Līdzfinansē Eiropas Savienība
Nacionālais attīstības plāns 2027
Valsts izglītības attīstības aģentūra
RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE 1862
LATVIJAS UNIVERSITĀTE

Eiropas Sociālā fonda Plus projekts Nr. 4.2.2.3/1/24/I/001 "Pedagogu profesionālā atbalsta sistēmas izveide"

Kods: _____

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.

ĶĪMIJAS 66. OLIMPIĀDES

VALSTS POSMA 11. KLASES UZDEVUMI

1. uzdevums *Skābe kolbā* *9 punkti*

1,00 L kolbā ar pie korķa piestiprinātu platīna sietiņu iepildīja 17,0 g amonjaka un 64,0 g skābekļa, kolbu uzkarsēja līdz 800 °C temperatūrai, kā rezultātā amonjaks sadega skābeklī, platīna sietiņa klātienē veidojoties bezkrāsainai gāzei **A**. Kolbu atdzesējot, gāze **A** ātri pārvērtās sarkanbrūnā gāzē **B**. Kolbu nedaudz pasildot, **B** pilnībā pārvērtās par skābi **C**. Beigās iegūto maisījumu atdzesēja līdz 25 °C temperatūrai.

1. Uzraksti vielu **A** – **C** ķīmiskās formulas un visu aprakstīto ķīmisko reakciju vienādojumus. *(6p)*

Balstoties uz aprakstu, **A = NO**, **B = NO_2** un **C = HNO_3**. (1 punkts par katru vielu un reakciju)

$4\ NH_3 + 5\ O_2 \rightarrow 4\ NO + 6\ H_2O$ $\qquad$ $2\ NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2$

$4\ NO_2 + O_2 + 2\ H_2O \rightarrow 4\ HNO_3$

2. Aprēķini **C** masas daļu beigās iegūtajā tās šķīdumā! *(2p)*

Dalot amonjaka un skābekļa masu ar molmasu, aprēķina, ka sākotnēji kolbā iepildītais amonjaka daudzums bija 1,00 mol un skābekļa daudzums 2,00 mol. Reakcijās slāpeklis veidoja 1,00 mol NO, tad 1,00 mol NO_2 un visbeidzot 1,00 mol HNO_3, savukārt O2 un H2O daudzuma izmaiņas apkopotas tabulā:

	$n(O_2)$	$n(H_2O)$
sākumā	2,00	0
$NH_3 + 1{,}25\ O_2 \rightarrow NO + 1{,}5\ H_2O$	–1,25	+1,50
$NO + 0{,}5\ O_2 \rightarrow NO_2$	–0,50	
$NO_2 + 0{,}25\ O_2 + 0{,}5\ H_2O \rightarrow HNO_3$	–0,25	–0,50
beigās	0	1,00

Tātad beigās kolbā bija tikai 1,00 mol HNO_3 un 1,00 mol H_2O, kas atdzesējot izveidoja slāpekļskābes šķīdumu, kurā slāpekļskābes masas daļa bija:

$$w = \frac{m(HNO_3)}{m(\text{šķ})} = \frac{63{,}0}{63{,}0 + 18{,}0} = \mathbf{77{,}8\%}$$

3. Aprēķini spiedienu, kāds bija kolbā pēc aprakstītajām pārvērtībām. Ignorē gaistošu šķidru vielu piesātināta tvaika spiedienu! (1p)

Tā kā gāzveida produkti kolbā nepalika (un slāpekļskābes un ūdens tvaika spiedienu ignorējam), spiediens bija 0.

Atbalstītāji:
Grindex
LATVIJAS VALSTS KOKSNES ĶĪMIJAS INSTITŪTS
kinetics
Latvijas Organiskās sintēzes institūts
TENA CHEM MEMBER OF THE SOUDAL GROUP
Olpha

2. uzdevums *Ķīmiķis Šerloks darbībā* *12 punkti*

Sadedzinot 10,0 g organiskas vielas rodas 13,03 L CO_2 (n.a.) un 10,47 g ūdens. Šīs organiskās vielas tvaiku blīvums pret slāpekli N_2 ir 3,07.

1. Aprēķini sadedzinātās vielas molmasu. *(0,5p)*

Izmanto tvaiku relatīvo blīvumu pret slāpekli un aprēķina vielas molmasu:

$$M = d \cdot M(N_2) = 3{,}07 \cdot 28{,}0 = 86{,}0 g/mol$$

2. Aprēķini vielas empīrisko formulu un molekulformulu. *(2,5p)*

Aprēķina savienojumā ietilpstošo oglekļa, ūdeņraža un skābekļa daudzumu un masu:

$$n(C) = n(CO_2) = \frac{V}{V_o} = \frac{13{,}03}{22{,}4} = 0{,}582 mol$$
$$n(H) = 2 \cdot n(H_2O) = \frac{m}{M} = 2 \cdot \frac{10{,}47}{18{,}0} = 1{,}163 mol$$
$$m(C) = n(C) \cdot A(C) = 0{,}582 \cdot 12{,}0 = 6{,}984 g$$
$$m(H) = n(H) \cdot A(H) = 1{,}163 \cdot 1{,}01 = 1{,}175 g$$
$$m(O) = m(kop) - m(C) - m(H) = 10{,}00 - 6{,}984 - 1{,}175 = 1{,}841 g$$
$$n(O) = \frac{m}{M} = \frac{1{,}841}{16{,}0} = 0{,}115 mol$$

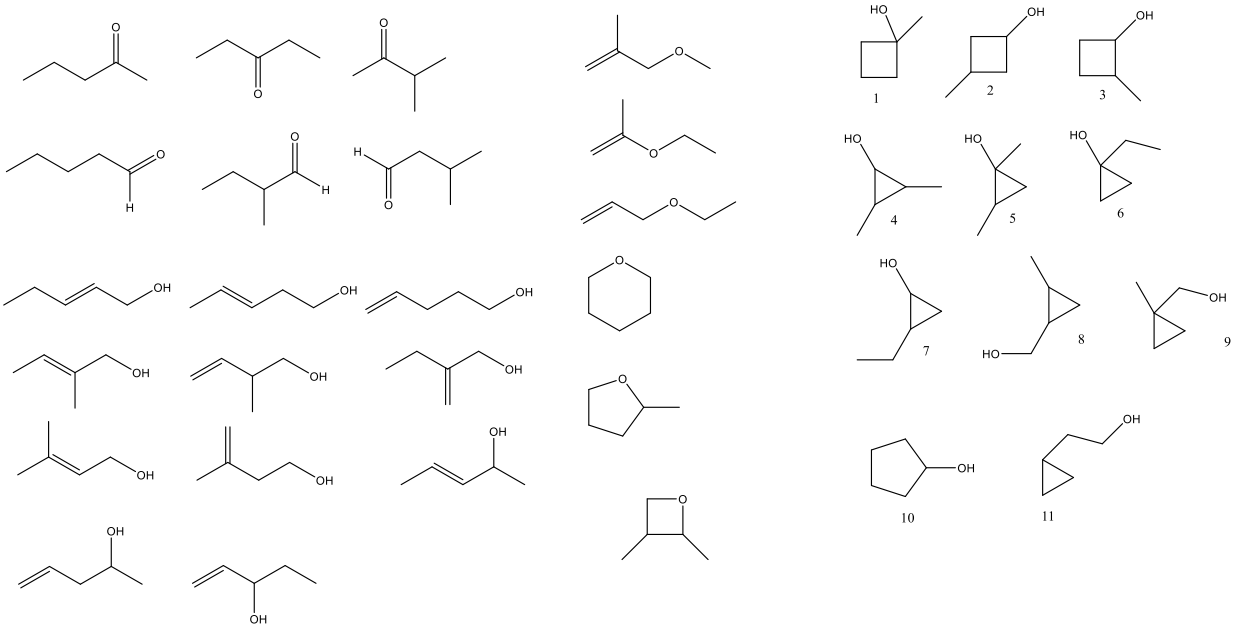
Aprēķina savienojuma empīrisko formulu:

$$C : H : O = \frac{n(C)}{n(O)} : \frac{n(H)}{n(O)} : \frac{n(O)}{n(O)} = \frac{0{,}582}{0{,}115} : \frac{1{,}163}{0{,}115} : \frac{0{,}115}{0{,}115} = 5 : 10 : 1$$

Gan empīriskā formula, gan molekulformula tātad ir **$C_5H_{10}O$**.

3. Noteiktajai molekulformulai atbilst savienojumi, kuri pieder pie 6 dažādām organisko savienojumu apakšklasēm (4 klases, divām no kurām iespējamas atšķirības arī citu funkcionālo grupu esamībā struktūrā). Katrai savienojumu apakšklasei uzzīmē vismaz 2 izomēru struktūrformulas! *(5p)*

Jābūt vismaz 2 ketoniem, 2 aldehīdiem, 2 nepiesātinātajiem spirtiem, 2 cikliskajiem spirtiem, 2 nepiesātinātajiem ēteriem, 2 cikliskajiem ēteriem. Attēlā doti iespējamie ketoni, aldehīdi, nepiesātinātie spirti un cikliskie spirti, un daži no nepiesātinātajiem un cikliskajiem ēteriem



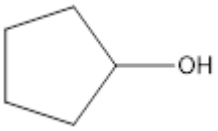
Par katru klasi 0,5 p, ja visām klasēm 2 izomēri + 2 p (ja ne visiem, bet vismaz 2 klasēm, tad + 1 p)

Par sadedzināto vielu ir zināma šāda informācija: a) tas neatkrāso bromūdeni, b) to nevar reducēt, c) to var oksidēt, nesagraujot savienojuma pamatstruktūru un d) tam nav stereoizomēru.

4. Katram no punktiem (a) – (d) pieraksti, kuru(-as) no 6 savienojumu apakšklasēm tas izslēdz! *(2p)*

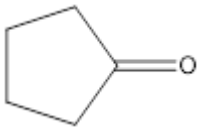
(a) izslēdz nepiesātos spirtus un nenepiesātinātos ēterus
(b) izslēdz ketonus un aldehīdus
(c) izslēdz ketonus, cikliskos ēterus (ja vien nav uzrakstīta reakcija, kurā tos oksidē par cikliskajiem esteriem) un trešējos cikliskos spirtus (atbilde nav obligāta)
(d) izslēdz gandrīz visus cikliskos spirtus

5. Nosaki sadedzinātā savienojuma struktūrformulu. Uzraksti tā nosaukumu pēc IUPAC nomenklatūras! *(1,5p)*



ciklopentanols. Kā pareizā atbilde der arī 2-ciklopropiletan-1-ols

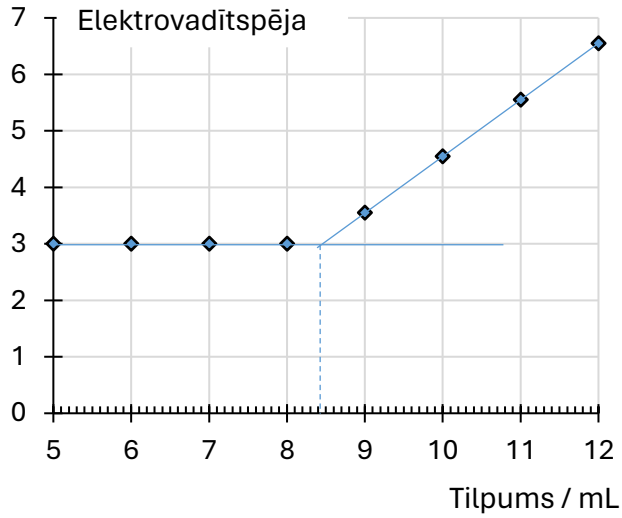
6. Uzzīmē tā struktūru pēc oksidēšanas? *(0,5p)*



3. uzdevums *Iekļaujošā titrēšana* *13 punkti*

Beigu punkta noteikšanai titrēšanā var izmantot gan atbilstoša indikatora krāsas maiņu, gan arī kāda fizikāla parametra mērījumus, kā tas apskatīts šajā uzdevumā.

Ņēma 10,00 mL nātrija hidroksīda parauga **P1**, ko pārnesa 100 mL mērkolbā un atšķaidīja līdz atzīmei. No mērkolbas titrēšanai ņem 10,00 mL šķīduma. Šo nātrija hidroksīda šķīdumu titrēja ar sālsskābi, kuras koncentrācija ir 0,0500 mol/L, mērot elektrovadīstspējas atkarība no pieliktā sālsskābes tilpuma, kas dots attēlā.



1. Uzraksti titrēšanas reakcijas vienādojumu! *(0,5p)*

$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

2. No grafika nosaki titrēšanas reakcijas beigu tilpumu! *(1p)*

Pēc grafika noteiktais stehiometriskais tilpums ir **8,45 mL** (der atbilde 8,3-8,6 mL**)**

3. Nosaki nātrija hidroksīda koncentrāciju 100 mL mērkolbā. *(1p)*

$$C(NaOH) = \frac{C(HCl) \cdot V(HCl)}{V(NaOH)} = \frac{0{,}0500 \cdot 8{,}45}{10{,}00} = \mathbf{0{,}0423\ mol/L}$$

4. Nosaki nātrija hidroksīda koncentrāciju oriģinālajā paraugā **P1**. *(0,5p)*

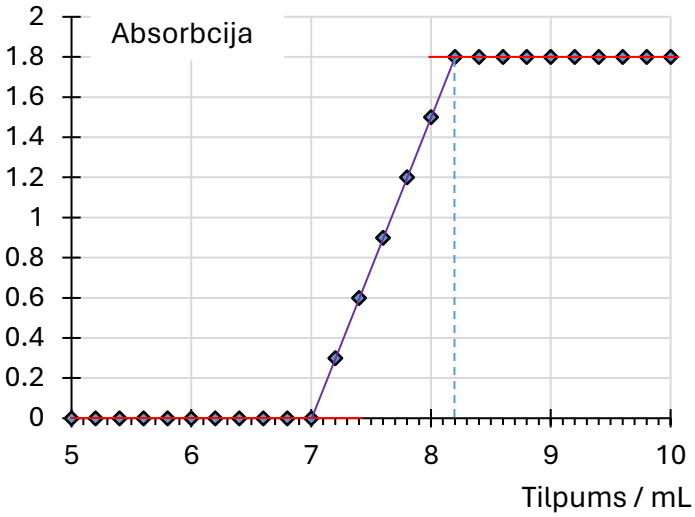
Koncentrācija oriģinālajā paraugā bija 10 reizes lielāka, jo nātrija hidroksīda šķīdumu atšķaidīja 10 reizes: c = **0,423 mol/L**.

5. Uzraksti kādi joni nosaka elektrovadītspēju pirms titrēšanas sākuma, kādi titrēšanas laikā pirms stehiometriskā punkta sasniegšanas, un kādi joni pēc tā sasniegšanas! *(1,5p)*

- Pirms titrēšanas sākuma elektrovadītspēju nosaka **Na^+** un **OH^-**;
- titrēšanas laikā pirms stehiometriskā punkta **Na^+, OH^-** un **Cl^-** (izreģējušo OH^- jonu daudzums vienāds pievienoto Cl^- jonu daudzumu, tālab elektrovadītspēja nemainās),
- pēc stehiometriskā punkta elektrovadītspēju nosaka **Na^+, Cl^-** un **H^+**.

Citā eksperimentā veica hlorīdu noteikšanu pēc Mora metodes: hlorīdus saturošam šķīdumam pievieno nedaudz kālija hromāta un titrē ar sudraba (I) nitrāta šķīdumu. Sākotnēji paraugā rodas baltas nogulsnes, bet pēc stehiometriskā punkta parādās sarkanbrūnas nogulsnes, kuru parādīšanos klasiskā variantā izmanto titrēšanas beigu punkta noteikšanai.

No 100 mL hlorīdus saturoša parauga **P2** ņēma 5,00 mL un pievienoja nedaudz kālija hromāta. Paraugu titrēja ar sudraba (I) nitrāta šķīdumu (c = 0,0200 mol/L) un titrēšanas laikā mērīja gaismas absorbciju pie 450 nm (kas atbilst sarkanbrūnā savienojuma absorbcijas maksimumam), iegūstot doto grafiku. Šķīdumu titrēšanas laikā intensīvi maisīja. Pieņem, ka nogulšņu veidošanās absorbciju neietekmē un ka nenotiek nevēlami blakusprocesi.



6. Uzraksti visu titrēšanā iesaistīto ķīmisko reakciju vienādojumus. *(1,5p)*

$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl\downarrow$

$2Ag^+ + CrO4^{2-} \rightarrow Ag_2CrO4\downarrow$

7. Izskaidro, kādēļ divos no apgabaliem absorbcija nemainās, bet līknes vidū tā lineāri pieaug! *(1,5p)*

- Apgabalā līdz 7,0 mL veidojas balts AgCl, kas gaismu neabsorbē.
- Apgabalā no 7,0 līdz 8,2 mL notiek sarkanbrūnā Ag_2CrO_4 veidošanās, gaismas absorbcija pieaug, jo sudraba (I) nitrāta pievienošana rezultējas ar papildus Ag_2CrO_4 veidošanos
- Visi CrO_4^{2-} ir izreaģējis, pievienotais sudraba (I) nitrāts gaismu neabsorbē.

8. No grafika nosaki titrēšanas reakcijas beigu tilpumu! *(1p)*

Titrēšanas beigu tilpums ir 7,0 mL, kad izreāgējuši visi hlorīdjoni.

9. Aprēķini hlorīdu koncentrāciju paraugā **P2**. *(1p)*

$$C(Cl^-) = \frac{C(Ag^+) \cdot V(Ag^+)}{V(Cl^-)} = \frac{0{,}0200 \cdot 7{,}0}{5{,}00} = 0{,}028\ mol/L$$

10. Aprēķini hlorīdu masas koncentrāciju γ (g/L) analizējamajā paraugā **P2**. *(1p)*

Ņem vērā, ka titrēšanai ņēma 5,00 mL, bet **P2** tilpums bija 100 mL:

$$m_{Cl^-} = n_{Cl^-} \cdot M_{Cl^-} = c_{Cl^-} \cdot V_{Cl^-} \cdot M_{Cl^-} = 0{,}028 mol/L \cdot 0{,}100 L \cdot 35{,}45\ g/mol = 0{,}099\ g$$

Kods: _____

$$\gamma = \frac{m}{V} = \frac{0{,}099\ g}{0{,}100\ L} = \mathbf{0{,}99\ g/L}$$

11. No grafika nosaki, kāda bija paraugam pievienotā kālija hromāta masa. *(1p)*

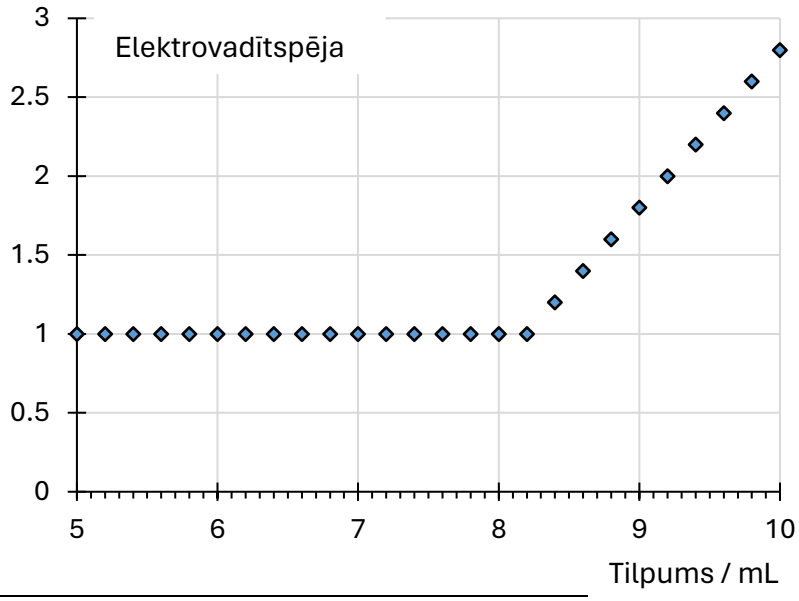
Reakcija $2Ag^+ + CrO4^{2-} \rightarrow Ag_2CrO4\downarrow$ sākās, kas bija pievienoti 7,0 mL $AgNO_3$ un beidzās, kad bija pievienoti 8,2 mL. Tātad reakcijas noreisei nepieciešami 1,2 mL, no kā aprēķinam:

$$n(K_2CrO_4) = \frac{n(AgNO_3)}{2} = \frac{c(AgNO_3)\,V(AgNO_3)}{2} = \frac{0{,}0200\ mol/L\ \cdot 0{,}0012\ L}{2} = 0{,}000012\ mol$$

$$m(K_2CrO_4) = n(K_2CrO_4) \cdot M(K_2CrO_4) = 1{,}2 \cdot 10^{-5} \cdot 194 = 2{,}3 \cdot 10^{-3} g = \mathbf{2{,}3\ mg}$$

12. Vai hlorīdu noteikšanu pēc šīs metodes var veikt, mērot elektrovadītspēju? Uzzīmē atbilstošo titrēšanas līkni, kas parāda elektrovadītspējas temperatūras atkarību! *(1,5p)*

Nē, šo titrēšanu aprakstītajā izpildījumā (t.i. pievienojot kālija hromātu) nevar lietot, mērot šķīduma elektrovadītspēju, jo tā tikpat kā nemainīsies, līdz nebūs izreaģējuši visi hlorīdi un hromāti (nogulsnējušos hlorīdus un hromātus aizstās nitrāti), un tikai pēc tam novēros elektrovadītspējas palielināšanos. Titrēšanas līkne tātad būs šāda:



4. uzdevums *Ieslodzītā gāze* *11 punkti*

Metāna hidrāts ir ciets savienojums, kurā ūdens kristāliskajā struktūrā ir ievietojušās metāna molekulas, veidojot ledum līdzīgu cietu vielu. Lielas šāda savienojuma atradnes sastopams okeānā zem okeāna gultnes nogulumiem, un ir noteikts, ka metāna daudzums tajās būtiski pārsniedz citās dabasgāzes atradnēs esošo metāna daudzumu.

Sadegot 1,000 g metāna hidrāta rodas 0,1872 L (n.a.) ogļskābā gāze.

1. Aprēķini metāna hidrāta ķīmisko formulu. *Padoms! Hidrātos ūdens molekulu skaits ne obligāti ir vesels skaitlis.* *(2p)*

Sadegšanas reakcijas vienādojums ir

$CH_4 \cdot xH_2O + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + (x+2)\ H_2O$

$$n(hidr) = n(CO_2) = \frac{V}{V_0} = \frac{0{,}1872}{22{,}4} = 0{,}008357\ mol$$

$$M(hidr) = \frac{m(hidr)}{n(hidr)}$$

$$M(hidr) = M(CH_4) + xM(H_2O)$$

$$x = \frac{\frac{m(hidr)}{n(hidr)} - M(CH_4)}{M(H_2O)} = \frac{\frac{1{,}000}{0{,}008357} - 16{,}05}{18{,}02} = \mathbf{5{,}75}$$

Tātad formula ir **$CH_4 \cdot 5{,}75H_2O$**

2. Aprēķini metāna masas daļu metāna hidrātā. *(1p)*

$$w = \frac{M(CH_4)}{M(hidr)} = \frac{16{,}05}{16{,}05 + 5{,}75 \cdot 18{,}02} = \mathbf{13{,}4\%}$$

Metāna hidrāta tipisks blīvums ir 0,92 g/cm^3.

3. Aprēķini metāna gāzes tilpumu (L) pie 100,0 kPa un 25 °C, ko satur 1,000 L metāna hidrāta. *(2p)*

$$m(hidr) = d \cdot V = \frac{0{,}92g}{mL} \cdot 1000\ mL = 920\ g$$

$$n(CH_4) = n(hidr) = \frac{m(hidr)}{M(hidr)} = \frac{920}{119{,}67} = 7{,}69\ mol$$

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{7{,}69 \cdot 8{,}314 \cdot (273 + 25)}{100{,}0\ kPa} = \mathbf{190\ L}$$

Metāna hidrāts kristalizējas kubiskā struktūrā, kuras elementāršūnas malas garums ir 1,188 nm. Ideālas metāna hidrāta kristāliskās struktūras blīvums savukārt ir 0,948 g/cm^3.

4. Aprēķini cik metāna un cik ūdens molekulas ietilpst šīs vielas kubiskajā elementāršūnā. *(2p)*

Varam aprēķināt, cik metāna hidrāta formulvienības ietilpst šādā elementāršūnā:

$$V_{elš} = a^3 = (1{,}188\ nm)^3 = (1{,}118 \cdot 10^{-7}\ cm)^3 = 1{,}677 \cdot 10^{-21}\ cm^3$$

$$m_{elš} = \rho \cdot V_{elš} = 0{,}948 g/cm^3 \cdot 1{,}677 \cdot 10^{-21}\ cm^3 = 1{,}590 \cdot 10^{-21} g$$

$$n_{elš} = \frac{m_{elš}}{M_{hidr}} = \frac{1{,}590 \cdot 10^{-21} g}{119{,}67 g/mol} = 1{,}329 \cdot 10^{-23}\ mol$$

$$N = n \cdot N_A = n \cdot N_A = 1{,}329 \cdot 10^{-23} \cdot 6{,}022 \cdot 10^{23} = 8{,}0$$

Tātad elelemtāršūna satur **8 CH_4** molekulas un 8·5,75 = **46 H_2O** molekulas.

Zināms, ka metāna sadegšanā par gāzveida produktiem izdalītais siltuma daudzums ir 802 kJ/mol (t.i. sadegšanas entalpija $\Delta_{sad}H = -802$ kJ/mol). Šķidra ūdens iztvaicēšanai patērētais siltuma daudzums ir 40,7 kJ/mol (t.i. iztvaikošanas entalpija $\Delta_{iztv}H = +40{,}7$ kJ/mol). Metāna hidrāta sadalīšanai par metānu un šķidru ūdeni patērētais siltuma daudzums ir 53,3 kJ/mol (t.i. sadalīšanās entalpija $\Delta_{sad}H = +53{,}3$ kJ/mol). Ja nenoteici metāna hidrāta formulu, tālākajiem aprēķiniem pieņem, ka uz katru metāna molekulu tas satur 4 ūdens molekulas.

5. Aprēķini siltumu, kas saistīts ar pilnīgu 1 mola metāna hidrāta sadegšanu un ūdens pārvēršanu gāzes fāzē(t.i. sadegšanas entalpiju)! *(1,5p)*

Metāna hidrāta sadegšana, kas definēta kā tā pilnīga sadegšanu un ūdens pārvēršana gāzes fāzē, tātad ir summa no 3 procesiem: metāna hidrāta sadalīšanās, šķidrā ūdens iztvaikošanas un metāna pilnīgas sadegšanas. Tātad arī kopējais siltums ir summa no šiem procesiem, ievērojot to, ka dažos procesos siltums izdalās, bet citos tiek patērēts.

$CH_4 \cdot 5{,}75H_2O(s) \rightarrow CH_4(g) + 5{,}75H_2O(l)$ $\quad \Delta H = 53{,}3$

$H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$ $\quad \Delta H = 40{,}7$

$CH_4(g) + 2\ O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(g)$ $\quad \Delta H = -802$

Tātad metāna hidrāta sadegšanas siltums ir: $53{,}3 + 5{,}75 \cdot 40{,}7 - 802 = -514{,}7$ kJ/mol

Der arī atbilde, ka sadegšanā izdalītais siltums ir 514,7 kJ/mol

(Ja metāna hidrāta molekulā būtu 4 ūdens molekulas, tad –585,9 kJ/mol)

6. Aprēķini siltuma daudzumu, kas izdalīsies, sadegot 1,00 cm^3 sašķidrināta metāna (blīvums = 0,423 g/cm^3) un 1,00 cm^3 metāna hidrāta! *Pieņem, ka gāzveida un šķidra metāna sadegšanas siltums ir vienāds!* *(2,5p)*

Aprēķinam 1,00 cm^3 metāna hidrāta masu, daudzumu un sadegšanā izdalīto siltumu:

$$m = \rho \cdot V = 0{,}920 g/cm^3 \cdot 1{,}00\ cm^3 = 0{,}920 g$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0{,}920\ g}{119{,}67 g/mol} = 0{,}00769\ mol$$

$$Q = n \cdot Q_{mol} = 0{,}00769 \cdot (-514{,}7) = \mathbf{-3{,}96\ kJ}$$

(Ja metāna hidrāta molekulā būtu 4 ūdens molekulas, tad –6,11 kJ)

Aprēķinam 1,00 cm^3 metāna hidrāta masu, daudzumu un sadegšanā izdalīto siltumu:

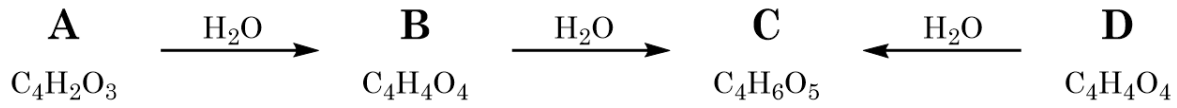
$$m = \rho \cdot V = 0{,}423\ g/cm^3 \cdot 1{,}00\ cm^3 = 0{,}423 g$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0{,}423\ g}{16{,}05 g/mol} = 0{,}0264\ mol$$

$$Q = n \cdot Q_{mol} = 0{,}0264 \cdot (-802) = \mathbf{-21{,}2\ kJ}$$

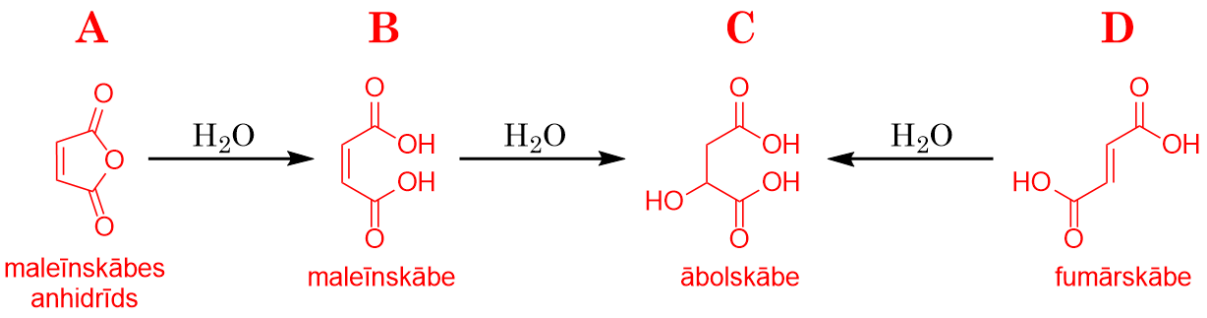
5. uzdevums *Ar skābēm nav viegli* *12 punkti*

Dota pārvērtību shēma starp četriem organiskiem savienojumiem:



B, **C** un **D** piemīt skābas īpašības. Katra no vielām **A** – **D** reaģē ar 2 ekvivalentiem nātrija hidroksīda. **A** nav Brensteda skābe, un tās reakcijā ar nātrija hidroksīdu rodas **B** nātrija sāls. **A** iegūst, dehidratējot **B**.

1. Uzzīmē **A**, **B**, **C**, **D** struktūrformulas. *(4p)*



B un **D** shēmā iespējams atšķirt, ievērojot, ka **D** neveidos ciklisku anhidrīdu ģeometrisku apsvērumu dēļ (*trans*-dubultsaite ciklā).

2. Piedāvā reaģentu, ar kuru varētu atšķirt **C** no **D**. Uzraksti sagaidāmos novērojumus! *(1p)*

Piemēram, ar Br_2 šķīdumu: pievienojot **D**, tas atkrāsosies, bet ar **C** reakcijas pazīmes nenovēros.

***Ievēro**! Tālāk vari risināt, arī ja vielas **A** – **D** neatšifrēji!*

Procesi **B** + H_2O ⇌ **C** un **C** ⇌ **D** + H_2O var būt apgriezeniski, t.i., līdzsvara reakcijas. Pieņemsim, ka noteiktos apstākļos līdzsvara konstante (K_c) pirmajai reakcijai ir $K_1 = 8{,}10 \cdot 10^{-4}$, bet otrajai $K_2 = 2600$. *Ievēro, ka šo konstanšu izteiksmēs parādās arī ūdens, jo šoreiz tas nav šķīdinātājs!*

3. Aprēķini līdzsvara konstanti reakcijai **C** ⇌ **B** + H_2O. *(1p)*

Pretējai reakcijai līdzsvara konstante $K_{-1} = 1/K_1 = 1/(8{,}10 \cdot 10^{-4}) = 1230$

Ķīmiķis Žanis izšķīdināja vielu **C** atbilstošā šķīdinātājā un, lai ātrāk sasniegtu līdzsvaru, pievienoja katalizatoru. Pēc līdzsvara iestāšanās viņš konstatēja, ka šķīdums satur gan izejvielu **C**, gan abu iespējamo reakciju produktus **B** un **D**.

4. Aprēķini vielu **B** un **D** koncentrāciju attiecība ([**B**] : [**D**]) pēc līdzsvara iestāšanās! *(2p)*

$$K_1 = \frac{[\mathbf{C}]}{[\mathbf{B}][H_2O]};\ K_{-1} = \frac{[\mathbf{B}][H_2O]}{[\mathbf{C}]};\ K_2 = \frac{[\mathbf{D}][H_2O]}{[\mathbf{C}]}$$

Līdz ar to redzam, ka:

$$\frac{K_{-1}}{K_2} = \frac{[\mathbf{B}][H_2O]}{[\mathbf{C}]} : \frac{[\mathbf{C}]}{[\mathbf{D}][H_2O]} = \frac{[\mathbf{B}]}{[\mathbf{D}]}$$

$$\frac{[\mathbf{B}]}{[\mathbf{D}]} = \frac{1230}{2600} = 0{,}47$$

Žani interesēja iespēja skābi **B** pārvērst par tās izomēru **D**, izmantojot doto reakciju virkni. Viņš vēlējās uzzināt, kāds būs sagaidāmais reakcijas iznākums, ja 2,00 g **B** un 0,15 g H_2O izšķīdinātu 250 mL šķīdinātāja un ar katalizatora palīdzību ātri sasniegtu līdzsvaru. Tomēr visai drīz viņš saprata, ka, lai vienkāršotu aprēķinu, ir jāizdara kāds pieņēmums.

5. Kurš no pieņēmumiem ir atbilstošs dotajai situācijai? Izvēlieties vienu un īsi paskaidro! *(1p)*
   a. Pēc līdzsvara iestāšanās **B** koncentrācija ir niecīga
   b. **Pēc līdzsvara iestāšanās C koncentrācija ir niecīga**
   c. **C** un **D** koncentrācijas ir aptuveni vienādas visā reakcijas gaitā
   d. Abas reakcijas (**B** → **C** un **C** → **D**) notiek pilnībā

Pēc līdzsvara iestāšanās **C** koncentrācija ir niecīga

Pieņēmums ir spēkā, jo $K_2 >> 1$ un $K_1 << 1$, t.i., **C** viegli dehidratējas abos virzienos.

Kods: _____

6. Izmanto attiecīgo pieņēmumu un aprēķini sagaidāmo **D** sintēzes iznākumu (%) brīdī, kad ir pilnībā iestājies līdzsvars! *(2p)*

Pēc masas bilances $[\mathbf{B}]_0 = [\mathbf{B}] + [\mathbf{C}] + [\mathbf{D}]$. Ja **C** koncentrācija ir niecīga, tad $[\mathbf{B}]_0 = [\mathbf{B}] + [\mathbf{D}]$. Ievērojam arī, ka $[\mathbf{B}]/[\mathbf{D}] = 0{,}47$ (tas izriet tikai no līdzsvara konstanšu izteiksmēm). Tad iznākums = $\frac{[\mathbf{D}]}{[\mathbf{B}]_0} = \frac{[\mathbf{D}]}{[\mathbf{B}]+[\mathbf{D}]} = \frac{[\mathbf{D}]}{0{,}47[\mathbf{D}]+[\mathbf{D}]} = \frac{[\mathbf{D}]}{1{,}47[\mathbf{D}]} = \frac{1}{1{,}47} = 0{,}68\ (68\%)$

7. Kas varētu palielināt **D** iznākumu šādā pārvērtībā? Izvēlies vienu vai vairākus! *(1p)*
   a. Lielāka **B** sākotnējā koncentrācija
   b. Mazāka **B** sākotnējā koncentrācija
   c. Lielāks izmantotais ūdens daudzums
   d. Pastāvīga D izvadīšana no reakcijas vides
   e. Efektīvāks katalizators

6. uzdevums *A-lu-mīni-mani?* *12 punkti*

Alumīniju iegūst no alumīnija rūdas jeb boksīta, kas sastāv no tādiem minerāliem kā gibsīta ($Al(OH)_3$), bērnīta un diaspora (divas AlO(OH) modifikācijas), kā arī hematīta Fe_2O_3, geotīta FeO(OH) un mālu minerālu piemaisījumiem.

Boksītu karsē kopā ar koncentrētu nātrija hidroksīda šķīdumu, šajā procesā veidojoties vielai **A**. Iegūto karsto maisījumu nofiltrē, atdalot tā sauktos "sarkanos dubļus". Filtrātu atdzesē, šajā procesā **A** sadaloties par kristālisku vielu **B**. Pēc nožāvēšanas iegūto **B** karsē, tam sadaloties par bināru savienojumu **C**.

Lai iegūtu tīru alumīniju, iegūto **C** izšķīdina izkausētā kriolītā (Na_3AlF_6), un kausējumā ievieto elektrodus: grafīta katodu un koksa (no akmeņoglēm iegūta oglekļa) anodu. Kausējumā notiek elektrolīze, pie viena no elektrodiem veidojas īpaši tīrs alumīnijs, savukārt pie otra izdalās bināra gāze **D**, šim elektrodam reakcijā pamazām izreaģējot. Gāzē **D** skābekļa masas daļa ir 72,7%.

1. Uzraksti vielu **A** – **D** ķīmiskās formulas! *(3p)*

A = $Na[Al(OH)_4]$ vai $NaAlO_2$; **B** = $Al(OH)_3$, **C** = Al_2O_3; **D** = CO_2

2. Uzraksti visu aprakstīto ķīmisko pārvērtību reakciju vienādojumus (rakstot vienādojumus pieņem, ka boksīts sastāv tikai no gibsīta un hematīta)! *(2p)*

Ķīmisko reakciju vienādojumi:

$Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow Na[Al(OH)_4]$ vai arī $Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow NaAlO_2 + 2\ H_2O$

$Na[Al(OH)_4] \rightarrow Al(OH)_3 + NaOH$ vai arī $NaAlO_2 + \rightarrow Al(OH)_3 + NaOH$

$2\ Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 + 3\ H_2O$

$2\ Al_2O_3 + 3\ C \rightarrow 4\ Al + 3\ CO_2$

3. Pie kura no elektrodiem rodas alumīnijs, bet pie kura izdalās gāze **D**? Uzraksti pie elektrodiem notiekošo oksidēšanās vai reducēšanās reakciju vienādojumus! *(2p)*

Alumīnijs rodas pie **katoda**. $Al^{3+} + 3\ e^- \rightarrow Al$

Pie **anoda** izdalās CO_2 vai CO: $2\ O^{2-} + C - 4\ e^- \rightarrow CO_2$ (vai arī $2\ O^{2-} - 4\ e^- \rightarrow O_2$, ja uzrakstīta arī reakcija $C + O_2 \rightarrow CO_2$

Elektrolīzi parasti veic pie 4,7 V sprieguma un ar 100 kA strāvas stiprumu.

4. Aprēķini, cik ilgā laikā šādos apstākļos var iegūt 1,00 kilogramu alumīnija! *(1p)*

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1000g}{26{,}98g/mol} = 37{,}06\ mol$$

$$t = \frac{nFz}{I} = \frac{37{,}06 \cdot 96485 \cdot 3}{100\,000} = \mathbf{107\ s}$$

5. Kāds ir enerģijas patēriņš (kWh) 1,00 kg alumīnija iegūšanai, ja to veic augstāk minētajos apstākļos un nenotiek papildus enerģijas zudumi un blakusreakcijas? *(kWh = kW·h; Vats (W) ir jaudas mērvienība, un jauda ir strāvas un sprieguma reizinājums, 1 W = 1 A · 1 V)* *(1p)*

Tātad elektrolīzi jāveic 107 s pie sprieguma 4,7 V un strāvas stipruma 100 kA.

$$100\ kA \cdot 4{,}7\ V \cdot \frac{107}{3600} s = \mathbf{14{,}0\ kWh}$$

Ņēma 1,00 tonnu boksīta, kas satur tikai gibsītu, bērnītu un hematītu un pēc aprakstītā procesa no tā ieguva 331 kg alumīniju. Noteica, ka šajā procesā radās 150 kg (masa pēc izžāvēšanas) sarkanie dubļi.

6. Aprēķini sākotnējo maisījuma sastāvu masas daļās, ja pieņem, ka visi procesi notika ar 100% iznākumu, un ar nātrija hidroksīdu reaģē tikai gibsīts un bērnīts! *(3p)*

Saskaņā ar doto, hematīts reakcijās nepiedalās, līdz ar ko tā masa bija 150 kg, savukārt gibsīta $Al(OH)_3$ un bērnīta AlO(OH) kopējā masa ir 850 g. Līdz ar to varam uzrakstīt vienādojumu sistēmu, ņemot vērā, ka 1 ekvivalents gan gibsīta, gan bērnīta dod vienu ekvivalentu alumīnija.

$$\begin{cases} n_g M_g + n_b M_b = 850\ kg \\ (n_g + n_b) A_{Al} = 331\ kg \end{cases}$$

$$\begin{cases} 78{,}0\ n_g + 60{,}0\ n_b = 850 \\ (n_g + n_b) 27{,}0 = 331 \end{cases}$$

$$n_b = 12{,}36 - n_g$$

$$78{,}0\ n_g + 60{,}0\ (12{,}36 - n_g) = 850$$

$$78{,}0\ n_g - 60{,}0 n_g = 850 - 741{,}6$$

$$n_g = 6{,}022\ mol$$

$$m_g = n_g M_g = 78{,}0 \cdot 6{,}022 = 470\ kg$$

Tātad **w(gibsīts) = 47,0%, w(bērnīts) = 38,0% un w(hematīts) = 15,0%**.

7. uzdevums *Modes, mākslas un nāves krāsa* *11 punkti*

19. gadsimta sākumā radītā krāsviela **A**, saukta arī Parīzes zaļais, Francijā kļuva par modes kliedzienu – tas greznoja Versaļas pils tapetes, spožus balles tērpus un pat kūkas. Sezāns to uztriepa savām gleznām, dāmas to nēsāja ar apbrīnojamu pašpaļāvību, bet Parīzes kanalizācijā to izmantoja žurku iznīcināšanai. Nekas neatturēja augsto sabiedrību no krāsvielas **A** pielūgsmes, un tikai tad, kad cilvēki sāka noslēpumaini slimot un zinātnieki saprata, ka nav prātīgi elpot, nēsāt un ēst šo toksisko elementu **X** saturošo vielu, Parīzes zaļais tika pakāpeniski aizliegts.

Krāsvielu **A** iespējams iegūt no izejvielām **B**, **C** un **D**. Viela **B** ir ūdenī nešķīstošs melns oksīds, kurā metāla **Y** masas daļa ir 79,9%. **C** ir ikdienā plaši izmantots šķidrums ar raksturīgu asu smaku, un tam piemīt skābes īpašības. **D** ir ūdenī nešķīstošs balts oksīds, kurā elementa **X** masas daļa ir 75,7%. Sākumā **B** reakcijā ar koncentrētu **C** šķīdumu iegūst tumši zilu vielu **E** saturošu šķīdumu. Zilajam **E** šķīdumam pievienojot **D**, šķīdums atkrāsojas, izveidojoties zaļām nogulsnēm **A** un šķīdumā veidojoties arī vielai **F**.

Kods: _____

Vielas **A** molmasa ir 1014 g/mol, un tā ir **Y** dubultsāls, kura sastāvā ietilpst divi dažādi anjoni. **X** saturošais anjons ir veidots no deviņiem atomiem, tas satur ciklisku fragmentu, un katrs **X** atoms tajā veido 3 saites. **X** oksidēšanās pakāpe šajā anjonā ir tāda pat kā savienojumā **D**.

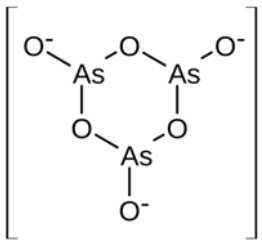
1. Uzraksti toksiskā elementa **X** un vielu **B** – **F** ķīmiskās formulas! *(6p)*

X – As; B – CuO; C – CH_3COOH; D – As_2O_3; E – $(CH3COO)_2Cu$; F – CH_3COONa

2. Uzraksti no kādiem joniem ir veidota viela **A**. *(2p)*

Viela veidota no joniem Cu^{2+}, $As_3O_6^{3-}$ un CH_3COO^-

3. Uzzīmē **X** saturošā anjona struktūru! *(1p)*



4. Uzraksti savienojuma **A** ķīmisko formulu! *(2p)*

$Cu_4(As_3O_6)_2(CH_3COO)_2$