



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

### Valsts 61. ķīmijas olimpiādes uzdevumi 11. klasei

Kopā: 125 punkti

#### 1. uzdevums

#### Rupucīša noslēpums

11 punkti

Laborants Rupucītis atrada baltu kristālisku vielu **A**, kura 800 °C sadalās par vielām **B**, **C**, **D** un **E**, kamēr **A** izšķīdinot koncentrētā HCl istabas temperatūrā veidojas skābe **H** un sāls **I**.

Vielā **B** ir balta, toksiska, kristāliska viela, kuru oksidējot ar bināru savienojumu **F**, kur skābekļa masas daļa ir 13,38%, iegūst vielu **A**. Vielai **B** pievienojot koncentrētu HCl, veidojas bezkrāsaina viegli gaistoša ļoti toksiska vāja skābe **J** un sāls **I**.

Vielā **C** ir balta kristāliska viela, kuras šķīdumu izmanto organiskajā sintēzē kā vāju bāzi. Vēl vielu **C** izmanto ziepju ražošanā. Dedzinot vielu **C** bezkrāsainā liesmā, tā nokrāsojas violetā krāsā.

Vielā **D** ir bezkrāsaina, indīga viela, kura ir nedaudz vieglāka par gaisu. Viela **D** sadeg ar zilganu liesmu, veidojot vielu **G**. Ja vielu **G** vada caur kaļķūdeni, šķīdums saduļķojas.

Vielā **E** ir ļoti inerta divatomu gāze, kurai nav ne garšas, ne smaržas, ne krāsas.

1. Uzraksti vielu **A** - **J** ķīmiskās formulas!
2. Kāpēc gāze **D** ir indīga cilvēka organismam?
  - a. Tai ir toksiska iedarbība uz aknām un nierēm;
  - b. Ieelpojot šo gāzi rodas deguna gļotādas ulcerācija;
  - c. Tā rada endokrīnās sistēmas, smadzeņu un reproduktīvās sistēmas traucējumus;
  - d. Tā veido stabilu kompleksu ar asinīs esošo hemoglobīnu, tāpēc hemoglobīns nespēj pārnest skābekli.

Karsējot 4 binārus savienojumus **A - D** ir iespējams iegūt šos savienojumus veidojošās vienkāršās vielas. Karsējot **A**  $490\text{ }^{\circ}\text{C}$  vakuumā veidojas metāls **E** un izdalās gāze **F**. **A** reakcija ar ūdeni ir spontāna un arī tajā izdalās gāze **F**, kā arī veidojas **G** šķīdums. Metāla **E** joni liesmu krāso dzeltenā krāsā.

Karsējot **B**  $665\text{ }^{\circ}\text{C}$  vakuumā iegūst oksīdu **H**, šajā procesā izdaloties reaģētspējīgai gāzei **I**. Paaugstinot temperatūru līdz  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$  **H** sadalās par **B** un rodas metāls **E**. **B** reakcijā ar siltu ūdeni rodas gāze **I**, kā arī veidojas **G** šķīdums.

Karsējot **C**  $2250\text{ }^{\circ}\text{C}$  tas sadalās, veidojot metālu **J** un vienkāršu vielu **K** tās alotropajā formā tumšpelēkā krāsā. **C** reakcijā ar ūdeni rodas **L** šķīdums un veidojas organiska gāzveida viela **M**. **L** šķīdumu izmanto kādas atomsfērā sastopamas gāzes pierādīšanai, jo šo vielu reakcijā veidojas mazšķīstoša viela.

**D** ir gāze un sadalās jau  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  un šajā reakcijā rodas divas gāzveida vielas **N** un **I** molārā attiecībā 1:2. **D** reakcijā ar karstu ūdeni rodas divu stipru skābju **O** un **P** šķīdums, no kurām **O** normālos apstākļos ir gāzveida viela, kamēr **P** eksistē tikai šķīdumā. **D** reakcijā ar aukstu ūdeni savukārt veidojas skābju **Q** un **P** šķīdums, šajā disproporcionēšanās reakcijā vienam no elementiem oksidēšanās pakāpi gan samazinot par 1, gan palielinot par 1. Zināms, ka gan **P**, gan **Q** var disproporcionēties, un disproporcionēšanās produktu vidū ir divas citas oksoskābes - ļoti stipra skābe **R** un vāja skābe **S**, kam ir izteikta dezinficējoša iedarbība.

**O** reakcijā ar **G** iegūst vielu **T**, kas ļoti plaši tiek izmantota gan pārtikas rūpniecībā, gan medicīnā.

1. Uzraksti **A - T** ķīmiskās formulas!
2. Kuras vielas sadalīšanās reakcijām oksidēšanās pakāpi maina tikai 1 ķīmiskais elements?
  - a. **A**
  - b. **B**
  - c. **C**
  - d. **D**

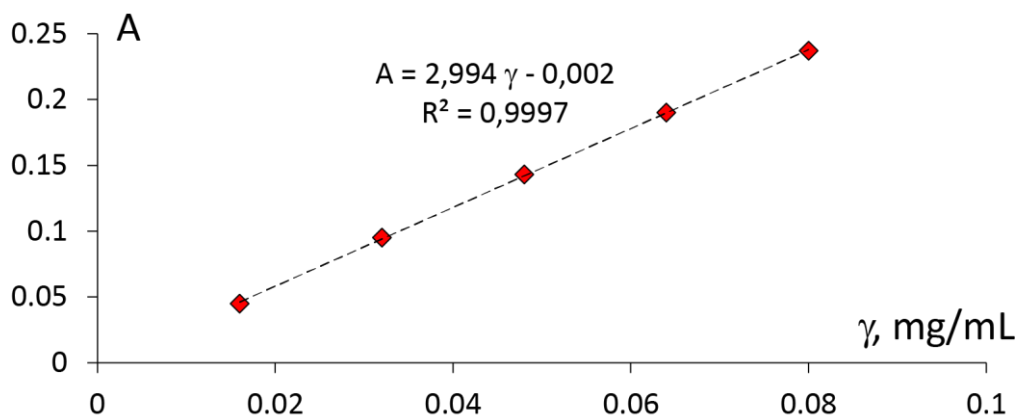
Kāda ķīmika rīcībā ir kolba, kurā atrodas metāla A jonu šķīdums zaļganā krāsā. Viņa mērķis ir noskaidrot, kas un cik daudz atrodas kolbā. Pievienojot nezināmajam šķīdumam NaOH, rodas zaļas, želejveida nogulsnes B, taču, NaOH šķīduma pievienošanu turpinot, nogulsnes pakāpeniski izzūd, veidojoties kompleksajam savienojumam C. Ar to ķīmiskim pietika, lai saprastu, kas atrodas šķīdumā.

1. Uzraksti savienojumu A, B un C ķīmiskās formulas! Zināms, ka metāla A masas daļa savienojumā C ir 23,32%.
2. Uzraksti C ķīmisko nosaukumu
3. Raksturojiet kompleksā savienojuma C anjona uzbūvi!
  - 3.1. Savienojuma C anjona forma ir:
    - a) Tetraedrs
    - b) Oktaedrs
    - c) Trigonāla bipiramīda
  - 3.2. Valences leņķu lielums C anjonā:
    - a)  $90^\circ$
    - b)  $90^\circ$  un  $120^\circ$
    - c)  $109^\circ 28'$

Lai noteiktu metāla jonu A koncentrāciju šķīdumā, ķīmiķis izlēja izmantot fotometrijas metodi, jo zināja, ka metāla A veido raksturīgas krāsas komplekso savienojumu reakcijā ar kompleksonu III. Viņš pagatavoja metāla A standartšķīdumus ar kompleksonu III, kuros metāla A masas koncentrācijas bija 0,016, 0,032, 0,048, 0,064, 0,080 mg/mL. Iegūtajiem standartšķīdumiem viņš nomērīja gaismas absorbciju ar spektrofotometru pie viļņa garuma 538 nm, šķīdumus lejt 1 cm biezā kivetē. Līdzīgi viņš nomērīja gaismas absorbciju arī metāla jonu A šķīdumam, kuru bija ieguvis, 10 reizes atšķaidot sākotnēji kolbā esošo šķīdumu. Iegūtos datus viņš apkopoja tabulā un grafiski.

Metāla A jonu standartšķīdumu un analizējamā šķīduma gaismas absorbcijas mērījumi

Metāla A jonu masas koncentrācija, mg/mL	Absorbcija
0,016	0,045
0,032	0,095
0,048	0,143
0,064	0,190
0,080	0,237
Analizējamais šķīdums	0,123



Metāla A jonu saturošu standartšķīdumu gaismas absorbcija atkarībā no masas koncentrācijas

4. Izmantojiet iegūto grafiku un aprēķiniet metāla A jonu masas koncentrāciju sākotnēji kolbā esošajā šķīdumā!
5. Aprēķiniet metāla A jonu molāro koncentrāciju sākotnēji kolbā esošajā šķīdumā!
6. Aprēķiniet metāla A jonu masu analizējamajā šķīdumā, ja zināms, ka sākotnējais analizējamā šķīduma tilpums bija 100 mL!

Zināms, ka šķīdumu gaismas absorbcijas atkarību no vielas koncentrācijas tajā apraksta Bēra likums:

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot b,$$

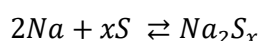
kur A - gaismas absorbcija,  $\varepsilon$  - šķīduma molārais absorbcijas koeficients L/(mol·cm),  
c - vielas koncentrācija šķīdumā mol/L, b - kivetes biezums, cm.

7. Aprēķiniet analizē izmantotā kompleksā savienojuma (A - kompleksons III) molārās absorbcijas koeficientu  $\varepsilon$ !

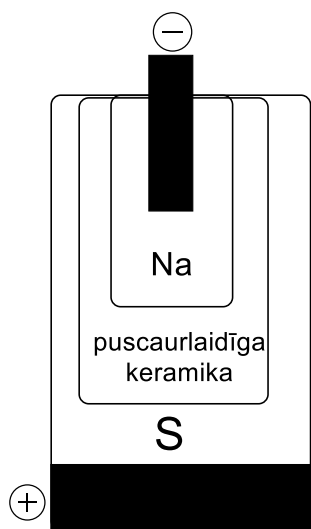
Lai gan mūsdienās ikdienā lietojamām precēm plaši tiek lietotas atkārtojami uzlādējamas litija jonu baterijas, tās nav piemērotas liela apjoma elektroenerģijas uzglabāšanai. Ņemot vērā izteikto elektrības pieprasījuma kritumu un kāpumu diennakts laikā, elektroapgādes tīklam ir nepieciešams pielāgoties šim mainīgajam noslogojumam. Tā kā elektroenerģiju ir apgrūtināti ilgstoši uzglabāt lielos apjomos, jaunu, aizvien efektīvāku bateriju izstrāde elektrības uzglabāšanai nakts laikā ir īpaši svarīga.

Viens no šīs problēmas risinājumiem ir nātrija-sēra baterijas, kas izmanto kapsulu ar šķidru nātriju. Kapsulai piemīt jonu caurlaidības spējas, tāpēc tā laiž cauri nātrija jonus. Nātrija joni caur kapsulas sienām nonāk konteinerā, kur izreaģē ar šķidru, reducētu sēru, veidojot polisulfīdus.

Vispārīgā baterijas ķīmiskā procesa reakcija:



1. Kādus aspektus var uzskatīt par Na-S bateriju priekšrocībām?
  - a. Baterijas galvenās izejvielas ir ļoti lētas
  - b. Baterijām piemīt liela energoietilpība, salīdzinot ar cita tipa baterijām
  - c. Baterijās izmantotās vielas un savienojumi ir stabili un ugunsdroši
  - d. Na-S šķidrām baterijām, lai sasniegtu optimālo darbību, nav sākotnēji nepieciešams pievadīt papildus siltumu



2. Kāds elektrods atrodas pie nātrija, un kāds process pie tā notiek?
  - a. Anods - oksidēšanās
  - b. Anods - reducēšanās
  - c. Katods - oksidēšanās
  - d. Katods - reducēšanās

Nātrija sēra šūnas ir iespējams darbināt gan pie augstām (300 °C un augstāk) temperatūrām, kurās abi elementi atrodas šķidrā stāvoklī, gan istabas temperatūrām, kur reakcija notiek cietā fāzē.

$$\Delta G^0 = -z \cdot F \cdot E_{\text{šūnas}}^0$$

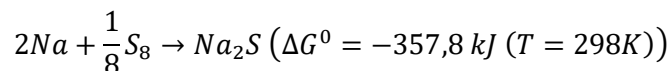
$\Delta G^0$  - reakcijas brīvā Gibbsa enerģija

z - reakcijā iesaistīto elektronu skaits

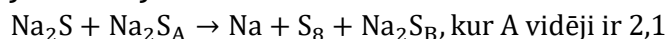
F - Faradeja konstante, 96485,3 1/(V·mol)

$E^0_{\text{šūnas}}$  - šūnas potenciālu starpība, V

Viena no šūnā notiekošajām reakcijām istabas temperatūrā ir sekojoša:



3. Izmantojot dotos datus un formulas, aprēķināt šūnas potenciālu starpību, kas veidojas starp elektrodiem, ja šūnā notiek dotā reakcija!
4. Uz elektrodu virsmas izveidojoties polisulfīda  $Na_2S_7$  kārtai, tas sāk reaģēt ar nātriju, un veidojas kāds cits polisulfīds X. Veicot šī polisulfīda kārtiņas gravimetrisku analīzi, to dedzinot gaisā, tika novērota masas samazināšanās par 69,957%. Uzrakstīt šī savienojuma ķīmisko formulu!
5. Uzrakstīt pilnu reakcijas vienādojumu, kur Na reaģē ar  $Na_2S_7$ , veidojoties savienojumam X!
6. Ja zināms, ka pēc šādas analogijas nātrijs ir spējīgs vēl vienu reizi izreaģēt ar savienojumu X, veidojot polisulfīdu Y. Paredzēt polisulfīda Y molekulformulu!
7. Veicot baterijas uzlādi, iespējams atgūt izmantoto nātriju un sēru. Reakcija istabas temperatūras baterijai ir sekojoša

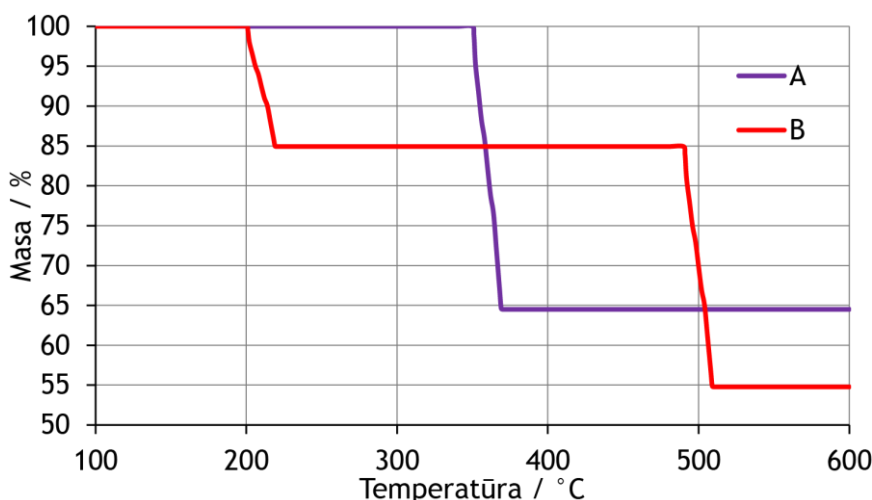


Savukārt, lai noskaidrotu B, veica elementanalīzi, un ieguva, ka polisulfīdu kārtiņa vidēji satur 14,43% nātrija. Aprēķināt skaitli B, sniedzot atbildi ar 1 skaitli aiz komata!

8. Kādu informāciju uzdevuma 7. jautājumā dotais reakcijas vienādojums sniedz par atkārtotām reakcijas uzlādes iespējām un baterijas dzīves ilgumu?

*Jebkāda līdzība ar reāliem ķīmiskajiem elementiem ir tikai un vienīgi nejauša sakritība, kas neliecina par ķīmisko īpašību līdzību!*

Ķīmiķis Jānis pēc jaunā gada ballītes naktī sapņoja ķīmiķa cienīgus sapņus. Viņš bija atklājis jaunu ķīmisko elementu Jāniju Ja. Jānija stabilākā oksidēšanās pakāpe ir +2 un reakcijā ar sālsskābi veidojas tā hlorīds  $\text{JaCl}_2$ . Atkarībā no kristalizācijas apstākļiem Jānija hlorīds veido divus kristālhidrātus ar atšķirīgu ūdens saturu **A** ( $\text{JnCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) un **B** ( $\text{JnCl}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ ). Gan **A**, gan **B** karsēja un mērīja masas izmaiņas temperatūrā, iegūstot attēlā parādītos grafikus. 600 °C abos gadījumos ieguva bezūdens Jānija hlorīdu, kamēr 400 °C no **B** bija izveidojies cits kristālhidrāts **C** ( $\text{JnCl}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ ). **A** masa pēc karsēšanas bija 64,5% no sākotnējās parauga masas.

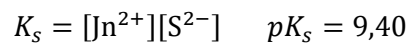
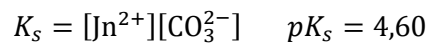


- Nosakiet kristalizācijas ūdens daudzumu  $x$ ,  $y$  un  $z$  kristālhidrātos **A**, **B** un **C**, ja zināms, ka tie ir veseli skaitļi, un pareizie ir mazākie koeficienti, kas atbilst masas zudumu līknei.
- Kāda ir jānija  $\text{Jn}$  molmasa?

Visi trīs Jānija kristālhidrāti **A** - **C** ir kompleksie savienojumi. Zināms, ka vienā no kristalizācijā iegūtajiem kristālhidrātiem (**A** vai **B**) jānijam ir tetraedriska koordinācija, savukārt otrā oktaedriska. Tāpat zināms, ka vienā no šiem diviem kompleksajiem savienojumiem visi ligandi nav vienādi, un kompleksu uzbūve nosaka kristālhidrātu sadalīšanās mehānismu.

- Kāda ir jānija koordinācija katrā no kristālhidrātiem **A** - **C**?
- Kādi un cik būs ligandi tetraedriskajā kompleksā? Paskaidro!
- Kādi un cik būs ligandi oktaedriskajā kompleksā? Paskaidro!
- Cik un kādi ģeometriskie izomeri ir iespējami kompleksajam savienojumam, kura ligandi nav vienādi?
- Vai starp kristālhidrātiem **A** - **C** var identificēt izomērus?
  - Nē, to vidū nav izomēru
  - Jā, 2 no tiem ir izomēri
  - Jā, visi 3 tie savā starpā ir izomēri
- Pie kādas izomēr klases pieder starp kristālhidrātiem **A** - **C** identificētie izomēri?
  - Nekādas, to vidū nav izomēru
  - Jonizācijas izomēri
  - Ģeometriskie izomeri
  - Stereoizomēri

Gan jānija karbonāts, gan sulfīds ir mazšķīstoši, un to šķīdības reizinājumi  $pK_s$  ir 4,60 jānija karbonātam un 9,40 jānija sulfīdam.



9. Ar kuru no dotajiem šķīdumiem pilnīgāk varēs panākt jānija jonu izgulsnēšanu no šķīduma?
- nātrija sulfīda šķīdumu
  - sērūdeņraža šķīdumu
  - nātrija karbonāta šķīdumu
  - amonija karbonāta šķīdumu
10. Kāda daļa (%) no jānija joniem paliks šķīdumā, ja 0,50 M jānija nitrāta šķīdumam pievienos identisku tilpumu:
- 0,5 M nātrija karbonāta šķīdumu
  - 0,5 M nātrija sulfīda šķīdumu

*Citus iespējamus līdzsvarus ignorējiet!*



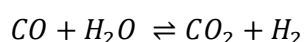
Elements **A** ir dabā reti sastopams. **A** reakcijā ar vienkāršu vielu **F**  $400^{\circ}\text{C}$  veido savienojumu **B**. Šo reakciju ir iespējams turpināt, liekot savienojumam **B** reaģēt ar **F**  $400^{\circ}\text{C}$  un 6 bāru spiedienā, lai izveidotu savienojumu **C**. Savienojumā **C** elementa **A** masas daļa ir 63,34%. Gan **B**, gan **C** ir stipri oksidētāji tāpat kā savienojums **D**, kas satur 28,74% skābekļa un 47,84% kāda halogēna. Savienojums **D** ir balta kristāliska viela. Agrāk tas tika lietots kā pārtikas piedeva, bet ES tagad tas ir aizliegts. Reakcijā starp **B** un **D** ūdens klātbūtnē veidojas **A**, savienojums **E**, kas satur 34,97% skābekļa, un **X**. Savienojums **X** sastāv no diviem elementiem vienādā molārā attiecībā, un **F** masas daļa tajā ir 94,96%. Savienojuma **C** reakcijā ar metālu **G**, ko izmanto elektrodu un luminescentu savienojumu veidošanā, rodas **A** un **H**. Savienojuma **H** šķīdums ūdenī ir sarkanīgi brūns, bet tas ātri sadalās veidojot dzeltenu kristālisku savienojuma **I** šķīdumu, un dzeltenu kāda oksīda **J** monohidrātu **K**. Produktā **K** ūdens saturs ir 7,35%. Savienojums **I** ir skābe, kas saturs 36,64% **F**.

1. Uzraksti **A - K** un **X** ķīmiskās formulas!
2. Kurš(-i) no apgalvojumiem par darbu ar savienojumu **X** ir patiess(-i)?
  - a. Tā ir stipra skābe.
  - b. To var uzglabāt stikla pudelē.
  - c. To var iegūt kā kristālisku vielu.
3. Uzraksti, kāda ir izejvielu koeficientu summa reakcijā, kur **H** reaģē ar ūdeni!
4. Uzraksti, kāda ir produktu koeficientu summa reakcijā, kur **B** reaģē ar **D** un ūdeni!
5. Uzraksti, kāda ir koeficientu summa reakcijā, kur **B** reaģē ar **F** un veidojas **C**!

Savienojuma A sadalīšanās reakciju var uzskatīt par 3 soļu procesu. Karsējot A 180 °C izdalās ūdens un rodas B, kas 500 °C sadalās par oglekļa monoksīdu un C, kas savukārt 750 °C sadalās par D un oglekļa dioksīdu vienādā molārā daudzumā. Zināms, ka D ir binārs savienojums, kurā elementi atrodas vienādā molārā attiecībā. Pārvērtībā no C par D cietās vielas masa samazinājās par 44,0%. Tai pat laikā pēc pilna pārvērtības cikla no A par D cietās vielas masa samazinājās par 61,6%.

1. Uzraksti vielu A - D ķīmiskās formulas!
2. Pie kādas savienojumu klases pieder A? Zināms, ka B - C pie šīs savienojumu klases nepieder!
3. Kādā molārā attiecībā tika iegūti H<sub>2</sub>O : CO : CO<sub>2</sub>?

Visas trīs izdalītās vielas iesaistās ķīmiskajā līdzsvarā:



Šīs reakcijas līdzsvara konstante 780 °C ir 1,28.

$$K_{eq, 780\text{ °C}} = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = 1,28$$

Augstāk aprakstīto A sadalīšanās reakciju veica noslēgtā 2,00 L traukā, kas sākotnēji tika vakuumēts. Pēc pilnīgas sadalīšanās 780 °C spiediens traukā bija tieši 3,00 bar.

4. Aprēķini, kāds bija maisījuma sastāvs pēc līdzsvara iestāšanās moldaļās. *Sadalīšanās produkta D tilpumu ignorējiet! Tāpat ignorējiet to, ka trauku pirms reakcijas pilnīgi vakuumēt nav iespējams.*
5. Aprēķini, kāda bija sākotnēji ņemtā A masa!

Eksperimentu atkārtoja identiskos apstākļos, taču šoreiz karsēšanu apturēja 700 °C pirms C sadalīšanās sākšanās.

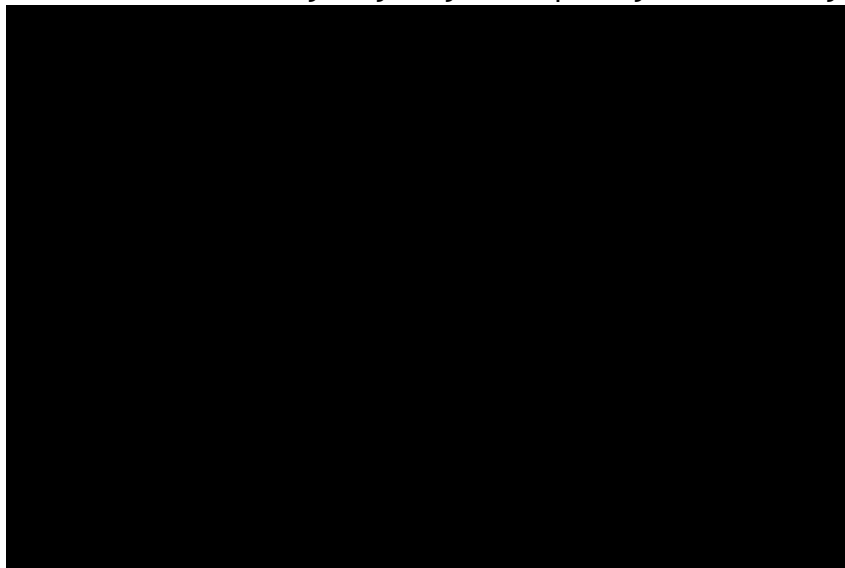
6. Kāds ir kopējais spiediens traukā? *Sadalīšanās produkta C tilpumu ignorējiet!*

Līdzsvara konstantes atkarību no temperatūras tuvināti var aprēķināt pēc vienādojuma

$$\ln K_2 = \ln K_1 - \frac{\Delta H_r}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

7. Aprēķiniet reakcijas līdzsvara konstanti 700 °C, ja reakcijas entalpija  $\Delta H_r$  ir -37,5 kJ mol<sup>-1</sup>.
8. Aprēķini, kāds bija maisījuma sastāvs pēc līdzsvara iestāšanās moldaļās šajā gadījumā!

Noskaties video un atbildi uz tālāk dotajiem jautājumiem par šajā e-laboratorijā novēroto!



1. Uzrakstiet visu videomateriālā norisošo ķīmisko reakciju vienādojumus! Konkrēti norādiet, kādi novērojumi liecina par katras ķīmiskās reakcijas norisi!
2. Aprēķiniet **A** sintēzes iznākumu! Kā to skaidrot?
3. Piedāvāriet vēl divus konceptuāli atšķirīgus veidus (reakciju vienādojumus) **A** iegūšanai!
4. Paskaidrojiet, kādēļ **A** sintēzē būtiski veikt soli ar  $\text{CH}_3\text{COOH}$  šķīdumu!
5. Paskaidrojiet, kādu funkciju nodrošināja vārglāze ar ūdeni, kurā ievietoja pudelīti ar tumšo reakcijas maisījumu!
6. Paskaidrojiet, kādam mērķim lietoja vislielāko no videomateriālā redzamajiem stikla traukiem! Kā to sauc?
7. Kas varēja būt lielā stikla trauka apakšdaļā ievietotā baltā substance? Kādam mērķim pēc lielā trauka noslēgšanas tam, visticamāk, pievienoja gumijas cauruli, kāpēc tas bija nepieciešams?