



## 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.

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

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

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

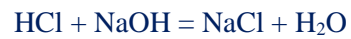
$$y=4 \quad M(\text{Me})=220 \quad \text{oksīds} - \text{MeO}_2 \quad \text{atbilst? } \text{nē}$$

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)

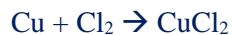
Piemēram, termiski sadalot kālija perhlorātu  $\text{KClO}_4 \rightarrow \text{KCl} + 2 \text{O}_2$

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 (pārsvārā 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)

Vispārīgs vienādojums:  $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$

- 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 pārkumā. (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,

