gan  $\text{HIn}$  daļiņas.

Standartšķīdumu B,  $\text{In}^-$  absorbcijas noteikšanai, pagatavoja izmantojot 25 mL 0,1 M nātrija acetāta šķīduma un 10 mL 0,08 g/L indikatora, un atšķaidīja to 100 mL mērkolbā līdz atzīmei.

Standartšķīdumu A,  $\text{HIn}$  absorbcijas noteikšanai, pagatavoja izmantojot 10 mL 0,1 M sālsskābes un 10 mL 0,08 g/L indikatora, un atšķaidīja to 100 mL mērkolbā līdz atzīmei.

Tika veikti šķīdumu absorbcijas mērījumi, eksperimentā visos mērījumos izmantota kivete ar garumu 10 mm un iegūti sekojoši dati:

	A, kad $\lambda = 525$ nm	A, kad $\lambda = 430$ nm
Šķīdums A	0,149	0,862
Šķīdums B	0,847	0,297

1. Izmantojot datus, nosaki  $\varepsilon_{\text{HIn}}$  un  $\varepsilon_{\text{In}^-}$  pie katra no viļņa garumiem!

$$\varepsilon_{\text{HIn}}^{525} = 5000 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{cm})$$

$$\varepsilon_{\text{HIn}}^{430} = 29000 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{cm})$$

$$\varepsilon_{\text{In}^-}^{525} = 28500 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{cm})$$

$$\varepsilon_{\text{In}^-}^{430} = 10000 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{cm})$$

Tālāk tika pagatavoti divi šķīdumi, kuros jau pastāvēja gan  $\text{HIn}$ , gan  $\text{In}^-$  daļiņas.

Veicot mērījumus šiem šķīdumiem tika iegūti sekojoši absorbcijas lielumi

	A, kad $\lambda = 525$ nm	A, kad $\lambda = 430$ nm
Šķīdums 1	0,577	0,515
Šķīdums 2	0,289	0,748

2. Izmanto dotos datus un aprēķini HIn un In<sup>-</sup> koncentrāciju šķīdumā 1!

Izmantojot vienādojumu sistēmu:

$$\begin{cases} A_{S1}^{525} = \varepsilon_{HIn}^{525} \cdot [HIn] + \varepsilon_{In^-}^{525} \cdot [In^-] \\ A_{S1}^{430} = \varepsilon_{HIn}^{430} \cdot [HIn] + \varepsilon_{In^-}^{430} \cdot [In^-] \end{cases}$$

iegūst, ka [HIn] = 1,149 \* 10<sup>-5</sup> M un [In<sup>-</sup>] = 1,822 \* 10<sup>-5</sup> M.

3. Izmanto dotos datus un aprēķini HIn un In<sup>-</sup> koncentrāciju šķīdumā 2!

Izmantojot vienādojumu sistēmu:

$$\begin{cases} A_{S2}^{525} = \varepsilon_{HIn}^{525} \cdot [HIn] + \varepsilon_{In^-}^{525} \cdot [In^-] \\ A_{S2}^{430} = \varepsilon_{HIn}^{430} \cdot [HIn] + \varepsilon_{In^-}^{430} \cdot [In^-] \end{cases}$$

iegūst, ka [HIn] = 2,375 \* 10<sup>-5</sup> M un [In<sup>-</sup>] = 5,965 \* 10<sup>-6</sup> M.

4. Nosaki pH šķīdumā 1 un pH šķīdumā 2, izmantojot iepriekš iegūtos un dotos lielumus!

Izmantojot vainu Hendersona-Haselbaha vienādojumu, vai skābes līdzsvara konstantes vienādojumu iegūst:

$$pH(S1) = 5,15 \text{ un } pH(S2) = 4,35$$

5. Nosaki pK<sub>a</sub> etiķskābei, izmantojot zemāk doto šķīduma 1 sastāvu! Ja nevarēji iepriekš noteikt pH, tad izmanto pH(S1) = 5 (neatbilst patiesajai).

Šķīdums 1 – 100 mL mērkolbā – 10 mL 0,08 g/L HIn, 25 mL 0,1 M nātrija acetāta un 34,5 mL 0,1 M etiķskābes.

*Ja izmanto aprēķināto pH vērtību:*

Izmantojot vainu Hendersona-Haselbaha vienādojumu, vai skābes līdzsvara konstantes vienādojumu iegūst:

$$pK_a = 5,29$$

*Ja izmanto doto pH vērtību:*

Izmantojot vainu Hendersona-Haselbaha vienādojumu, vai skābes līdzsvara konstantes vienādojumu iegūst:

$$pK_a = 5,14$$

6. Nosaki, kāda būs HIn : In<sup>-</sup> attiecība šķīdumā ar pH = 5,59!

Izmantojot Hendersona-Haselbaha vienādojumu  $pH = pK_a + \lg \frac{[In^-]}{[HIn]}$  iegūst

$$HIn : In^- = 1 : 4,365$$

5. uzdevums. **Disociēt vai nedisociēt - tāds ir jautājums** (Kopā 21 punkti)

Skābju disociācija ūdens šķīdumos ir aspekts, kuru nepieciešams ņemt vērā, interpretējot dažu eksperimentālo mērījumu rezultātus. Kā viens no šiem mērījumiem ir šķīdumu sasaldšanas temperatūras pazeminājums attiecībā pret tīru šķīdinātāju. Zināms, ka šķīduma sasaldšanas temperatūras izmaiņa apraksta vienādojums

$$\Delta T = i \cdot K_{kr} \cdot n_v / m_{\text{šķīd}}$$

Kur  $\Delta T$  ir sasaldšanas temperatūras pazeminājums attiecībā pret tīru šķīdinātāju ( $K$ ),  $K_{kr}$  ir šķīdinātāja krioskopiskā konstante ( $K \cdot \text{kg/mol}$ ),  $n_v$  – izšķīdušās vielas daudzums (mol),  $m_{\text{šķīd}}$  – šķīdinātāja masa (kg), un  $i$  – izotoniskais koeficients, kas attēlo jonisko daļiņu skaitu, kas radies no 1 izšķīdušās vielas daļiņas, un ko iespējams aprēķināt kā

$$i = 1 + (x - 1) \cdot \alpha$$

kur  $x$  ir daļiņu skaits, kas disociējot veidojas no vienas formulvienības izšķīdušās vielas, un  $\alpha$  ir disociācijas pakāpe. Zināms, ka ūdens krioskopiskā konstante ir  $1,853 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$  un etanolam tā ir  $1,990 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ .

Trīs draugi katrs nolēma veikt dažādus organisko skābju šķīdumu krioskopijas mērījumus. Ēriks nolēma novērtēt, kādos apstākļos iespējams ignorēt organisko skābju disociāciju jonos. Šim nolūkam viņš pagatavoja divus skudrskābes ( $\text{HCOOH}$ ) šķīdumus. Pirmo šķīdumu viņš pagatavoja, izšķīdinot  $4,60 \text{ g}$  skudrskābes  $100,0 \text{ g}$  ūdens un noteica, ka tā sasaldšanas temperatūra ir  $-1,88 \text{ }^\circ\text{C}$ . Otru šķīdumu viņš pagatavoja, izšķīdinot  $0,460 \text{ g}$  skudrskābes  $1,000 \text{ kg}$  ūdens un noteica, ka tā sasaldšanas temperatūra ir  $-0,0208 \text{ }^\circ\text{C}$ .

1. Aprēķini, kāda ir skudrskābes disociācijas pakāpe  $\alpha$  katrā no šķīdumiem. (3 punkti)

$$\Delta T = i \cdot K_{kr} \cdot \frac{n_v}{m_{\text{šķīd}}} = i \cdot K_{kr} \cdot \frac{m_v}{M_v \cdot m_{\text{šķīd}}} = (1 + (x - 1) \cdot \alpha) \cdot K_{kr} \cdot \frac{m_v}{M_v \cdot m_{\text{šķīd}}}$$

$$\alpha_{1.\text{šķ.}} = \frac{\frac{\Delta T \cdot M_v \cdot m_{\text{šķīd}}}{K_{kr} \cdot m_v} - 1}{x - 1} = \frac{\frac{1,88 \cdot 46,0 \cdot 0,100}{1,853 \cdot 4,60} - 1}{2 - 1} = \mathbf{0,0146}$$

$$\alpha_{2.\text{šķ.}} = \frac{\frac{\Delta T \cdot M_v \cdot m_{\text{šķīd}}}{K_{kr} \cdot m_v} - 1}{x - 1} = \frac{\frac{0,0208 \cdot 46,0 \cdot 1,000}{1,853 \cdot 0,460} - 1}{2 - 1} = \mathbf{0,123}$$

2. Ēriks vēlējās noteikt, cik būtiski ir ievērot to, ka krioskopijas eksperimentos skābes disociē jonos. Izmanto Ērika datus un aprēķini izšķīdinātās vielas molmasu, ignorējot to, ka tā varētu disociēt jonos. (2 punkti)

Ja etiķskābe jonos nedisociētu, varam vienādojumā lietot, ka  $i = 1$ :

$$\Delta T = i \cdot K_{kr} \cdot \frac{n_v}{m_{\text{šķīd}}} = K_{kr} \cdot \frac{m_v}{M_v \cdot m_{\text{šķīd}}}$$

$$M_{v,1.\text{šķ.}} = K_{kr} \cdot \frac{m_v}{\Delta T \cdot m_{\text{šķīd}}} = 1,853 \cdot \frac{4,60}{1,88 \cdot 0,100} = 45,3 \text{ g/mol}$$

$$M_{v,2.\text{šķ.}} = K_{kr} \cdot \frac{m_v}{\Delta T \cdot m_{\text{šķīd}}} = 1,853 \cdot \frac{0,460}{1,88 \cdot 1,000} = 41,0 \text{ g/mol}$$

3. Vai mēs varam ignorēt skābju disociāciju jonus, lai no krioskopijas datiem aprēķinātu skābju molmasu? (2 punkti)

Vispārīgi šo ignorēt nevaram, lai gan gadījumā, ja molmasa nav jānosaka ar maksimālo precizitāti, un skābes koncentrācija ir gana liela (kas dos gana mazu disociācijas pakāpi), disociāciju jonus varam ignorēt.

4. Kādi ierobežojumi ir tavai atbildei uz iepriekšējo jautājumu? (1 punkts)

Skābes disociācijas konstantei jābūt gana mazai – jo lielāka disociācijas konstante, jo lielāka būs neprecizitāte, ja ignorēsim disociāciju jonus, pat ja skābes šķīduma koncentrācija būs liela.

Stenlijs vēlējās notikt kādas nezināmas vienvērtīgas karbonskābes molmasu. Šim nolūkam viņš pagatavoja 5 dažādus šķīdumus, ņemot dažādu vielas masu, to katru reizi šķīdinot tīrā 100,0 g ūdens porcijā, un nosakot katra šķīduma sasalšanas temperatūru. Stenlijs ieguva tabulā dotos datus.

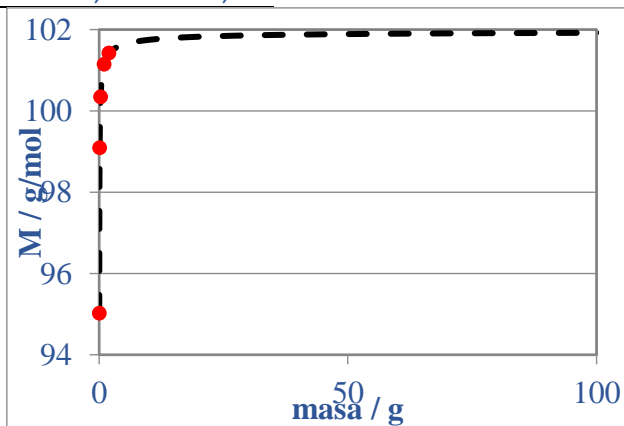
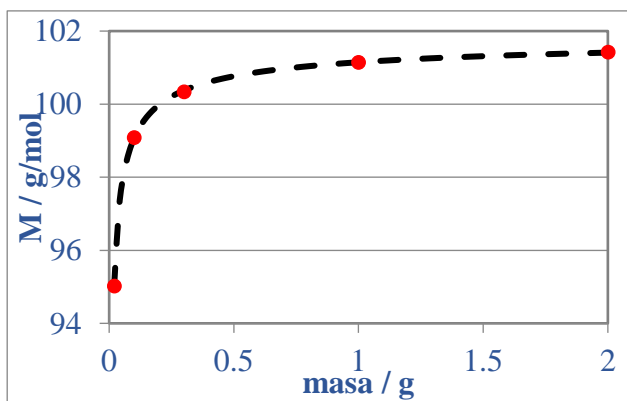
$m_v / g$	2,000	1,000	0,3000	0,1000	0,0200
$T_{sas} / ^\circ C$	-0,3654	-0,1832	-0,0554	-0,0187	-0,0039

5. Pēc iespējas precīzāk nosaki šīs vielas molmasu. Pamato to ar aprēķiniem un spriedumiem! (3 punkti)

Aprēķinām molmasu, pieņemot, ka  $i = 1$  katriem no dotajiem datiem, un atliekam to grafiski atkarībā no pievienotās skābes masas.

$$M_{v,2,000g} = K_{kr} \cdot \frac{m_v}{\Delta T \cdot m_{\text{šķīd}}} = 1,853 \cdot \frac{2,000}{0,3654 \cdot 0,100} = 101,42 \text{ g/mol}$$

$m_v / g$	2,000	1,000	0,3000	0,1000	0,0200
$T_{sas} / ^\circ C$	-0,3654	-0,1832	-0,0554	-0,0187	-0,0039
$M_v / g/mol$	101,42	101,15	100,34	99,09	95,03



Iepriekš redzējām, ka palielinot masu mēs palielinām koncentrāciju, kas noved pie disociācijas pakāpes samazināšanās, kas savukārt ir tuvāk mūsu pieņemumam, ka  $i = 1$ . No grafika redzams, ka molmasa tuvojas skaitlim 102 g/mol (atceries, ka 1. punktā skudrskābes gadījumā pie lielākās koncentrācijas molmasa bija par 0,7 g/mol mazāka nekā patiesā). Varam arī pārliecinoties, ka ekstrapolējot aprakstošo funkciju gadījumam, kas atbilstu masas palielināšanai, mēs tuvojamies molmasai 102 g/mol.

Kails, savukārt, ņēma kādu nezināmu vienvērtīgu karbonskābi un tai pievienoja nātrija hidroksīdu. Reakcijas maisījumu viņš sadalīja divās daļās. Daļai no reakcijas maisījuma viņš pievienojot fenolftaleīna šķīdumu, bet krāsas maiņu nenovēroja. Otru daļu viņš sākumā ietvaicēja, un nosvēra, ka cietais atlikums bija 0,2500 g. Šo paraugu viņš sadalīja divās identiskās daļās. Pirmos 0,1250 g viņš izšķīdināja 1,000 g ūdens un noteica, ka ūdens kušanas temperatūras samazinājums ir 3,587 °C, kamēr otru 0,1250 g viņš izšķīdināja 10,0 g etanolā un noteica, ka etanola kušanas temperatūras samazinājums ir 0,2415 °C. Zināms, ka gan skābe, gan tās reakcijas produkts ar nātrija hidroksīdu pilnībā izšķīda abos šķīdinātājos. Zināms arī, ka skābes disociācijas konstante ir līdzīga skudrskābes disociācijas konstantei. Ūdenī karbonskābju sāļi disociē pilnībā, kamēr etanolā nedisociē. *Izmanto pieņēmumus, ja nepieciešams.*

6. Aprēķini skābes molmasu kā arī to, kāda daļa no skābes (mol %) bija izreaģējusi ar nātrija hidroksīdu. (6 punkti)

Tā kā fenolftaleīna šķīdums krāsu nemainīja, jāsecina, ka visa skābe neizreaģēja, un maisījumā ir skābe HA un tās nātrija sāls NaA. Apzīmēsim skābes daudzumu ar  $n_{HA}$ , masu ar  $m_{HA}$  un tās molmasu ar  $M_A$ , savukārt sāls daudzumu ar  $n_{NaA}$ , masu ar  $m_{NaA}$  un tā molmasa savukārt ir  $M_A - 1 + 23 = M_A + 22$ .

Tā kā skābes disociācijas konstante ir līdzīga skudrskābei, varam pieņemt, ka tā ūdenī tikpat kā nedisociē ( $i \approx 1$ ). Skābe nedisociēs arī etanolā ( $i = 1$ ). Sāls pilnībā disociēs ūdenī ( $i = 2$ ), kamēr etanolā nedisociēs ( $i = 1$ ). Tā kā temperatūras pazeminājums ir saistīts tikai ar izšķīdušo daļiņu skaitu, tas būs proporcionāls skābes un sāks daudzumu summai.

Izmantojot dotos datus, varam sastādīt vienādojumu sistēmu:

$$\begin{cases} m_{HA} + m_{NaA} = 0,125 \\ \Delta T_{\text{ūd}} = \frac{K_{kr,\text{ūd}}}{m_{\text{ūd}}} (n_{HA} + 2n_{NaA}) \\ \Delta T_{\text{et}} = \frac{K_{kr,\text{et}}}{m_{\text{et}}} (n_{HA} + n_{NaA}) \end{cases}$$

Apzīmēsim  $\frac{\Delta T_{\text{ūd}} m_{\text{ūd}}}{K_{kr,\text{ūd}}} = A$  un  $\frac{\Delta T_{\text{et}} m_{\text{et}}}{K_{kr,\text{et}}} = B$

Līdz ar to otrais un trešais vienādojums mums dod:

$$\begin{cases} n_{HA} + 2n_{NaA} = A \\ n_{HA} + n_{NaA} = B \end{cases}$$

Atņemot vienādojumus vienu no otra iegūstam:

$$n_{NaA} = A - B$$

Un savukārt tālāk varam atrast:

$$n_{HA} = B - n_{NaA} = 2B - A$$

Pirmo no vienādojumiem savukārt varam izteikt ar daudzumiem un molmasām:

$$\begin{aligned} n_{HA} M_{HA} + n_{NaA} (M_{HA} + 22) &= 0,125 \\ n_{HA} M_{HA} + n_{NaA} M_{HA} + 22 n_{NaA} &= 0,125 \\ M_{HA} &= \frac{0,125 - 22 n_{NaA}}{n_{HA} + n_{NaA}} = \frac{0,125 - 22(A - B)}{B} \end{aligned}$$

Aprēķinam A un B vērtību un nosakām visus lielumus:

$$\begin{aligned} A &= \frac{\Delta T_{\text{ūd}} m_{\text{ūd}}}{K_{kr,\text{ūd}}} = \frac{3,587 \cdot 0,00100}{1,853} = 0,0019358 \\ B &= \frac{\Delta T_{\text{et}} m_{\text{et}}}{K_{kr,\text{et}}} = \frac{0,2415 \cdot 0,0100}{1,990} = 0,001213568 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{NaA} &= 0,0019358 - 0,001213568 = 0,0007222 \text{ mol} \\ n_{HA} &= 2 \cdot 0,001213568 - 0,0019358 = 0,0004914 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$M_{HA} = \frac{0,125 - 22(0,0019358 - 0,001213568)}{0,001213568} = 89,9 \text{ g/mol}$$

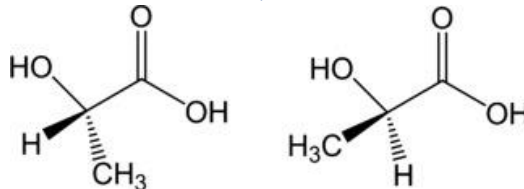
Skābes daļa, kas izreaģēja, ir vienāda ar sāls mola daļu:

$$\frac{n_{NaA}}{n_{HA} + n_{NaA}} = \frac{0,0007222}{0,0007222 + 0,0004914} = 0,595 = 59,5\%$$

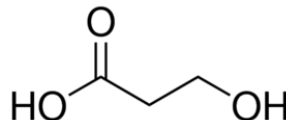
7. Kas šī varētu būt par skābi? Uzzīmē tas struktūrformulu! Norādi izomērus, ja tādi iespējami!  
(2 punkti)

Tā kā tā ir vienvērtīga karbonskābe, tā saturēs COOH grupu (45 g/mol). Pāri paliek 45 g/mol, kas ir par daudz priekš C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> (43 g/mol), taču pārbaudot citus variantus varam secināt, ka vislabāk atbilst C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>OH (45 g/mol). Citas alternatīvas ir nedaudz mazāk precīzas, piem., C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>NH<sub>2</sub> (44 g/mol).

Tātad skābe varētu būt pienskābe CH<sub>3</sub>CHOHCOOH, kam ir R un S izomēri:



Tāpat tas atbilst HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH 3-hidroksipropānskābei:



8. Kādus pieņēmumus tu izmantoji? (1 punkts)

Skābe ūdenī tikpat kā nedisciē ( $i \approx 1$ ). Skābe nedisciē etanolā ( $i = 1$ , šis ir visai drošs pieņēmums)

9. Kādi varētu būt būtiskākie iemesli, kādēļ šķīdināšanu veica

- mazā daudzumā ūdens,
- lielākā daudzumā etanola

(1 punkts)

Šķīdināšanu veica mazā ūdens daudzumā, lai disociācijas pakāpe būtu pēc iespējas mazāka.

Būtiskākais iemesls, kāpēc šķīdināšanu veica lielākā etanola daudzumā ir ne pārāk augstā sāls šķīdība etanolā.



6. uzdevums. **Elementu virpulī** (Kopā 15 punkti)

Elements **X** normālos apstākļos veido astatlocekļu ciklu. **X** reaģējot ar gaiši dzeltenu gāzi **A** attiecībā 1:4 rodas dzeltens šķīdums **B**. Savienojumu **B** iespējams iegūt arī nedaudz citā veidā. Elementam **X** augstā temperatūrā reaģējot ar pelēku elementu **Y**, rodas caurspīdīgs šķīdums **C**, kas tālāk reaģējot ar gāzi **A** veido savienojumu **B**. Dzeltenajam šķīdumam **B** pievienojot sausu amonjaku iespējams iegūt dzeltenas krāsas savienojumu **D**, kas ir gaisā stabila sprāgstviela un satur 69,61 % elementa **X**, kā arī baltu kristālisku vielu **E**, kas satur 26,17 % slāpekļa un elementu **X**. Savienojumu **D** apstrādājot ar koncentrētu nātrija hidroksīda šķīdumu veidojās šķīstoši sāļi **F** un **G**, kas attiecīgi satur 29,11 % un 36,51 % nātrija, kā arī ūdenī šķīstošu gāzi **H**, kas satur 17,64 % ūdeņraža. Savienojumam **D**, gāzes fāzē saskaroties ar sudrabu, notiek reakcija, kurā rodas melna cietviela **I** un gāzveida vienkārša viela **Z**, kas neuztur degšanu. Ļoti zemā spiedienā (aptuveni 1 mm Hg) un 300 °C **I** katalizē savienojuma **D** pārvēršanos par savienojumu **J**, kas pastāv četrlcekļa cikla forma un kura elementa **X** procentuālais sastāvs ir tāds pats kā savienojumā **D**. Savienojums **J** eksplozīvi sadalās 30 °C temperatūrā, kā arī ir jūtīgs pret berzi. Savienojumu **C** uzlejot kālija skābajam sālim **K**, kas satur 54,17% kālija, veidojas kālija sāls **L**, kas ir līdzīgs attiecīgajam ogļskābes kālija sālim un satur 41,94 % kālija.

1. Uzraksti vienkāršo vielu **X**, **Y** un **Z** ķīmiskās formulas!

Burts	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Savienojums	S	C	N <sub>2</sub>

2. Uzraksti vielu **A-L** ķīmiskās formulas!

Burts	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Savienojums	Cl <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	CS <sub>2</sub>	S <sub>4</sub> N <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Burts	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>
Savienojums	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	Ag <sub>2</sub> S	S <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	KSH	K <sub>2</sub> CS <sub>3</sub>

7. uzdevums. “Sadod pa mizu” (Kopā 11 punkti)

Kāda tropu koka miza satur aromātisku vielu maisījumu, kas piedod vāju riekstu smaržu. Galvenā šī maisījuma sastāvdaļa ir esters **K**, kuru var iegūt no monokarbonskābes un monospirta. Sadedzinot **K**, veidojas tikai ogļskābā gāze un ūdens tvaiki.

**K** nešķīst ūdenī, taču 1,2367 gramus šī savienojuma kādā eksperimentā izšķīdināja 10,00 mL 1,000 M nātrija hidroksīda šķīdumā, intensīvi kratot. Tad šķīdumu titrēja ar 0,500 M sālsskābi fenolftaleīna klātbūtnē, iztērējot 8,35 mL titranta. Pēc titrēšanas iegūto šķīdumu sajauc ar metilēnhlorīdu jeb dihlorometānu (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) un sakratīja. Šis nepolārais šķīdinātājs tiek izmantots, lai ekstrahētu mazāk polāros savienojumus (kuri slikti šķīst ūdenī) no ūdens šķīdumiem. Pēc sakratīšanas mēs atdalām metilēnhlorīda slāni, kuram ir lielāks blīvums kā ūdenim, izmantojot dalāmo piltuvi un tad metilēnhlorīdu pilnīgi ietvaicējam. Pēc ietvaicēšanas iegūti 0,6301 gramu eļļas **L** ar patīkamu riekstu aromātu.



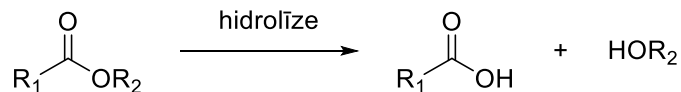
Tad ūdens šķīdumam pievienojam 10 mL 6 M sālsskābes. Izveidojas baltas, kristāliskas nogulsnes **M**. Nogulsnes nofiltrējot, izžāvējot un nosverot, iegūstam to masu – 0,7115 g.

Gan **L**, gan **M** reaģē ar bromu, ja kā katalizators tiek izmantots dzelzs pulveris vai dzelzs (III) sāļi. Piemēram, reakcijā ar **M** veidojas stipra skābe **N** un organisks savienojums **O**. Ja eļļu **L** samaisām un kratām kopā ar paskābinātu KMnO<sub>4</sub> šķīdumu, šķīdums atkrāsojas, kā arī veidojas kristāliska viela, kura ūdenī šķīst slikti. Pēc filtrēšanas un žāvēšanas iegūto kristālu kušanas temperatūra ir vienāda ar vielas **M** kušanas temperatūru.

1) Aprēķini estera **K** molmasu.

(2 punkti)

Hidrolīzes reakcijas vispārīga shēma:



Vispirms aprēķināsim, cik NaOH reakcijā tika iztērēts:

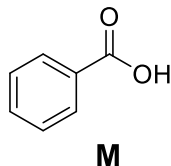
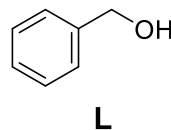
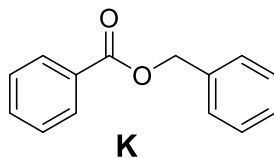
$$n(\text{NaOH})_{\text{reakc}} = n(\text{esteris}) = n(\text{NaOH}) - n(\text{NaOH})_{\text{pārākumā}} = 0,00835\text{L} \cdot 0,500\text{M} = 0,01000 \text{ mol} - 0,00418\text{mol} = 0,00582\text{mol}$$

$$n(\text{NaOH})_{\text{pārākumā}} = 0,01000\text{L} \cdot 1,000\text{M} = 0,01000\text{mol}$$

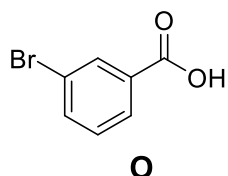
$$M(\text{esteris}) = m/n = 1,2367\text{g} / 0,00582\text{mol} = 212\text{g/mol}$$

2) Nosaki vielu **K** – **O** struktūras.

(5 punkti)

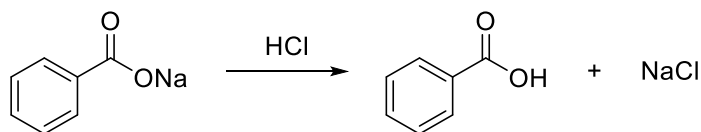


HBr  
**N**



3) Uzraksti vielas **M** izgulsnēšanas vienādojumu.

(1 punkts)



4) Vai kāda no iegūtajām vielām satur fenolftaleīnu kā piemaisījumu? Paskaidro.

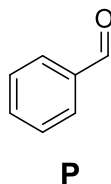
(1 punkts)

Fenolftaleīna abas formas šķīst ūdenī, tāpēc pamatā ekstrakcijā tas nonāks ūdens slānī, taču neliela daļa var palikt organiskajā šķīdinātājā, līdz ar to **L** var nedaudz saturēt fenolftaleīnu. Savukārt **M** nesaturēs vispār, jo **M** tiek iegūts ar izgulsnēšanu un filtrēšanu, fenolftaleīnu atstājot ūdenī.

Vielu **L** un **M** maisījumu var iegūt arī kādā oksidēšanās-reducēšanās vienādojumā, diviem moliem **P** reaģējot ar vienu molu NaOH.

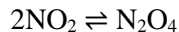
5) Nosaki savienojuma **P** struktūru.

(2 punkti)



8. uzdevums. **Krāsainā līdzsvara mežģos** (Kopā 20 punkti)

Ilze nolēma pētīt ķīmisko līdzsvaru starp  $\text{NO}_2$  un  $\text{N}_2\text{O}_4$ , izmantojot gaismas absorbciju. Zināms, ka  $\text{NO}_2$  gaismas absorbcijas maksimums ir pie 380 nm, kamēr  $\text{N}_2\text{O}_4$  redzamajā gaismas apgabalā absorbciju nenovēro. Ilze ņēma 2,00 L trauku, iepildīja tajā  $\text{NO}_2$  gāzi līdz spiedienam 2,50 bar pie 301 K temperatūrā. Ilze novēroja, ka, temperatūru paaugstinot, absorbcija pie 380 nm pieaug, un maksimālā tās vērtība, gaismu laižot caur 10,0 cm biežam gāzes slānim, ir 1,45. Tai pat laikā, temperatūru pazeminot, gaismas absorbcijas pie 380 nm vērtība nokrīt līdz 0. Šāds novērojums saistās ar ķīmisko līdzsvaru, notiekot reakcijai



1. Aprēķini  $\text{NO}_2$  molārās absorbcijas koeficientu  $\varepsilon$ . Ja nepieciešams, izmanto uzdevuma beigās doto informatīvo materiālu.

Aprēķinām  $\text{NO}_2$  iepildīto  $\text{NO}_2$  daudzumu un koncentrāciju:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{250 \cdot 2,00}{8,314 \cdot 301} = 0,200 \text{ mol}$$
$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,200}{2,000} = 0,100 \text{ mol/L}$$

Izmantojam maksimālo absorbcijas vērtību, un atrodam  $\text{NO}_2$  molārās absorbcijas koeficientu  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \frac{A}{l \cdot c} = \frac{1,45}{10,0 \cdot 0,100} = 1,45 \text{ L/(mol} \cdot \text{cm)}$$

2. Uzraksti dotās reakcijas līdzsvara konstantes K izteiksmi.

$$K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2}$$

3. Kā mainās reakcijas līdzsvara konstante K, palielinot temperatūru?

Tā kā palielinot temperatūru reakcijas maisījumā ir faktiski tikai izejviela, bet samazinot temperatūru – tikai produkts, palielinot temperatūru K vērtība **samazinās**.

Ilze trauku ar reakcijas maisījumu novietoja kādā temperatūrā, sagaidīja, līdz iestājas ķīmiskais līdzsvars, un nomērīja, ka gaismas absorbcija pie 380 nm ir 0,90.

4. Aprēķini  $\text{NO}_2$  un  $\text{N}_2\text{O}_4$  koncentrāciju (mol/L) šajā temperatūrā. Aprēķini reakcijas līdzsvara konstanti šajā temperatūrā. *Līdzsvara konstantes aprēķinā izmanto molārās koncentrācijas!*

Varam aprēķināt  $\text{NO}_2$  koncentrāciju no gaismas absorbcijas vērtības:

$$c = \frac{A}{l \cdot \varepsilon} = \frac{0,90}{10,0 \cdot 1,45} = 0,0621 \text{ mol/L}$$

$\text{NO}_2$  koncentrācija samazinājās par  $0,1000 - 0,0621 = 0,0379 \text{ mol/L}$

Reakcijas maisījumā  $\text{N}_2\text{O}_4$  radās 2 reizes mazākā koncentrācijā nekā patērētā  $\text{NO}_2$  koncentrācija (pēc koeficientiem reakcijas vienādojumā):

$$[\text{N}_2\text{O}_4] = \frac{[\text{NO}_2]_{\text{pat}}}{2} = \frac{0,0379}{2} = 0,01895 \text{ mol/L}$$

Varam aprēķināt reakcijas līdzsvara konstanti:

$$K = \frac{[0,01895]}{[0,0621]^2} = 4,91$$

Ilze rokasgrāmatā atrada, kādi ir reakcijā iesaistīto vielu termodinamiskie parametri:

Savienojums	$\Delta_f H^\circ_{298,15K}$ , kJ·mol <sup>-1</sup>	$S^\circ_{298,15K}$ , J·mol <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>
NO <sub>2(g)</sub>	+33.18	240.06
N <sub>2</sub> O <sub>4(g)</sub>	+9.16	304.29

5. Aprēķināt reakcijas entalpiju  $\Delta_r H^\circ$  un entalpiju  $\Delta_r S^\circ$  298,15 K temperatūrā!

$$\Delta_r H^\circ = \Delta_f H^\circ(\text{N}_2\text{O}_4) - 2 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{NO}_2) = 9,16 - 2 \cdot 33,18 = -57,2 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_r S^\circ = S^\circ(\text{N}_2\text{O}_4) - 2 \cdot S^\circ(\text{NO}_2) = 304,29 - 2 \cdot 240,06 = -175,83 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$$

6. Aprēķināt reakcijas Gibbsa enerģiju 298 K temperatūrā!

$$\Delta_r G^\circ_{298} = \Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ = -57200 - 298 \cdot (-175,83) = -4803 \text{ J/mol} = -4,80 \text{ kJ/mol}$$

7. Aprēķini temperatūru (°C), kurā abas vielas reakcijas maisījumā ir identiskā daudzumā! *Pieņem, ka reakcijas entropija un entalpija nav atkarīga no temperatūras!*

Būtiski ir pamanīt, ka, tā kā vielas līdzsvara konstantes vienādojumā nav ar vienu un to pašu pakāpi, identisks to daudzums nedos līdzsvara konstanti, kas vienāda ar 1. Tā vietā mums jāatrod kāds būs šis daudzums un jāaprēķina līdzsvara konstante.

Tā kā sākumā mums ir 0,100 mol/L NO<sub>2</sub>, un N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> veidojas 2x mazākā daudzumā nekā tiek patērēts NO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> un N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> koncentrācijas reakcijas maisījumā būs:

$$\text{NO}_2: 0,100 - 2x$$

$$\text{N}_2\text{O}_4: x$$

$$\text{Varam atrast, ka vienāda koncentrācija būs pie: } 0,100 - 2x = x \quad 3x = 0,100$$

$$x = 0,0333, \text{ kur tātad } c(\text{NO}_2) = c(\text{N}_2\text{O}_4) = 0,0333 \text{ mol/L, un līdzsvara konstante ir:}$$

$$K = \frac{[0,0333]}{[0,0333]^2} = 30,0$$

Tā kā Gibbsa enerģiju varam aprēķināt gan pēc vienādojuma  $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ$ , gan arī  $\Delta_r G^\circ = -RT \ln K$ , jāatrod temperatūra, kura abējādi aprēķinātās  $\Delta_r G^\circ$  padara vienādas:

$$\Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ = -RT \ln K$$

$$\Delta_r H^\circ = T \Delta_r S^\circ - RT \ln K$$

$$T = \frac{\Delta_r H^\circ}{\Delta_r S^\circ - R \ln K} = \frac{-57200}{-175,83 - 8,314 \cdot \ln 30,0} = 280,1 \text{ K}$$

$$T = 7,0 \text{ }^\circ\text{C}$$

8. Aprēķini temperatūru (°C), kādā Ilze bija novietojusi reakcijas maisījumu, kurā pēc līdzsvara iestāšanās gaismas absorbcija pie 380 nm bija 0,90. *Pieņem, ka reakcijas entropija un entalpija nav atkarīga no temperatūras!*

Izmantojam identisku risinājumu kā iepriekšējā solī, lietojot 4. punktā atrasto līdzsvara konstantes vērtību:

$$T = \frac{\Delta_r H^\circ}{\Delta_r S^\circ - R \ln K} = \frac{-57200}{-175,83 - 8,314 \cdot \ln 4,91} = 302,5 \text{ K}$$

$$T = 29,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

9. Aprēķini temperatūru ( $^\circ\text{C}$ ), pie kuras Ilze sākumā novēroja a) maksimālo absorbciju un b) nenovēroja itin nekādu absorbciju. Atrodot temperatūru, pie kuras novēro maksimālo absorbciju (a) uzdod zemāko temperatūru, kas atbilst situācijai, kurā reakcijas maisījumā ir  $<1,0\%$   $\text{N}_2\text{O}_4$ , savukārt atrodot temperatūru, pie kuras nenovēroja itin nekādu absorbciju (b) uzdod augstāko temperatūru, kas atbilst situācijai, kurā reakcijas maisījumā ir  $<1,0\%$   $\text{NO}_2$ . *Ignorē faktu, ka vielas dzesējot varētu pārvērsties par šķidrumiem! Pieņemiet, ka reakcijas entropija un entalpija nav atkarīga no temperatūras!*

Atrodam maisījuma sastāvu, kurā reakcijas maisījumā ir  $1,0\%$   $\text{N}_2\text{O}_4$ , lietojot 7. punktā dotos nezināmos:

$$0,100 - 2x = 99,0 \cdot x$$

$$0,100 = 101x$$

$$[\text{N}_2\text{O}_4] = x = 0,0009901 \text{ mol/L}$$

$$[\text{NO}_2] = 0,100 - 2 \cdot 0,0009901 = 0,09802 \text{ mol/L}$$

$$K = \frac{[0,0009901]}{[0,09802]^2} = 0,103$$

$$T = \frac{\Delta_r H^\circ}{\Delta_r S^\circ - R \ln K} = \frac{-57200}{-175,83 - 8,314 \cdot \ln 0,103} = 364,5 \text{ K}$$

$$T = 91,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

Atrodam maisījuma sastāvu, kurā reakcijas maisījumā ir  $1,0\%$   $\text{NO}_2$ , lietojot 7. punktā dotos nezināmos:

$$0,100 - 2x = \frac{1}{99,0} \cdot x$$

$$0,100 = 2,01x$$

$$[\text{N}_2\text{O}_4] = x = 0,04975 \text{ mol/L}$$

$$[\text{NO}_2] = 0,100 - 2 \cdot 0,04975 = 0,0004975 \text{ mol/L}$$

$$K = \frac{[0,04975]}{[0,0004975]^2} = 201000$$

$$T = \frac{\Delta_r H^\circ}{\Delta_r S^\circ - R \ln K} = \frac{-57200}{-175,83 - 8,314 \cdot \ln 201000} = 206,2 \text{ K}$$

$$T = -66,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

*Papildinformācija.* Gaismas absorbcijas ( $A$ ) atkarību no gaismu absorbējošās vielas koncentrācijas ( $c$ , mol/L) apraksta Bugēra-Lamberta-Bēra likums:

$$A = \varepsilon \cdot l \cdot c$$

kur  $\varepsilon$  ir molārās absorbcijas koeficients ( $\text{L}/(\text{mol} \cdot \text{cm})$ ) un  $l$  ir gaismas ceļa garums absorbējošajā vielā centimetros.