



Valsts izglītības satura centrs

NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020EIROPAS 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

### Valsts 60. ķīmijas olimpiādes uzdevumi 11. klasei

Kopā: 98 punkti

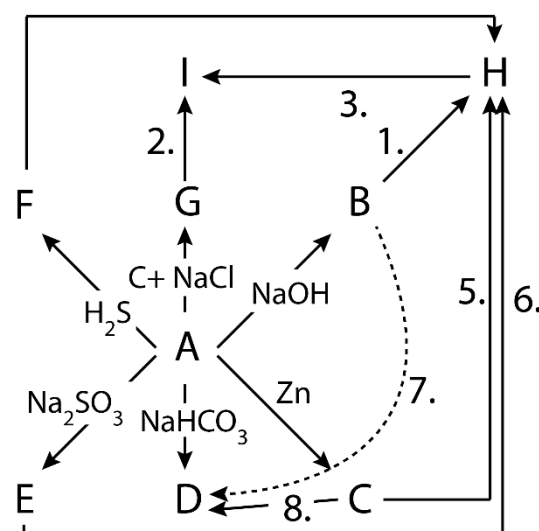
#### 1. uzdevums

#### 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 sāļsskābē. Ar nātrija hidroģēnkarbonātu iegūst zaļās 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 sāļsskābi skābekļa klātienē iegūst **I** (2. reakcija).

1. Kādas ir **A – I** ķīmiskās formulas?

A =	B =	C =
D =	E =	F =
G =	H =	I =

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

3. =	4. =	5. =
6. =	7. =	8. =

3. Uzraksti visu aprakstīto ķīmisko reakciju vienādojumus!

**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.

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

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.

4. Ar kādām ķīmiskām pārvērtībām saistāmā aprakstītā krāsas maiņa?

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?

6. Kāda ir titrēšanā lietotās sālsskābes koncentrācija?

7. Kāds ir nosakāmo daļiņu masas daļa paraugā?

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**?

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

10. Telpiski attēlojiet **A** uzbūvi.

**3. uzdevums****Pieci metāli sakausējumā stāv****12 punkti**

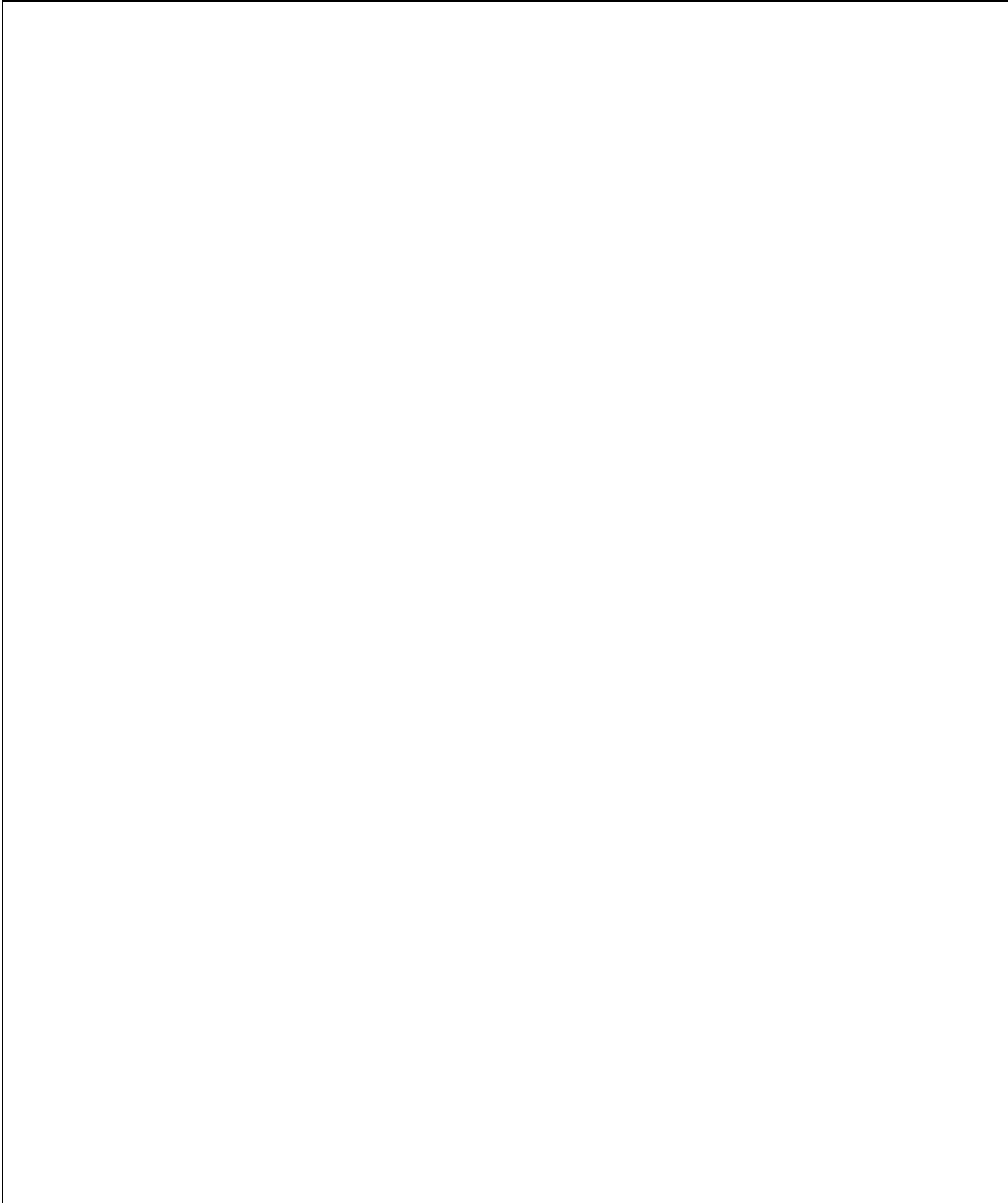
Metāls **A**, ko bieži izmanto sacīkšu motociklu ražošanā, tīrā veidā tiek iegūts tā hlorīdu **F** apstrādājot ar metālu **B** argona atmosfērā. Plaši vēl arī tiek izmantots metāla **A** dioksīds, kurā metāla **A** masas daļa procentos ir 59,93%. Masas daļa procentos metālam **A** hlorīdā **F** ir 25,24%. Interesanti pieminēt to, ka **F** tiek lietots kā Cīglera-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<sub>2</sub> 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 rodas 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**, kā arī vielas **F, X, H, Y** un **Z**.

A =	B =	C =
D =	E =	F =
X =	H =	Y =
Z =		

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<sub>3</sub> 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.



**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!

2. Uzraksti **A** ķīmisko formulu!

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

4. Uzraksti aprakstīto ķīmisko reakciju vienādojumus.

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!

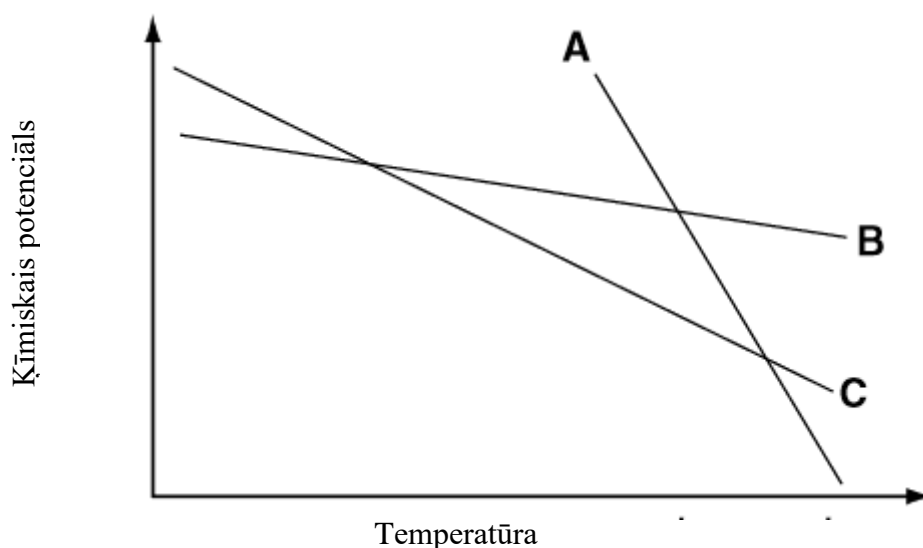
6. Uzraksti ķīmisko reakciju vienādojumus!



**5. uzdevums****Pavasara baltie ceļi****13 punkti**

Lai novērstu ceļu un ietvju apledošanu, Latvijā un citviet ziemā kaisa sāli (vai sāļu maisījumus). Šķīduma sasaldšanas 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 ( $\mu$ ). 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 =	B =	C =
-----	-----	-----

2. Augstāk dotajā 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:

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

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

3. Augstāk dotajā 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

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.

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

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

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

$\Delta T$  - sasalšanas 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  $\Delta T$  un sasalšanas temperatūru 3,00 M NaCl šķīdumam.

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

Valstīs, kurās ziemā temperatūra ir ārkārtīgi zema, NaCl vairs nav derīgs līdzeklis un tā vietā izmanto  $\text{CaCl}_2$ . 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 sasalšanas punktu 3,00 M  $\text{CaCl}_2$  šķīdumam.

**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** sadalās kalnājos, 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 =	B =	C =
D =	E =	F =
G =	H =	I =
J =	K =	L =
M =		

2. Uzraksti visu aprakstīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus.

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

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

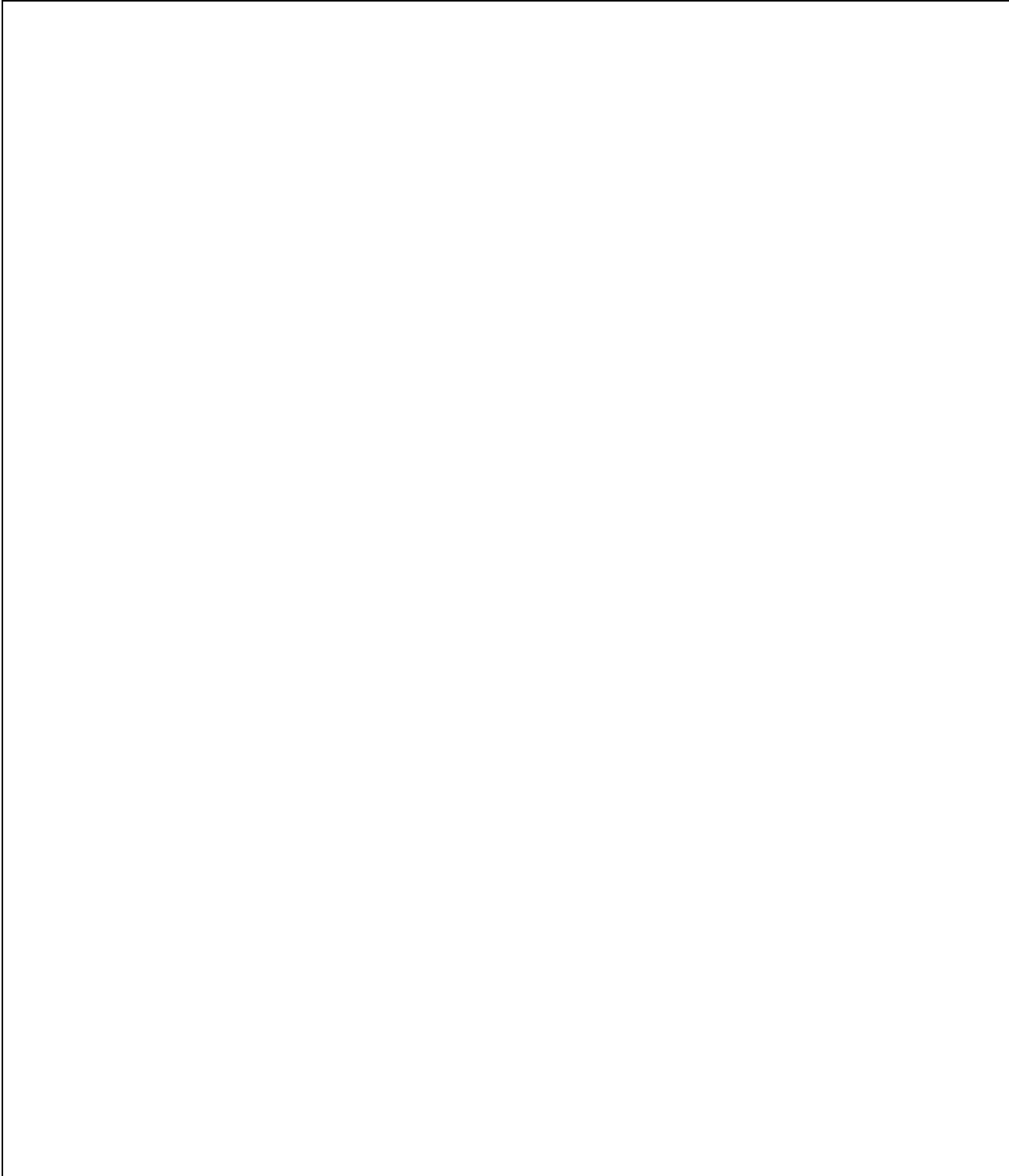
Praktiski veicot 0,600 g **B** sadalīšanu paaugstinātā temperatūrā uz reakcijas produktu maisījumu atdzesējot līdz 100 °C noteica, ka tas faktiski satur **G, I, J, E**, kā arī vēl vienu citu vielu. Atdzesējot iegūto produktu maisījumu līdz 30 °C noteica, ka par šķidrumu kondensējās 0,270 g vielas, kamēr 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**.

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

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

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



**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.

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

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!

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.

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	$[A] \text{ vs. } t$	$\ln[A] \text{ vs. } t$	$\frac{1}{[A]} \text{ vs. } t$

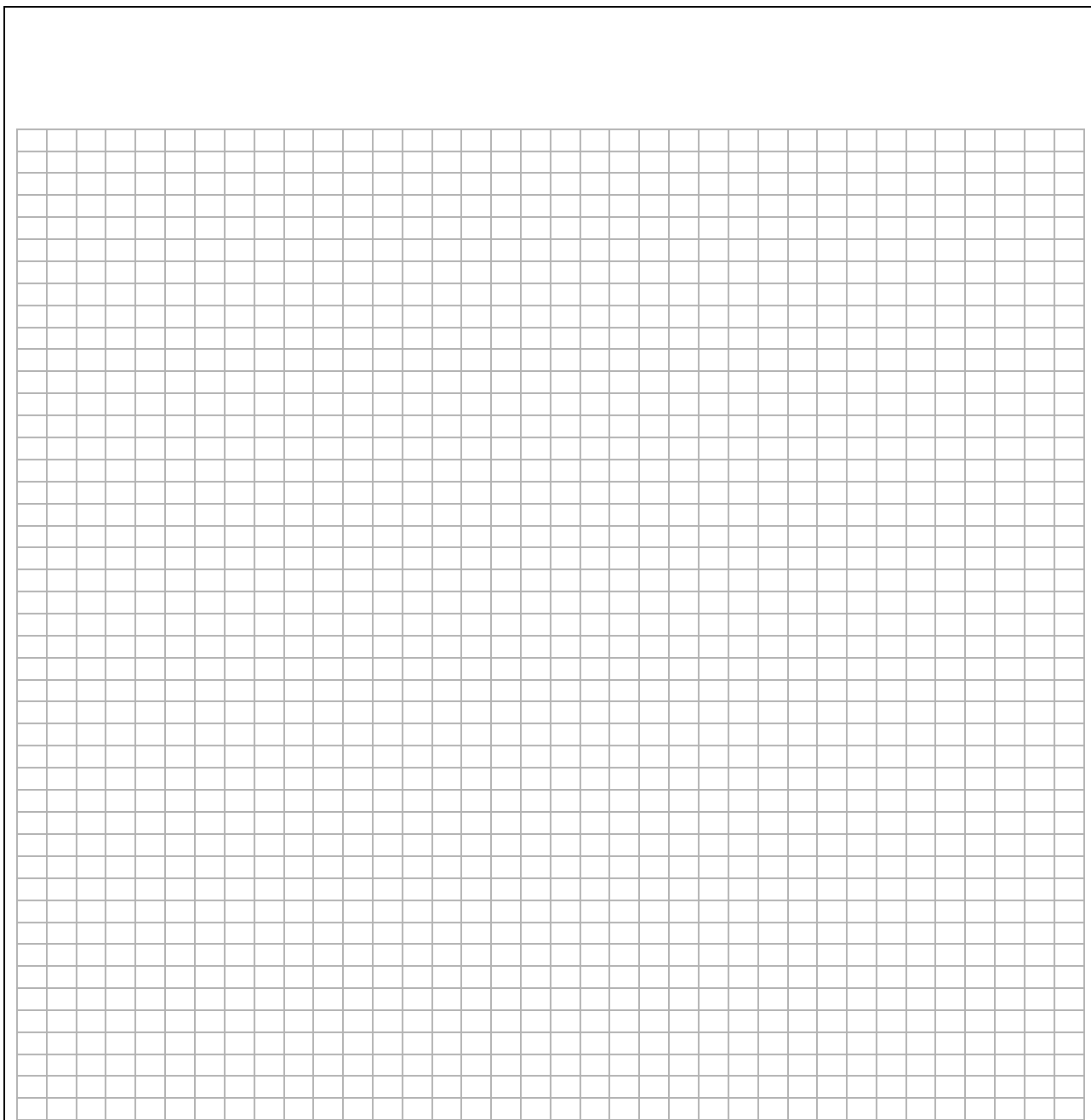
Zināms, ka ķīmiskās reakcijas ātruma atkarību no reaģenta koncentrācijas apraksta t.s. ātruma likums, un visplašāk sastopamās reakcijas ir nulltās, pirmās un otrās kārtas. To ātruma ( $v, \frac{\text{mol}}{\text{L}\cdot\text{s}}$ ) atkarību no koncentrācijas  $[A]$ , saistību ar ātruma konstanti  $k$  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.*

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

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





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 ierobežotos, salīdzinot ar traukā esošo slāpekļa (I) oksīda molekulu skaitu!*

