



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)

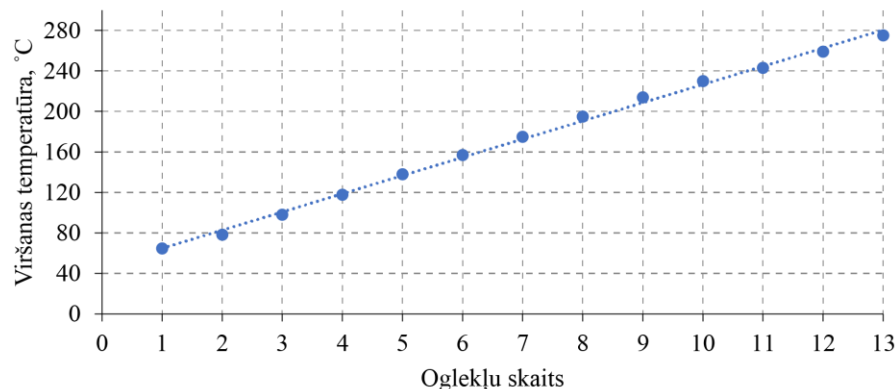
Savienojums **A** ir vienvērtīgs, nesazarots pirmējais spirts  $C_xH_yO_z$ , kura tvaiku relatīvais blīvums pret gaisu ir 6,43. Sadedzinot 1 g savienojuma **A** iegūst 1,442 L  $CO_2$  un 1,256 g ūdens.

- Nosaki savienojuma **A** molekulformulu!

$C_{12}H_{26}O$

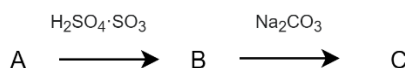
- Kāda ir savienojuma **A** šķīdība ūdenī?
  - Šķīst neierobežoti
  - Šķīst
  - Praktiski nešķīst** (gara alkilķēde un tikai viena polāra OH grupa)
- Izmanto doto grafiku un nosaki savienojuma **A** viršanas temperatūru:

Vienvērtīgu nesazarotu pirmējo spirtu viršanas temperatūra atkarībā no oglekļu skaita molekulā

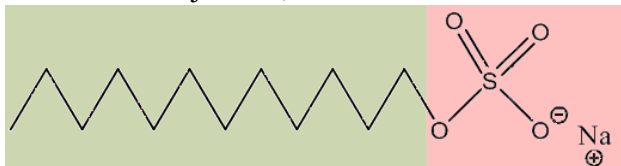


Savienojuma **A** viršanas temperatūra ir **260 °C**.

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**.

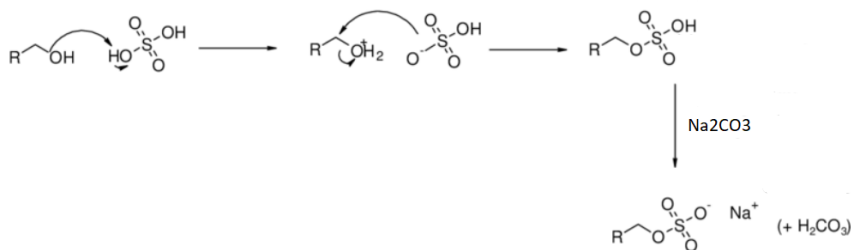


4. Savienojums **B** pēc uzbūves ir:
- Karbonskābe
  - Esteris**
  - Sērskābes sāls
5. Savienojums **C** ir *anjonu/katjonu/nejonu* virsmaktīvā viela. Savienojumam ir hidrofilā daļa, kas atbild par tā spēju šķīst *polāros/nepolāros* šķīdinātājos un hidrofobā daļa, kas atbild par tā spēju šķīdināt *polāras/nepolāras* 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. **Savādaais 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** –  $\text{H}_2\text{S}$

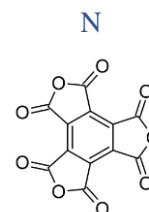
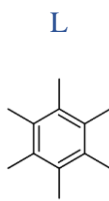
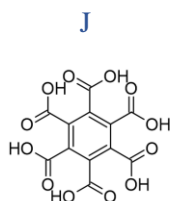
**N** –  $\text{C}_{12}\text{O}_9$

**E** –  $\text{AlO}(\text{OH})$

**I** – **PbS**

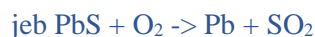
2. Uzzīmē struktūrformulas vielām **J, L, N**.

(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)

- Aizvietošanās
- Oksidēšanās – reducēšanās**
- Dehidratācijas
- Apmaiņas

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

(0,5 punkti)

- Tas satur ļoti retu elementu
- Tas ir radioaktīvs
- Tas ir organiskas skābes sāls**
- 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)*

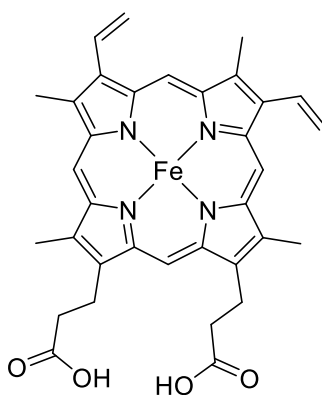
$m(\text{C}_{12}\text{O}_9) = 2,88$  g

### 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 ( $\text{HbO}_2$  jeb  $\text{O}_2\text{Hb}$ ) 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).



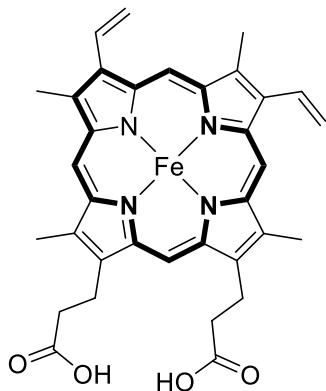
- 1) Nosakiet attēlā parādītajam kompleksam dzelzs oksidēšanās pakāpi, ja zināms, ka viss komplekss ir elektroneitrāls. (1 punkts)

+2

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

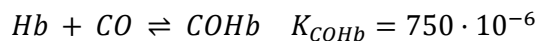
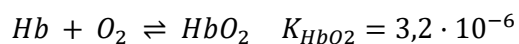
- a) monodentāts
- b) bidentāts
- c) tridentāts
- d) tetradentāts**
- e) pentadentāts
- f) heksadentāts

- 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 porfirīna gredzena).

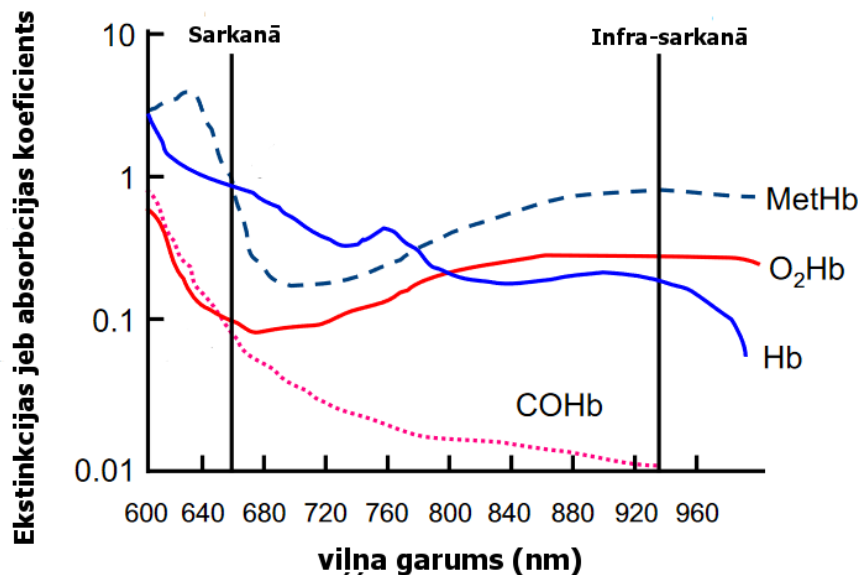
Tvana gāze ir toksiska, jo tā ar hemoglobīnu saistās daudz labāk nekā skābeklis, līdz ar to samazinot skābekļa apgādi organismam. Apskatīsim divas vienkāršotas līdzsvara reakcijas: Hemoglobīna (Hb) saistību ar skābekli un hemoglobīna saistību ar tvana gāzi, veidojot karboksihemoglobīnu (COHb).



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  $\text{pH} = 9$ .

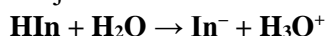
Indikatora šķīduma precīzas pH vērtības noteikšanai ir iespējams izmantot UV/Vis spektrofotometriju. Absorbcijas mērījumus apraksta Bēra likums:

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

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.

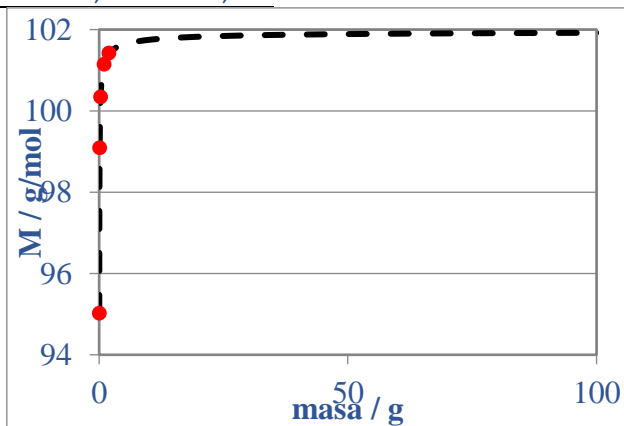
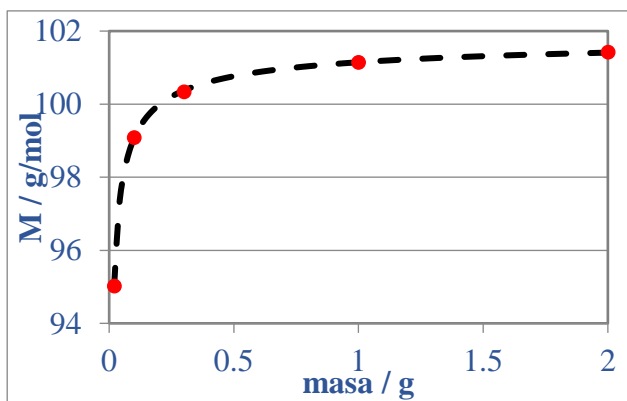
$m_v / g$	2,000	1,000	0,3000	0,1000	0,0200
$T_{sas} / ^\circ C$	-0,3654	-0,1832	-0,0554	-0,0187	-0,0039

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 otros 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:

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

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

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

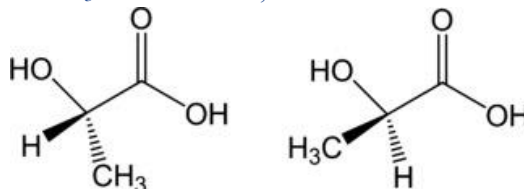
Skābes daļa, kas izreaģēja, ir vienāda ar sāls mola daļu:

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

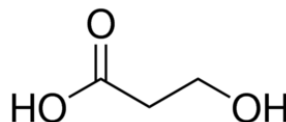
7. Kas šī varētu būt par skābi? Uzzīmē tas struktūrformulu! Norādi izomērus, ja tādi iespējami!  
(2 punkti)

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-hidroksi propānskābei:



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 virpuļi* (Kopā 15 punkti)

Elements **X** normālos apstākļos veido astatņlocekļu 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 četřlocekļa 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 dihlormetānu (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.



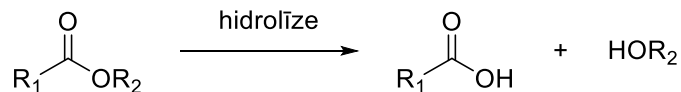
Tad ūdens šķīdumam pievienojam 10 mL 6 M sālsskābes. Izveidojas baltas, kristāliskas nogulsnes **M**. Nogulsnes nofiltrējot, izžāvējot un nosverot, iegūstam to masu – 0,7115 g.

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:



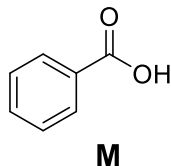
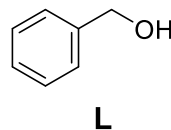
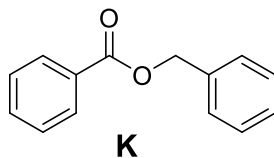
Vispirms aprēķināsim, cik NaOH reakcijā tika iztērēts:

$$n(\text{NaOH})_{\text{reakc}} = n(\text{esteris}) = n(\text{NaOH}) - n(\text{NaOH}_{\text{pārākumā}}) = 0,01000 \text{ L} * 1,000 \text{ M} - 0,00835 \text{ L} * 0,500 \text{ M} = 0,01000 \text{ mol} - 0,00418 \text{ mol} = 0,00582 \text{ mol}$$

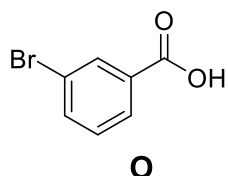
$$M(\text{esteris}) = m/n = 1,2367 \text{ g} / 0,00582 \text{ mol} = 212 \text{ g/mol}$$

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

(5 punkti)

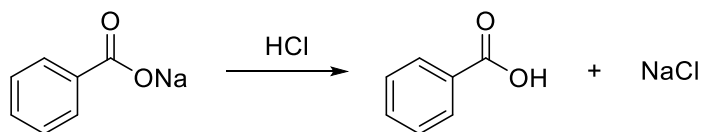


HBr  
**N**



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

(1 punkts)



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

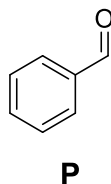
(1 punkts)

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.

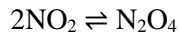
(2 punkti)





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:

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

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

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

$x = 0,0333$ , 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.