



I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu
attīstībai

Valsts 60. ķīmijas olimpiādes uzdevumi 11. klasei

Kopā: 98 punkti

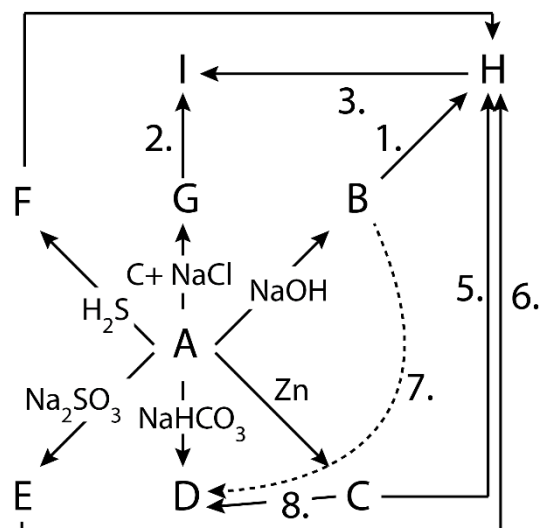
1. uzdevums

Izgulsnējam!

11 punkti

4.

No kāda zila sulfāta **A** šķīduma ar dažādiem reaģentiem iespējams izgulsnēt 6 dažādas ķīmiskas vielas. **A** reakcijā ar nātrija hidroksīdu iegūst zaļgani zilās nogulsnes **B**. Ar cinku iegūst sarkanīgas nogulsnes **C**, kuras nešķīst sālskābē. Ar nātrija hidroģēnkarbonātu iegūst zaļas nogulsnes **D**, ko izmanto kā pigmentu. Reducējot ar nātrija sulfīta šķīdumu iegūst sarkanīgas nogulsnes **E**. Ar sērūdeņradi iegūst melnas nogulsnes **F**, savukārt reducējot ar **C** nātrija hlorīda klātienē iegūst baltas nogulsnes **G**. Karsējot **B** (1. reakcija) iegūst **H**, savukārt **G** reakcijā ar sālskābi skābekļa klātienē iegūst **I** (2. reakcija).

1. Kādas ir **A – I** ķīmiskās formulas?A = CuSO₄B = Cu(OH)₂

C = Cu

D = Cu₂CO₃(OH)₂E = Cu₂O

F = CuS

G = CuCl

H = CuO

I = CuCl₂

Par katru formulu 0,5 punkti, kopā 4,5 punkti.

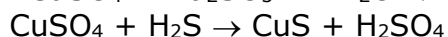
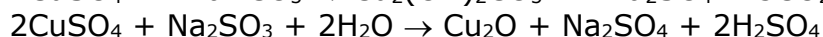
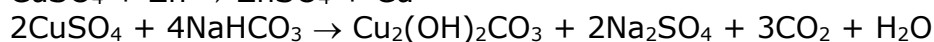
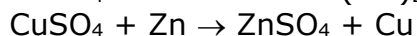
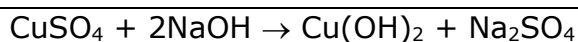
2. Kādi reaģenti jālieto reakciju 3. – 8. realizēšanai?

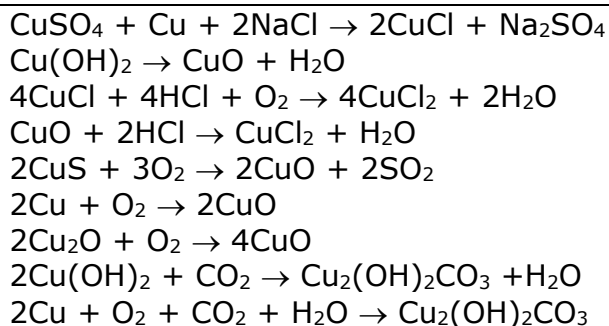
3. = HCl

4. = O₂5. = O₂6. = O₂7. = CO₂8. = O₂ + H₂O = CO₂

Par katru 0,5 punkti, kopā 3 punkti.

3. Uzraksti visu aprakstīto ķīmisko reakciju vienādojumus!





Par katru reakciju 0,25 punkti, kopā 3,5 punkti.

2. uzdevums**Varalīze****12 punkti**

Kaspariņš ņēma vara (II) sulfātu, izšķīdināja to nelielā daudzumā karsta ūdens, pievienoja piesātinātu amonjaka šķīdumu. Pēc etanola pievienošanas novēroja tumši zilās kristāliskas vielas **A** veidošanos.

Kaspariņš nofiltrēja vielu **A** un žāvēja gaisā, un pēcāk nolēma noteikt tās ķīmisko sastāvu. Šim nolūkam viņš sākumā ņēma 0,850 g iegūto kristālu, izšķīdināja tos 6 M slāpekļskābes, pa pilienam pievienoja svina (II) acetāta šķīdumu novērojot baltu nogulšņu veidošanos. Pilināšanu pārtrauca, kad jaunu nogulšņu veidošanos vairs nenovēroja. Pēc filtrēšanas un izžāvēšanas balto nogulšņu masa bija 1,05 g.

1. Par kādu jonu klātieni liecina veiktais eksperiments.

Sulfāta SO_4^{2-}

0,5 punkti

2. Kāds ir šo jonu masas daļa savienojumā **A**?

$$\begin{aligned} n(\text{SO}_4^{2-}) &= n(\text{PbSO}_4) = \frac{m}{M} = \frac{1,05}{303,26} = 0,00346 \text{ mol} \\ m(\text{SO}_4^{2-}) &= n \cdot M = 0,00346 \cdot 96,06 = 0,332 \text{ g} \\ w(\text{SO}_4^{2-}) &= \frac{m(\text{SO}_4^{2-})}{m(\text{par})} = \frac{0,332}{1,05} = 0,316 \end{aligned}$$

1,5 punkti

Tad Kaspariņš ņēma svaigus 0,100 g iegūtos zilos kristālus, izšķīdināja tos ūdenī, pievienoja pāris pilienus metiloranža un titrēja ar sālsskābes šķīdumu intensīvi maisot. Stehiometriskā punkta sasniegšanai Kaspariņš patērēja 16,32 mL sālsskābes šķīduma. Interesanti, ka titrēšanas laikā šķīduma krāsa mainās no tumši zilās uz zilganzaļu, tad gaiši zaļu, tuvojoties stehiometriskajam punktam uz dzeltena, līdz pēc stehiometriskā punkta sasniegšanas strauji uz oranžu.

3. Kādas daļiņas tiek noteiktas ar šo eksperimentu.

Titrējot ar skābi nosaka bāziskā amonjaka NH_3 daudzumu.

1 punkts

4. Ar kādām ķīmiskām pārvērtībām saistāmā aprakstītā krāsas maiņa?

Titrējot tiek samazināts šķīdumā esošais amonjaka daudzums:



Tas rezultējas ar vara (II) tetraamino kompleksa pakāpenisku sadalīšanos, piem.:



Krāsas maiņa no dzeltenas uz oranžu saistāma ar metiloranža krāsu skābā vidē, kad viss amonjaks ir notitrēts.

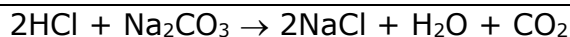
1 punkts

Titrēšanā lietotās sālsskābes standartizēšanai pirms tam Kaspariņš bija patērējis 10,50 mL, lai notitrētu nātrija karbonāta šķīdumu, kas pagatavots ņemot 0,0555 g.

5. Kādēļ standartizēšanai netiek izmantots, piem., nātrija hidroksīda šķīdums?

Nātrija hidroksīds nav standartviela – tas no gaisa saistīs CO₂, pārvēršoties par nātrija karbonātu. 0,5 punkti

6. Kāda ir titrēšanā lietotās sālsskābes koncentrācija?



$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{karb}) = 2 \frac{m(\text{karb})}{M(\text{karb})} = 2 \frac{0,0555}{105,99} = 0,00105 \text{ mol}$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{n}{V} = \frac{0,00105}{0,0105} = 0,100 \text{ M}$$

1 punkts

7. Kāds ir nosakāmo daļiņu masas daļa paraugā?

$$n(\text{NH}_3) = n(\text{HCl}) = c \cdot V = 0,100 \cdot 0,01632 = 0,001632 \text{ mol}$$

$$m(\text{NH}_3) = n \cdot M = 0,001632 \cdot 17,04 = 0,0278 \text{ g}$$

$$w(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3)}{m(\text{par})} = \frac{0,0278}{0,100} = 0,278$$

1 punkts

Visbeidzot Kaspariņš ņēma 0,500 g **A**, izšķīdināja 10 mL 1 M slāpekļskābes un atšķaidīja līdz atzīmei 25 mL mērkolbā. Šim šķīdumam gaismas absorbcija pie 645 nm bija 0,857. Analogi, ņemot 0,500 g **A**, izšķīdinot 10 mL 1 M slāpekļskābes, papildus pievienojot 1,00 mL 50,0 mg/mL vara (II) nitrāta standartšķīduma un atšķaidot līdz atzīmei 25 mL mērkolbā, iegūtā šķīduma gaismas absorbcija pie 645 nm ir 1,188.

8. Kāda ir vara masas daļa savienojumā **A**?

Vara (II) jonu masa pievienotajā standartšķīdumā bija 50,0 mg, savukārt vara (II) jonu masa no parauga ir x .

Tā kā abus šķīdumus atšķaida līdz 25 mL, absorbcijai varam izmantot:

$$x \rightarrow 0,857$$

$$x + 50,0 \rightarrow 1,188$$

Līdz ar to varam secināt, ka 50,0 mg vara dos absorbciju $1,188 - 0,857 = 0,331$

Tad varam rakstīt, ka:

$$50,0 - 0,331$$

$$x - 0,857$$

$$\text{Un pēc krusta likuma atrast, ka } x = \frac{50,0 \cdot 0,857}{0,331} = 129,5 \text{ mg}$$

$$\text{Tātad vara (II) jonu masas daļa ir } w(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{m(\text{par})} = \frac{0,1295}{0,500} = 0,259$$

1,5 punkti

9. Kāda ir **A** formula? Kāds ir tā nosaukums?

Varam sarēķināt, ka bez vara(II), SO₄²⁻ un NH₃ pāri palikusī masas daļa ir $1 - 0,391 - 0,259 - 0,278 = 0,072$. Tā kā sintēzē bez šīm daļiņām pieejams ir tikai ūdens, šī ir **H₂O** masas daļa. 1 punkts

Tad varam sarēķināt katras daļiņas molāro attiecību:

$$n(\text{Cu}) = \frac{0,259}{63,55} = 0,00408 \text{ mol}$$

$$n(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{0,391}{96,06} = 0,00407 \text{ mol}$$

$$n(\text{NH}_3) = \frac{0,278}{17,04} = 0,0163 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,072}{18,02} = 0,00400 \text{ mol}$$

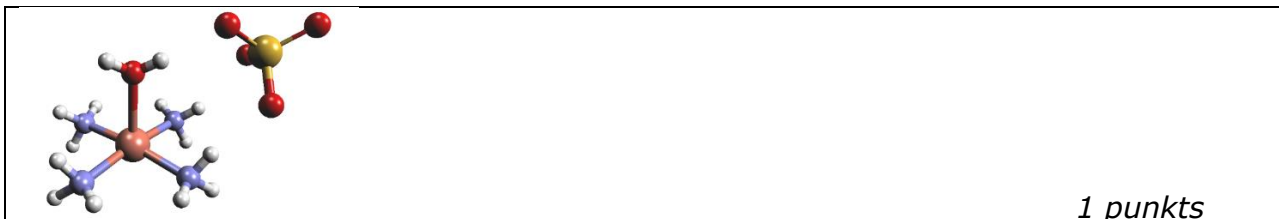
Tad varam atrast savienojuma veidojošo elementu attiecību:

$$n(\text{Cu}):n(\text{NH}_3):n(\text{SO}_4):n(\text{H}_2\text{O}) = 1:4:1:1$$

Līdz ar to savienojums ir $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ jeb korektāk $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})]\text{SO}_4$. Tā nosaukums vara(II) tetraamīnaka sulfāts (jeb vara(II) tetraamīn sulfāta monohidrāts).

2 punkti

10. Telpiski attēlojiet **A** uzbūvi.



1 punkts

3. uzdevums

Pieci metāli sakausējumā stāv

12 punkti

Metāls **A**, ko bieži izmanto sacīkšu motociklu ražošanā, tīrā veidā tiek iegūts tā hlorīdu **F** apstrādājot ar metālu **B** argona atmosfērā. Plaši vēl arī tiek izmantots metāla **A** dioksīds, kurā metāla **A** masas daļa procentos ir 59,93%. Masas daļa procentos metālam **A** hlorīdā **F** ir 25,24%. Interesanti pieminēt to, ka **F** tiek lietots kā Ciglera-Natas katalizators. Metālu **B** agrāk izmantoja kā sastāvdaļu zibšņpulverī, ko izmantoja, lai fotografējot iegūtu spilgtu gaismu. Vēl metāls **B** ir atrodams hlorofīla sastāvā. Metāls **B** spēj sadegt atrodoties CO_2 atmosfērā, veidojot oksīdu **Z**, kur **B** masas daļa ir 0,6030. Metālu **C** brīvā veidā var iegūt termiski sadalot kompleksu **X**. Sadalot 170,73g **X** rodas 4 moli indīgas gāzes, kas rodas no nepilnīgas sadegšanas, un 1 mols metāla **C**. Metāls **D** var brīvā veidā iegūt tā oksīdu **H** apstrādājot ar metālu **B**. Metāla **D** masas daļa procentos dzeltenajā oksīdā **H** ir 56,02%. Interesants fakts arī ir tas, ka **H** izmanto kā katalizatoru sērskābes ražošanā. Metālam **E** savienojumos stabilākās oksidēšanās pakāpes ir +3 un +6. Brīvā veidā to var iegūt, veicot termīta reakciju ar **E** saturošu oksīdu **Y**, reakcijā papildus rodoties arī alumīnijam. Masas daļa procentos metālam **E** oksīdā **Y** ir 68,42.

1. Uzraksti aprakstītos reakcijas vienādojumus un nosaki metālus **A**, **B**, **C**, **D**, **E**.

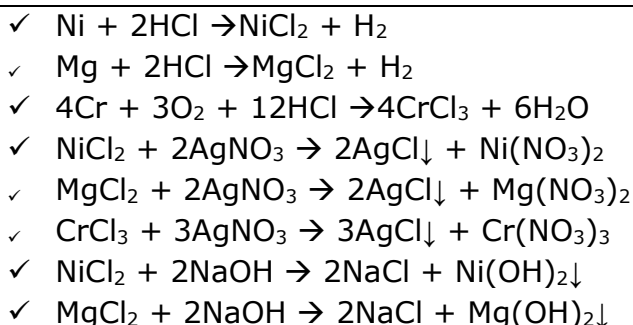
- A-Ti B-Mg C-Ni D-V E-Cr F-TiCl₄ X-Ni(CO)₄ H-V₂O₅ Y-Cr₂O₃ Z-MgO
Par katru formulu 0,5 punkti, kopā 5 punkti
- $\text{TiCl}_4 + \text{Mg} \rightarrow \text{Ti} + 2 \text{MgCl}_2$
- $2\text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{MgO} + \text{C}$
- $\text{Ni}(\text{CO})_4(t^\circ) \rightarrow \text{Ni} + 4\text{CO}\uparrow$
- $\text{V}_2\text{O}_5 + 5\text{Mg} \rightarrow 2\text{V} + 5\text{MgO}$
- $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow 2\text{Cr} + \text{Al}_2\text{O}_3$

Kopā 1 punkts.

Apstrādājot 100,000g triviāla piecu metālu kausējumu, kas sastāvs no tiem pašiem metāliem **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, ar ļoti atšķaidītu sālsskābi pārākumā gaisa atmosfērā, veidojās šķīdums, bet viss metāls neizšķīda un 34,123 g palika nogulsnēs. Iegūto šķīdumu nofiltrēja, ietvaicēja, lai atbrīvotos no sālsskābes pārpalikuma un ietvaicēto cieto atliku izšķīdināja ūdenī. Ūdens šķīdumam pievienoja AgNO_3 šķīdumu un veidojās

489,4192 g nogulšņu. Apstrādājot tādu pašu ūdens šķīdumu ar NaOH šķīdumu ieguva nogulsnes, kuras nofiltrējot un izkarsējot ieguva 74,431g cietā atlikuma.

2. Noteikt **A, B, C, D, E**, masas daļu procentos sākotnējajā metāla paraugā, ja zināms, ka 34,123 g nogulšņu satur tikai divus no metāliem vielas daudzumu attiecībā 1:1,35677.



Sistēma, kas jāatrisina:

$$\begin{aligned} 65.877 &= 58.693n_{\text{Ni}} + 24.305n_{\text{Mg}} + 51.996n_{\text{Cr}} \\ 489.422 &= 286.64n_{\text{Ni}} + 286.64n_{\text{Mg}} + 429.96n_{\text{Cr}} \\ 74.431 &= 92.724 \cdot n_{\text{Ni}} + 58.320n_{\text{Mg}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W\%(\text{Ni}) &= 28.856\text{g} \cdot 100/100 = 28.856\% & W\%(\text{Mg}) &= 12.021\text{g} \cdot 100/100 = 12,021\% \\ W\%(\text{Cr}) &= 25.000\text{g} \cdot 100/100 = 25,000\% & W\%(\text{V}) &= 15.000\text{g} \cdot 100/100 = 15.000\% \\ W\%(\text{Ti}) &= 19.123\text{g} \cdot 100/100 = 19.123\% \end{aligned}$$

Kopā 6 punkti

4. uzdevums

Senioru izpriecās

13 punkti

Kāda veca universitātes darbiniece, ejot pensijā, nolēma tomēr nešķirties no savas mīļākās ķīmiskas vielas, tālab viņa mājās naktsskapītī glabāja vielu **A**, kas ir kādu metālu **X** saturošs hlorīds. **A** iegūst šī metāla oksīda **B** reakcijā ar sālsskābi, iegūto šķīdumu ietvaicējot. Šai reakcijā papildus rodas tikai ūdens. Metāla **X** masas daļa sāļi **A** ir 69,82 %.

B iegūst 500 °C ar skābekli oksidējot šī metāla oksīdu **C**, kurā metāls eksistē divās dažādās oksidēšanās pakāpēs un metāla masas daļa ir 84,8%. **C** iegūst ar skābekli oksidējot metāla stabilāko oksīdu **D**, kurš dažviet sastopams arī dabā. Tieši **D** rodas, **X** reakcijā ar ūdeni 150 °C. Ja šādi oksidē 1,000 g metāla **X**, reakcijā izdalītā ūdeņraža tilpums 295,6 kPa spiedienā 150 °C ir tieši 0,100 L.

1. Kas ir metāls **X**? Uzraksti **D** ķīmisko formulu!

Sākotnēji varam domāt, ka **A** ir metāla **X** hlorīds XCl_n .

Metāla masas daļa tajā būtu $w_X = \frac{A(X)}{A(X) + nA(\text{Cl})}$

Tātad varam izteikt metāla atommasu:

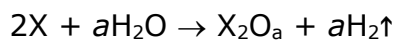
$$A_X = \frac{n w_X A_{\text{Cl}}}{1 - w_X} = n \frac{0,6982 \cdot 35,45}{1 - 0,6982} = 82,01n$$

n	A
1	82.01
2	164.02

3 246.03

Diemžēl šāda analīze mums nedod nevienu derīgu rezultātu. Rūpīgāk apskatot uzdevuma tekstu varam ievērot, ka nav teikts, ka **A** ir metāla hlorīds, bet hlorīds, kurš satur šo metālu, līdz ar to tā ķīmiskā formula būs sarežģītāka.

Uzticamāks metāla noteikšanai ir tā oksīds **D**, kas rodas metāla reakcijā ūdeni:



Kur pie pāra pakāpēm formula un vienādojums jādala ar 2.

Atrodam ūdeņraža daudzumu:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{295,6 \cdot 0,100}{8,314 \cdot (273,15 + 150)} = 0,008402 \text{ mol}$$

Tātad metāla daudzums attiecīgi būs $\frac{2}{a} \cdot 0,008402 \text{ mol}$ un metāla atommasa attiecīgi:

$$A_x = \frac{m}{n} = \frac{1,000}{\frac{2}{a} \cdot 0,008402} = 59,51 \cdot a$$

a	A	
1	59.51	
2	119.02	Sn
3	178.53	Hf
4	238.04	U

Lai gan nosacījumiem atbilst arī Sn un Hf, SnO nav tā stabilākais oksīds (un tālāk nav iespējams iegūt eksistējošus savienojumus), savukārt Hf₂O₃ neeksistē. Tātad meklētais oksīds **D** ir **UO₂** un metāls **X** ir **U**. 5 punkti

2. Uzraksti **A** ķīmisko formulu!

Oksīdam reaģējot ar sālsskābi var veidoties vai nu metāla hlorīds, vai dažiem elementiem arī oksianjonu hlorīdi. Tātad šai gadījumā tas būtu UO_bCl_c. Varam noteikt, ka kopējā O_bCl_c molmasa ir:

$$M = \frac{A_U w_{OCl}}{w_U} = \frac{238,03 \cdot (1 - 0,6982)}{0,6982} = 102,89 \text{ g/mol}$$

Varam pārbaudīt, cik pie katras **c** vērtības ir **b** vērtība, iegūstot:

c	b
1	4.215
2	1.999375
3	-0.21625

Redzam, ka vienīgā derīgā kombinācija ir 2 un 2, līdz ar ko **A** = UO₂Cl₂. 2 punkti

3. Uzraksti **B** un **C** ķīmiskās formulas! Kāda ir **X** oksidēšanās pakāpe oksīdā **C**.

Ja metāla oksīdu **D** pierakstam kā UO_d, tad

$$A_U = 84,8\%$$

$$dA_O = 15,2\%$$

varam noteikt, ka **d** ir:

$$d = \frac{A_U \cdot 15,2}{84,8 \cdot A_O} = \frac{238,03 \cdot 15,2}{84,8 \cdot 16,00} = 2,666$$

Varam redzēt, ka veselus skaitļus iegūstam pie formulas **U₃O₈**, kas arī ir **C**.

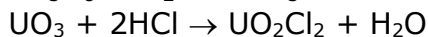
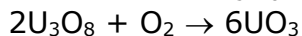
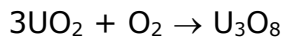
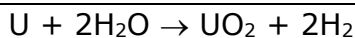
Tā kā oksidēšanās pakāpes būs +4 vai augstākas, varam pārbaudīt iespējamās kombinācijas.

Ja ņemam UO₂ kā vienu no daļām, otra daļa paliek U₂O₆, kas nederēs, jo saīsinās uz UO₃.

Nemot U_2O_5 pāri paliek UO_3 , kas arī ir pareizā atbilde, līdz ar to oksidēšanās pakāpes ir **+5** un **+6**.

Oksidējot šo oksīdu iegūsim **UO_3** , kas ir **B**. 3 punkti

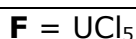
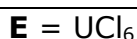
4. Uzraksti aprakstīto ķīmisko reakciju vienādojumus.



Kopā 1 punkts

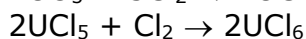
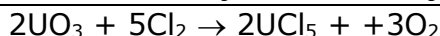
Metāla **X** hlorīds **E**, kurā **X** oksidēšanās pakāpe ir tāda pati kā **A**, ir stabils tikai inertā atmosfērā. To iegūst sākotnēji ar hloru apstrādājot **B**, iegūstot **X** hlorīdu **F**, kurā **X** oksidēšanās pakāpe ir par 1 mazāka, un to tālāk karsējot ar hloru, tādejādi iegūstot **E**.

5. Uzraksti **E** un **F** ķīmiskās formulas!



Kopā 1 punkts

6. Uzraksti ķīmisko reakciju vienādojumus!



Kopā 1 punkts

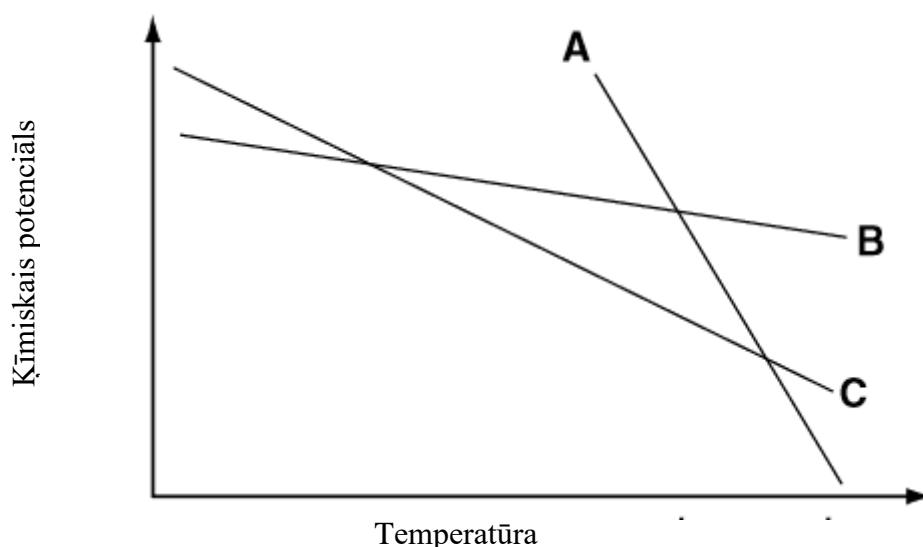
5. uzdevums

Pavasara baltie ceļi

13 punkti

Lai novērstu ceļu un ietvju apledošanu, Latvijā un citviet ziemā kaisa sāli (vai sāļu maisījumus). Šķīduma sasaldēšanas temperatūra atšķiras no tīra ūdens un ir viena no šķīduma koligatīvajām īpašībām, kas ir atkarīgas tikai no relatīvā šķīdinātāja molekulu un izšķīdušo jonu daudzuma nevis no to dabas.

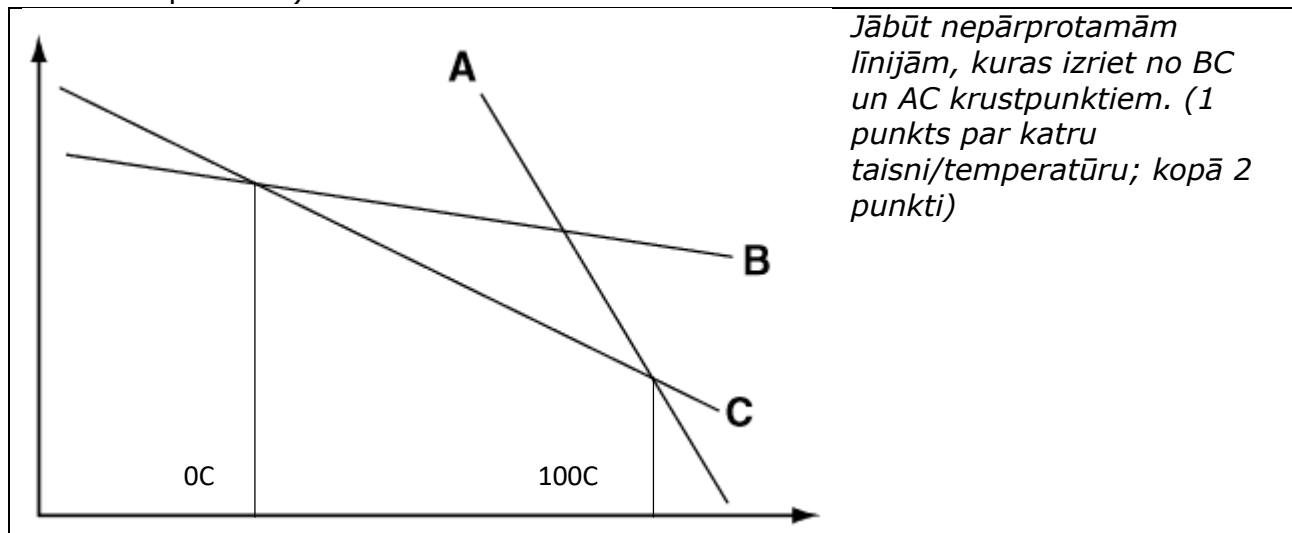
Vielas vai šķīdinātāja pastāvošo fāzi konkrētā temperatūrā apraksta ķīmiskais potenciāls (μ). Visstabilākā fāze konkrētā temperatūrā ir tā, kurai ir viszemākais ķīmiskais potenciāls. Attēlā zemāk ir parādīts, kā tīra ūdens trim fāzēm (pie standarta spiediena) atkarībā no temperatūras mainās ķīmiskais potenciāls. Katra taisne atbilst vienas konkrētas fāzes izmaiņām (cietai, šķidrai vai gāzei).



1. Noteikt, kura līnija atbilst kurai ūdens fāzei.

A – ūdens tvaiks (gāze), B – ledus (cieta), C – ūdens (šķidra)
 (1 punkts tikai, ja visi 3 pareizi)

2. Grafikā nepārprotami atzīmēt divas zināmas temperatūras, kuras atbilst ūdens ķīmiskā potenciāla atkarībai no temperatūras (pie standarta spiediena).

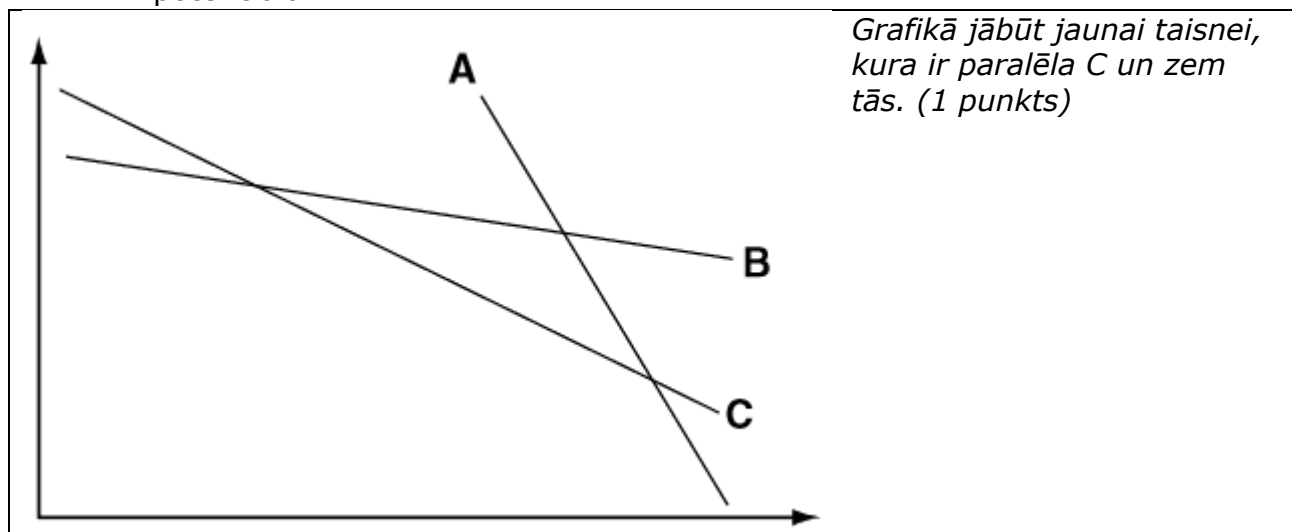


Sāls klātesamība ietekmē ķīmisko potenciālu. Tiek pieņemts, ka sāls izšķīst tikai ūdens šķidrā fāzē, tādējādi neietekmējot cietās un gāzes fāžu ķīmiskos potenciālus. Šķidrās fāzes ķīmisko potenciālu sāls šķīdumam konkrētā temperatūrā apraksta:

$$\mu_{\text{šķiduma}} = \mu_{\text{tīra ūdens}} + RT \ln x_{\text{ūdens}}, \text{ kur}$$

$x_{\text{ūdens}}$ – ūdens mola daļa sāls šķīdumā; R – ideālas gāzes konstante, T – temperatūra (K).

3. Zemāk esošajā grafikā iezīmē taisni, kas atbilst sāls šķīduma ķīmiskajam potenciālam.



4. Nosaki, kā sāls šķīdums ietekmēs viršanas temperatūru (pie vienāda spiediena) relatīvi pret tīru ūdeni.
- Zemāks kā ūdenim

- Tāds pats kā ūdenim
- **Augstāks kā ūdenim** (1 punkts)

Kopējo jonu moldaļu šķīdumā var aprēķināt kā:

$$x_i = \frac{\text{anjonu molu daudzums} + \text{katjonu molu daudzums}}{\text{ūdens molu daudzums} + \text{katjonu molu daudzums} + \text{anjonu molu daudzums}}$$

5. Izmantojot tīra ūdens blīvumu 1,00 g/mL aprēķini tā koncentrāciju mol/L.

Varam pieņemt, ka $V=1\text{L}$, tādējādi $m(\text{ūdens})=1000\text{g}$. $M(\text{ūdens})=18\text{ g/mol}$
 $C=m/(M*V)=1000\text{g}/(18\text{ g/mol}*1\text{L})=55,5=56\text{ mol/L}$ (1 punkts)

6. Aprēķini kopējo jonu moldaļu (x_i) 3,00 M NaCl šķīdumā. Pieņem, ka, šķīdinot sāli, šķīduma kopējais tilpums nemainās.

Vielas daudzums ir proporcionāls koncentrācijai šķīdumā, tādēļ vieglāk rēķināt koncentrācijās.
 $C(\text{NaCl})=3,00\text{ M}$
 $C(\text{kopējo jonu})=6,00\text{ M}$
 $C(\text{ūdens})=56\text{ M}$
 $X_i=6/(56+6)=0,10$ (1 punkts)

Sāļu šķīdumu sasaušanas temperatūru pie dažādām koncentrācijām var pietuvināti noteikt ar zemāk doto vienādojumu:

$$\Delta T = \frac{x_i RT_{kuš}^2}{\Delta_{kuš} H^\circ}, \text{ kur}$$

ΔT - sasaušanas punkta pazeminājums; x_i - kopējo jonu moldaļa; $T_{kuš}$ - tīra ūdens kušanas temperatūra (K), $\Delta_{kuš} H^\circ$ - tīra ūdens kušanas standartentalpijas izmaiņa, kas ir 6,01 kJ/mol.

7. Aprēķini ΔT un sasaušanas temperatūru 3,00 M NaCl šķīdumam.

$\Delta T = (0,10*8,314*273^2)/6010=10,1^\circ\text{C}$
 $T_{\text{šķ}}=-10,1^\circ\text{C}=263,05\text{K}$
*(ja $\Delta T = \{10,0; 10,3\}$, tad 2 punkti; ja entalpija izmantota kJ nevis J, tad viens punkts; par 2 zīmīgo skaitļu lietošanu -0,5p; ja kļūda pārnesas no 6. punkta, tad maksimālie punkti, ja $\Delta T=103*x_i$)*

8. Uz ceļiem faktiski sāls ir lielā pārākumā, tādējādi maksimālo sasaušanas temperatūras pazeminājumu stipri ietekmē maksimālā sāls šķīdība ūdenī pie zemām temperatūrām. Viskonzentrētākie NaCl šķīdumi paliek šķidri līdz pat $-21,1^\circ\text{C}$. Aprēķini NaCl koncentrāciju (M) šajā šķīdumā.

Pārveidojot temperatūras pazeminājuma punkta formulu, iegūst

$$x_i = \frac{\Delta T \Delta_{kuš} H^\circ}{RT_{kuš}^2} = \frac{21,1 * 6010}{8,314 * 273^2} = 0,205$$

Tālāk aprēķina kopējo jonu koncentrāciju, iegūstot 14,28 M, no kura iegūst $c(\text{NaCl})=7,1\text{ M}$

(Ja $C = \{14,0; 14,4\}$, tad 2 punkti; ja entalpija izmantota kJ nevis J, tad viens punkts)

Valstīs, kurās ziemā temperatūra ir ārkārtīgi zema, NaCl vairs nav derīgs līdzeklis un tā vietā izmanto CaCl_2 . Kalcija hlorīda šķīdumos ūdens molekulas kļūst cieši saistītas pie kalcija joniem un šķīdumā vairs nav "brīvas". Vidēji katrs kalcija jons saista 9 ūdens molekulas. Šīs saistītās ūdens molekulas vairs neskaita pie ūdens molu skaita kopējā jonu moldaļas aprēķinā, taču tāpat var pieņemt, ka sāls šķīdināšana neizmaina kopējo tilpumu.

9. Aprēķiniet sasaldšanas punktu 3,00 M CaCl_2 šķīdumam.

$C(\text{CaCl}_2) = 3,0 \text{ M}$
 $C(\text{kopējo jonu}) = 9,0 \text{ M}$
 $C(\text{ūdens kopējā}) = 55,5 \text{ M}$
 $C(\text{brīvā ūdens}) = 55,5 - (9 \cdot 3,0 \text{ M}) = 28,5 \text{ M}$
 $\text{Moldaļa } x = 9 / (9 + 28,5) = 0,24$
 $\Delta T = (0,24 \cdot 8,314 \cdot 273^2) / 6010 = 10,1^\circ\text{C}$
 $T_{\text{šķ}} = -10,1^\circ\text{C} = 263,05\text{K}$
(ja $\Delta T = \{24,6; 24,8\}$, tad 2 punkti; ja entalpija izmantota kJ nevis J, tad viens punkts; par 2 zīmīgo skaitļu lietošanu -0,5p; ja nav izmantota ūdens saistīšanās ideja, tad -1 punkts)

6. uzdevums

Termiski nestabilie

19 punkti

Trīs vienu un to pašu katjonu saturoši šāji **A**, **B** un **C** ir termiski nestabili un karsējot sadalās. **A** sadalās jau tikai nedaudz virs istabas temperatūras, izdalot gāzi ar raksturīgu smaku **D**, dabā ļoti plaši sastopamu savienojumu **E**, kā arī atmosfērā sastopamu gāzi **F**. Zināms, ka **F** saduļķo kalķūdeni, kamēr tieši **D** ir nepieciešams **A** - **C** iegūšanai. **B** sadalās nedaudz zem 200 °C temperatūrā, veidojot **E** un gaisā stabilu bezkrāsainu gāzveida oksīdu **G**. **C** sadalās šādos pat apstākļos, un tā kā sadaloties šī oranžā viela dod zaļu pūkainu oksīdu **H**, to mēdz izmantot efektīvos ķīmijas demonstrējumos. Vēl sadaloties **C** izdalās **E** un bezkrāsaina gāzveida vienkāršā viela **I**, viens no kuras oksīdiem ir **G**.

Ja **B** sadalīšanu veic 250 °C temperatūrā, tā sadalās par **I**, bezkrāsainu tā oksīdu **J**, kā arī **E**, savukārt vēl augstākā temperatūrā (virš 300 °C) **B** sadalās par **I**, reaģētspējīgu bezkrāsainu paramagnētisku gāzi **K**, kā arī **E**. Zināms, ka **K** viegli reaģē ar **J**, veidojot brūnganu gāzi **L** ar viršanas temperatūru 21 °C, kas viegli dimerizējas par **M**.

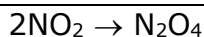
1. Uzraksti **A** – **M** ķīmiskās formulas.

A = $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	B = NH_4NO_3	C = $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
D = NH_3	E = H_2O	F = CO_2
G = N_2O	H = Cr_2O_3	I = N_2
J = NO	K = O_2	L = NO_2
M = N_2O_4		

Par katru formulu 0,5 punkti, izņemot par M = 0,25 punkti, kopā 6,25 punkti

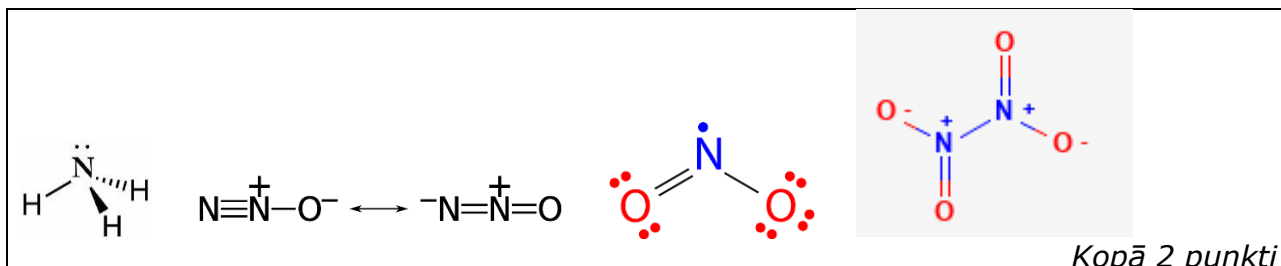
2. Uzraksti visu aprakstīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus.

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$
 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
 $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$
 $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$



Par katru vienādojumu 0,25 punkti, kopā 1,75 punkti

3. Uzzīmē **D**, **G**, **L** un **M** Luisa struktūrformulu. Detalizēti attēlo un uzraksti šo molekulu telpisko formu.



Kopā 2 punkti

4. Kādēļ **C** sadalīšanu nav pārāk labi iekļaut ķīmijas demonstrējumos?

Dihromāts ir toksisks un kancerogēns.

1 punkts

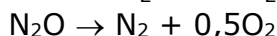
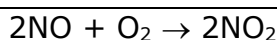
Praktiski veicot 0,600 g **B** sadalīšanu paaugstinātā temperatūrā uz reakcijas produktu maisījumu atdzesējot līdz 100 °C noteica, ka tas faktiski satur **G**, **I**, **J**, **E**, kā arī vēl vienu citu vielu. Atdzesējot iegūto produktu maisījumu līdz 30 °C noteica, ka par šķidrumu kondensējās 0,270 g vielas, kamēr atdzesējot to līdz 0 °C šķidrās frakcijas masa palielinājās līdz 0,385 g. Šādos apstākļos palikušās gāzveida vielas atdala, izkarsē līdz 500 °C, kur termiski nestabilākā viela sadalās. Pēc pārvērtībām iegūto gāzveida maisījumu atdzesē līdz 0 °C, kur kondensējas 0,0575 g šķidruma, kamēr gāzveida fāzē palika tikai viena viela.

5. Kas ir viela, kura ietilpa reakcijas produktos 100 °C bez **G**, **I**, **J**, **E**.

Ja reakcijas maisījums satur N₂O, N₂, NO un H₂O, ir skaidrs, ka ir notikušas visas trīs sadalīšanās reakcijas. Tā kā reakcijā rodas arī O₂, tas izreaģēs ar NO, dodot **NO**₂, kas arī ir neuzskaitītā viela. Turklāt tā kā klāt ir tikai 1 viela, tad viss O₂ izreaģējis.

1 punkts

6. Uzrakstīt ķīmisko reakciju vienādojumus pārvērtībām, kas norisinājās ar **B** sadalīšanas produktiem aprakstītajos eksperimentos.



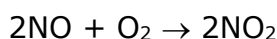
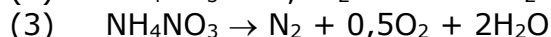
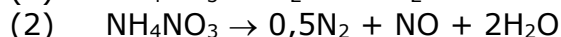
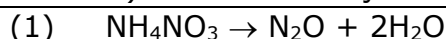
1 punkts

7. Kas ir viela, kas kondensējās 30 °C, un kas 0 °C.

30 °C H₂O, 0 °C NO₂ (dimerizācijas process aprēķinus nemainīs, tādēļ to ignorēsim).

1 punkts

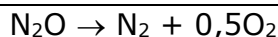
8. Aprēķināt sākuma iegūtā maisījuma (110 °C **G**, **I**, **J**, **E** un vēl vienas citas vielas) sastāvu moldajās.



No šīm vielām līdz 30°C temperatūrai būs kondensējies H₂O, kamēr pie 0 °C kondensēsies arī NO₂, kura masa tāpat ir 0,385 - 0,270 = 0,115 g.

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,115}{46,01} = 0,00250 \text{ mol}$$

Tātad varam aprēķināt, ka (3) reakcijā izveidojies N₂ daudzums ir 0,00250 mol, kamēr no (2) reakcijas patērētais NO daudzums bija 0,00250 mol.



Tā kā sadaloties N_2O rodas skābeklis, tas atkal reaģē ar pāri palikušo NO . Tā kā pēc atdzesēšanas palika tikai 1 viela, tad skaidrs, ka radās tieši tik daudz O_2 , lai izreaģētu viss palikušais NO , un gāzes fāzē palika tikai N_2 .

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,0575}{46,01} = 0,00125 \text{ mol}$$

Tātad šādi izreaģēja vēl 0,00125 mol NO (kopējais NO daudzums tātad bija 0,00375 mol), un patērētais O_2 radās sadaloties 0,00125 mol N_2O .

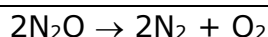
Tātad sākotnējā maisījumā ietilpa 0,00125 mol N_2O (5,1%), 0,00125 mol NO (5,1%), 0,00250 mol NO_2 (10,3%). Varam sarēķināt, ka kopējais N_2 daudzums bija $0,00250 + 0,00375/2 = 0,004375$ mol (18,0%). Ūdens daudzums savukārt bija $0,270/18,02 = 0,0150$ mol (61,5%).

5 punkti

7. uzdevums**Paviršības cena****18 punkti**

Pēteris bija nolēmis mērīt slāpekļa (I) oksīda sadalīšanās ātrumu. Šim nolūkam viņš ņēma 10,0 L lielu trauku un 25 °C to uzpildīja ar slāpekļa (I) oksīdu līdz spiediens bija 2,00 MPa. Tad viņš to strauji uzsildīja līdz 500 °C un sāka laika atskaiti, un ik pēc 10 minūtēm ņēma 1,000 mL (500 °C) parauga, ko momentāli atdzesēja līdz 25 °C.

1. Uzraksti slāpekļa oksīda sadalīšanās reakciju.



0,5 punkti

2. Aprēķini, kāds bija spiediens traukā 500 °C pirms reakcijas sākuma.

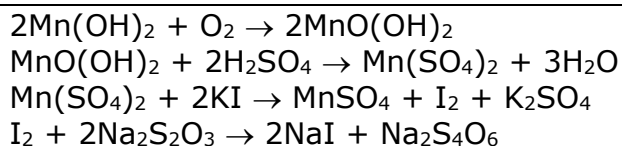
$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{2000 \cdot 10,0}{8,314 \cdot (273,15 + 25)} = 8,07 \text{ mol}$$

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{8,07 \cdot 8,314 \cdot (273,15 + 500)}{10,0} = 5187 \text{ kPa} = 5,19 \text{ MPa}$$

0,5 punkti

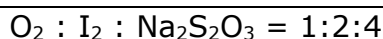
Lai noteiktu sadalīšanās reakcijas progresu, paņemto 1,000 mL gāzes izvadīja caur mangāna (II) hidroksīda šķīdumu. Šādos apstākļos skābeklis oksidēšanas reakcijā dod mangāna (IV) oksihidroksīda nogulsnes, kamēr citas gāzes ar šķīdumu nereaģē. Pēc paskābināšanas ar sērskābi mangāna (IV) oksihidroksīda nogulsnes izšķīst, veidojot mangāna(IV) sulfātu, kurš par jodu oksidē pārākumā pievienotu kālija jodīda šķīdumu, pārvēršoties atpakaļ par mangāna (II) joniem. Šādi iegūto jodu titrē ar 0,0500 M nātrija tiosulfātu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) cietes klātienē līdz krāsojuma pazušānai, reakcijā rodas nātrija tetratiātam $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$.

3. Uzraksti aprakstītās ķīmiskās analīzes reakciju vienādojumus!



Kopā 2 punkti

4. Nosaki kāda saskaņā ar reakciju vienādojumiem ir attiecība $\text{O}_2 : \text{I}_2 : \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ šajā analīzes metodē.



1 punkts

Pēc tam Pēteris veica citu eksperimentu, kurā tādu pat slāpekļa (I) oksīda daudzumu uzkaršēja līdz 400 °C temperatūrai (kurā tas praktiski nesadalās), nodrošināja

efektīvu maisīšanu, un ievietoja karstu platīna stiepli, kuru visu laiku sildīja. Uzreiz ar stieples ievietošanu sāka laika atskaiti, un ik pēc 10 minūtēm ņēma 1,000 mL (400 °C) parauga, ko momentāli atdzesēja līdz 25 °C.

Diemžēl Pēteris bija paviršs un dienas beigās vairs nekādi nespēja atcerēties, kuram no procesiem atbilda pieraksts uz lapiņas **A**, bet kurai – uz lapiņas **B**.

Lapiņa A	
t, min	V(tios.), mL
10	3,60
20	7,20
30	10,80
40	14,40
50	18,00
60	21,60

Lapiņa B	
t, min	V(tios.), mL
10	27,54
20	29,72
30	30,52
40	30,94
50	31,20
60	31,38

Pakāpe	Nultā	Pirmā	Otrā
Ātruma likums	$v = k$	$v = k[A]$	$v = k[A]^2$
Integrētā forma	$[A] = [A]_0 - kt$	$[A] = [A]_0 e^{-kt}$	$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt$
Lineārās koordinātes	$[A] \text{ vs. } t$	$\ln[A] \text{ vs. } t$	$\frac{1}{[A]} \text{ vs. } t$

Zināms, ka ķīmiskās reakcijas ātruma atkarību no reaģenta koncentrācijas apraksta t.s. ātruma likums, un visplašāk sastopamās reakcijas ir nulltās, pirmās un otrās kārtas. To ātruma ($v, \frac{mol}{L \cdot s}$) atkarību no koncentrācijas $[A]$, saistību ar ātruma konstanti k un no tās atvasinātās koncentrācijas izmaiņas laikā apraksta tabulā dotie vienādojumi. Tāpat dotas koordinātes, kurās koncentrācija būs lineāri atkarīga no laika ar proporcionalitātes koeficientu (virziena koeficientu), kas vienāds ar ātruma konstanti.

5. Ar aprēķinu parādiet, kāds ir skābekļa daudzums analizētajā 1 mL parauga, un kāda attiecīgi slāpekļa (I) oksīda koncentrācija (mol/L) reaktorā pēc 10 min reakcijai uz A lapiņas. *Ignorējiet nebūtiskās izmaiņas reaktorā, kas saistāmas ar parauga paņemšanu.*

$n(tios) = C \cdot V = 0,0500 \cdot 0,00144 = 7,20 \cdot 10^{-5} mol$		
$n(O_2) = \frac{n(tios)}{4} = \frac{7,20 \cdot 10^{-5}}{4} = 1,80 \cdot 10^{-5}$		1 punkts
$n(N_2O)_{izr.} = \frac{V_{reakt.}}{V_{par}} \cdot 2 \cdot n(O_2)_{par} = \frac{10,0}{0,001} \cdot 2 \cdot 1,80 \cdot 10^{-5} = 0,36 mol$		1 punkts
$[N_2O] = \frac{n(sāk) - n(izr)}{V} = \frac{8,07 - 0,36}{10,0} = 0,771 mol/L$		1 punkts

6. Iegūstiet (empīrisku) saistību, lai ātri noteiktu slāpekļa oksīda koncentrāciju no titrēšanas datiem visiem dotajiem eksperimentiem.

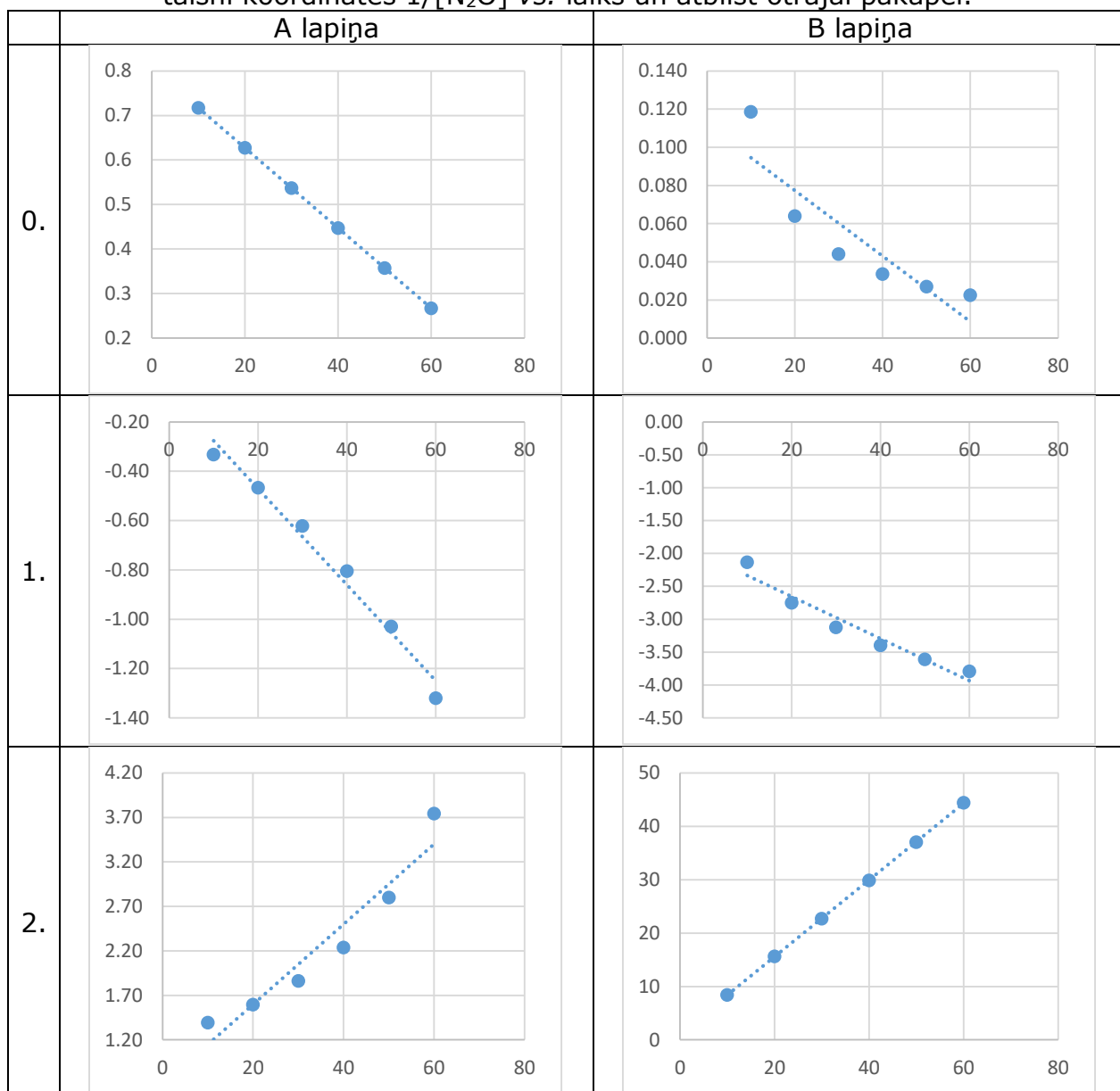
Tā kā reakcijā patērētais N_2O daudzums ir $\frac{10,0}{0,001} \cdot 2 \cdot \frac{C_{tios} \cdot V_{tios}}{4}$
To varam ātri vienkāršot kā: $5 \cdot C_{tios} V_{tios} (mL) = 0,25 V_{tios} (mL)$ (tilpumu jāizmanto mL)
Tātad N_2O koncentrāciju ātri varam aprēķināt kā:
$\frac{8,07 - 0,25 \cdot V_{tios}}{10} = 0,807 - 0,025 \cdot V_{tios}$
3 punkti, iespējami arī citi korekti ne pārāk komplikēti vienādojumi

7. Izmantojiet iegūtos datus un tabulā doto linearitātes nosacījumu, lai noteiktu reakcijas pakāpi uz A un B lapiņas pierakstītajiem procesiem.

A lapiņa					B lapiņa				
t, min	V(tios), mL	C(N ₂ O), M	ln(C)	1/C	t, min	V(tios), mL	C(N ₂ O), M	ln(C)	1/C

10	3.60	0.717	-0.33	1.39	10	27.54	0.119	-2.13	8.44
20	7.20	0.627	-0.47	1.59	20	29.72	0.064	-2.75	15.63
30	10.80	0.537	-0.62	1.86	30	30.52	0.044	-3.12	22.73
40	14.40	0.447	-0.81	2.24	40	30.94	0.034	-3.40	29.85
50	18.00	0.357	-1.03	2.80	50	31.2	0.027	-3.61	37.04
60	21.60	0.267	-1.32	3.75	60	31.38	0.023	-3.79	44.44

Grafiski atliekot punktus visās koordinātēs redzam, ka uz A lapiņas dati dod taisni koordinātēs $[\text{N}_2\text{O}]$ vs. laiks un atbilst nulltajai pakāpei, kamēr uz B lapiņas dati dod taisni koordinātēs $1/[\text{N}_2\text{O}]$ vs. laiks un atbilst otrajai pakāpei.



- Korekti aprēķinātas koncentrācijas vismaz 3 punktiem katrā lapiņā – 2 punkti
- Korekta lineāro koordināšu pārbaude – 3 punkti (1 punkts arī ja A lapiņai taisne iegūta, atliekot tiosulfāta tilpuma atkarību no laika)
- Korekti noteiktas reakcijas pakāpes – 1 punkts

8. Mēģiniet izspriest un pamatot, kurš process tika pierakstīts uz A lapiņas, un kurš uz B lapiņas. Padoms: platīna stieples klātienē reakcija notiek tikai uz

platīna virsmas, slāpekļa (I) oksīda molekulām sorbējoties aktīvajos centros, kuru skaits ir izteikti ierobežots, salīdzinot ar traukā esošo slāpekļa (I) oksīda molekulu skaitu!

Uz **B** lapiņas (otrās kārtas reakcija) pierakstīta reakcija 500 °C, jo reakcijas norisei nepieciešama 2 molekulu sadursme, un līdz ar to ātrums ir proporcionāls reaģentu koncentrācijai 2. pakāpē.

Uz **A** lapiņas (nulltās kārtas reakcija) pierakstīta reakcija 400 °C Pt stieples klātienē, jo reakcijas ātrumu principā nosaka tas, cik aktīvie centri ir uz Pt virsmas, un kamēr ir gana N₂O molekulu, to koncentrācija nevar ietekmēt reakcijas ātrumu.

2 punkti