



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

## KĪMIJAS 62. VALSTS OLIMPIĀDES TREŠĀ POSMA UZDEVUMI 11. KLASEI

(Kopā 104 punkts)

### 1. uzdevums. *Oxi-peroxi-redoxi* (Kopā 10 punkti)

Ūdeņraža peroksīds ir sadzīvē un rūpniecībā plaši pielietots savienojums. To var izmantot brūču apstrādei, materiālu balināšanai, kā arī kā oksidētāju.

- Kādas saites sastopamas  $H_2O_2$  molekulā?
  - Kovalentā polārā saite** (Ir)
  - Kovalentā nepolārā saite** (Ir)
  - Jonu saite (Nav)

Laboratorijā ūdeņraža peroksīdu iespējams iegūt bināra savienojuma **X** reakcijā ar atšķaidītu sērskābi. Papildus reakcijā rodas baltas nogulsnes **Y**, kas nešķīst ne ūdenī, ne skābēs. Abi savienojumi **X** un **Y** satur metālu, kura masas daļa savienojumos ir attiecīgi 81,10% un 58,84%.

- Uzraksti vielas **X** un **Y** ķīmisko formulu?



Rūpnieciski ūdeņraža peroksīdu iegūst pazeminātā temperatūrā elektrolizējot sērskābes šķīdumu. Uz katoda veidojas ūdeņradis, taču uz anoda – savienojums **Z**, kurš ūdenī hidrolizējas par sērskābi un ūdeņraža peroksīdu. Savienojumā **Z** sēra masas daļa ir 33,03%.

- Kāds process notiek uz anoda?
  - Oksidēšanās**
  - Reducēšanās
- Kādi joni uz anoda veido savienojumu **Z**?
  - $OH^-$
  - $SO_4^{2-}$
  - $HSO_4^-$**
- Cik elektroni piedalās reakcijā uz anoda?  
2 elektroni

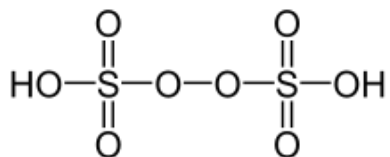


- Uzraksti vielas **Z** ķīmisko formulu?



- Uzzīmē savienojuma **Z** uzbūvi!

(1 punkts)



Ūdeņraža peroksīds reakcijās var darboties gan kā oksidētājs, gan kā reducētājs.

Tev dotas šādas ķīmiskās reakcijas, kurās piedalās ūdeņraža peroksīds:

- (a)  $5 \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{KMnO}_4 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5 \text{O}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$
- (b)  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- (c)  $\text{PbS} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$
- (d)  $2 \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- (e)  $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- (f)  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- (g)  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2 \text{HCl}$

8. Atzīmē reakcijas, kurās ūdeņraža peroksīds darbojas kā oksidētājs!

9. Atzīmē reakcijas, kurās ūdeņraža peroksīds darbojas kā reducētājs!

- (a)  $5 \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{KMnO}_4 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5 \text{O}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$  **R**
- (b)  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$  **O**
- (c)  $\text{PbS} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$  **O**
- (d)  $2 \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$  **O**
- (e)  $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$  **R**
- (f)  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$  **O un R**
- (g)  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2 \text{HCl}$  **R**

## 2. uzdevums. **Sakausētie** (Kopā 11 punkti)

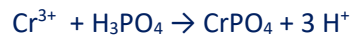
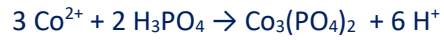
Aleksandrs gatavojās ķīmijas olimpiādei un vēlējās izprast, kā atdalīt metālus sakausējumā. Šķīdinot 31,13 g četru metālu **A**, **B**, **C** un **D** sakausējumu karstā 8 M sālsskābē Aleksandrs novēroja, ka daļa sakausējuma nešķīda. Pēc šķīduma filtrēšanas un filtrpapīra žāvēšanas Aleksandrs noteica, ka nav izšķīduši 6,66 g no sakausējuma. Iegūtajam krāsainajam filtrātam Aleksandrs pievienoja 1 M sērskābes šķīdumu un novēroja baltu nogulšņu veidošanos. Šīs nogulsnes viņš nofiltrēja, izžāvēja un noteica, ka to masa ir 19,57 g. Iegūtās nogulsnes Aleksandrs karsēja mufelkrāsnī 1000 °C temperatūrā aptuveni stundu, pēc kā novēroja, ka izkarsētā parauga krāsa ir mainījusies no baltas uz dzeltenīgu un tā masa nu jau bija 14,40 g. Atlikušo dzidro krāsaino šķīdumu Aleksandrs kvantitatīvi pārnesa 1,00 L mērkolbā un atšķaidīja līdz atzīmei. Iegūto šķīdumu viņš sadalīja divās vienādās daļās un neitralizēja ar amonjaku līdz šķīduma pH bija aptuveni 4. Vienai šķīduma daļai viņš pievienoja ortofosforskābi, bet otrai pievienoja NaOH šķīdumu, līdz pH bija 9. Aleksandrs novēroja, ka abos šķīdumos ir izveidojušās nogulsnes. Pirmā šķīduma nogulšņu masa bija 13,09 g, bet otrā – 9,60 g. Abi šķīdumi pēc filtrācijas bija dzidri un bezkrāsaini.

Zināms, ka trīs no četriem metāliem ir 4.perioda elementi. Šo metālu oksīdi ar stabilāko oksidēšanās pakāpi ir: a) melnā krāsā, kamēr daudzi savienojumi ūdens šķīdumā ir zilā krāsā, b) zaļā krāsā un c) pelēki zaļganā krāsā, ūdens šķīdumā šim metālam veidojot daudz dažādu krāsu savienojumus, t.sk. kompleksos savienojumus.

1. Uzraksti metālu **A**, **B**, **C** un **D** ķīmiskās formulas un to masas daļu (%) analizētajā sakausējumā, ja zināms, ka metāli sarindoti atommasas pieaugšanas secībā, kur **A** ir mazākā, bet **D** lielākā atommasa!

	A	B	C	D
Savienojums	Cr	Co	Cu	Pb
Masas daļa(%)	13,49	22,17	21,39	42,95





Vienādojumu sistēma

$$n_{\text{Cr}} = 2 * n_{\text{Cr}'}$$

$$n_{\text{Co}} = 2 * n_{\text{Co}'}$$

$$M_{\text{Cr}(\text{OH})_3} * n_{\text{Cr}'} + M_{\text{Co}(\text{OH})_2} * n_{\text{Co}'} = 9,60 \text{ g}$$

$$M_{\text{CrPO}_4} * n_{\text{Cr}'} + (M_{\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2} * n_{\text{Co}'})/3 = 13,09 \text{ g}$$

$$103,02 * n_{\text{Cr}'} + 92,95 n_{\text{Co}'} = 9,60 \text{ g}$$

$$146,97 * n_{\text{Cr}'} + (366,74 * n_{\text{Co}'})/3 = 13,09 \text{ g}$$

$$n_{\text{Cr}'} = 0,0932 - 0,9023 n_{\text{Co}'}$$

$$146,97 * n_{\text{Cr}'} + (366,74 * n_{\text{Co}'})/3 = 13,09 \text{ g}$$

$$n_{\text{Cr}'} = 0,0932 - 0,9023 n_{\text{Co}'}$$

$$13,6955 - 132,60 n_{\text{Co}'} + 122,24 n_{\text{Co}'} = 13,09$$

$$n_{\text{Cr}'} = 0,0932 - 0,9023 n_{\text{Co}'}$$

$$-10,36 n_{\text{Co}'} = -0,6055$$

$$n_{\text{Cr}'} = 0,0932 - 0,9023 n_{\text{Co}'}$$

$$n_{\text{Co}'} = 0,0585 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Cr}'} = 0,0404 \text{ mol}$$

$$\text{un } n_{\text{Cr}} = 0,0808 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Co}'} = 0,0585 \text{ mol}$$

$$\text{un } n_{\text{Co}} = 0,1170 \text{ mol}$$

3. uzdevums. “Beigsim borēt smadzenes” (Kopā 12 punkti)

Bors ir interesants ķīmiskais elements, kura veidotie savienojumi deg ar zaļu krāsu. Viens no vienkāršākajiem bora savienojumiem ir binārs savienojums **V**, kurā bora masas daļa ir 78,14%. Patiesībā šis savienojums eksistē dimēra **V<sub>2</sub>** formā, lai bora atomi varētu izpildīt okteta likumu. Šis dimērs **V<sub>2</sub>** labi deg, veidojot cietvielu **Y** un savienojumu **X**. **V<sub>2</sub>** reaģē arī ar kādu vielu **U**, veidojot savienojumu **Z**, kura anjons ir četrvērtīgs. Gan **U**, gan **Z** reaģē ar **X**, veidojot gāzi **T** un citus savienojumus. 20,21 gramiem vielas **Z** reaģējot ar **X** pārākumā, veidojas 4,31 g gāzes **T**.



1) Nosaki minēto savienojumu molekulformulas. (7 punkti)

**V** –  $\text{BH}_3$ , **V<sub>2</sub>** –  $\text{B}_2\text{H}_6$ , **Y** –  $\text{B}_2\text{O}_3$ , **X** –  $\text{H}_2\text{O}$ , **U** –  $\text{NaH}$ ,  
**Z** –  $\text{NaBH}_4$ , **T** –  $\text{H}_2$

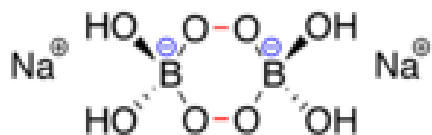
2) Uzraksti **V<sub>2</sub>** degšanas vienādojumu un **Z** reakcijas ar **X** vienādojumu. (2 punkti)



Savienojums **S** satur 4 ķīmiskos elementus ar šādu masas daļu attiecību elementu molmasas pieaugšanas secībā: 2,02% : 10,83% : 64,12% : 23,03%. Zināms, ka savienojums **S** ir diezgan labs oksidētājs un tā struktūrā ir divi četrvērtīgi bora atomi.

3) Nosaki **S** molekulformulu un uzzīmē tā struktūru. (3 punkti)

$\text{Na}_2\text{H}_4\text{B}_2\text{O}_8$  jeb nātrijs perborāts.



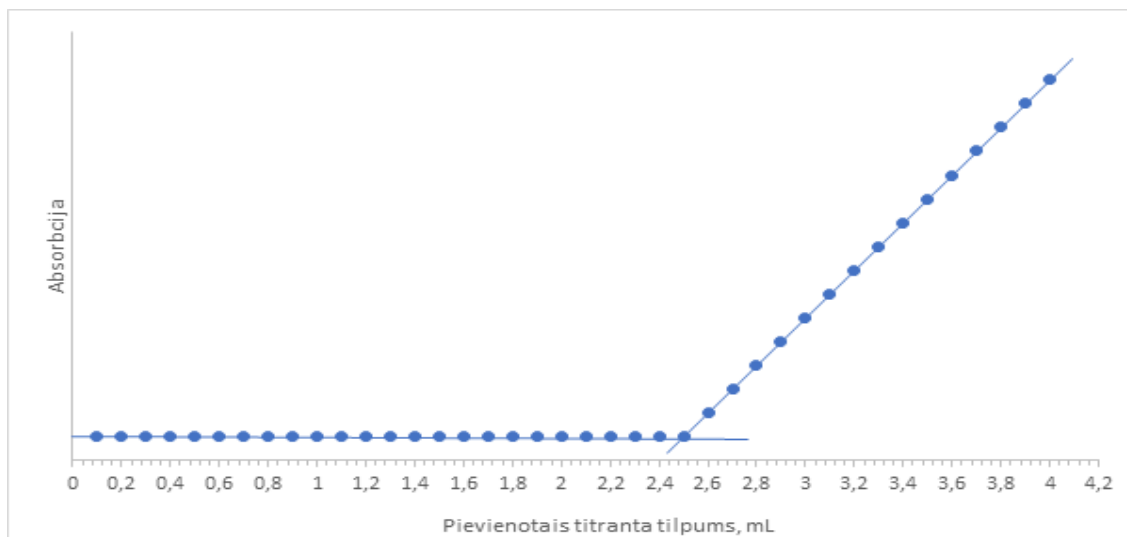
#### 4. uzdevums. *Titrē foto* (Kopā 9 punkti)

Fotometriskā titrēšana ir analītiskās ķīmijas metode, kur titrēšanas reakcijā kāda no izejvielām vai produktiem ir krāsains savienojums, kas absorbē gaismu. Titrēšanas gaitā tiek mērīta analizējamā šķīduma gaismas absorbcija. Ja gaismu absorbējošā viela ir titrants, par reakcijas beigu punktu uzskata brīdi, kad šķīduma absorbcija sāk pieaugt (titrants ir pārākumā), taču, ja absorbējošā viela ir analizējamā šķīduma sastāvā, reakcijas beigu punkts ir brīdis, kad šķīduma absorbcija vairs nesamazinās.

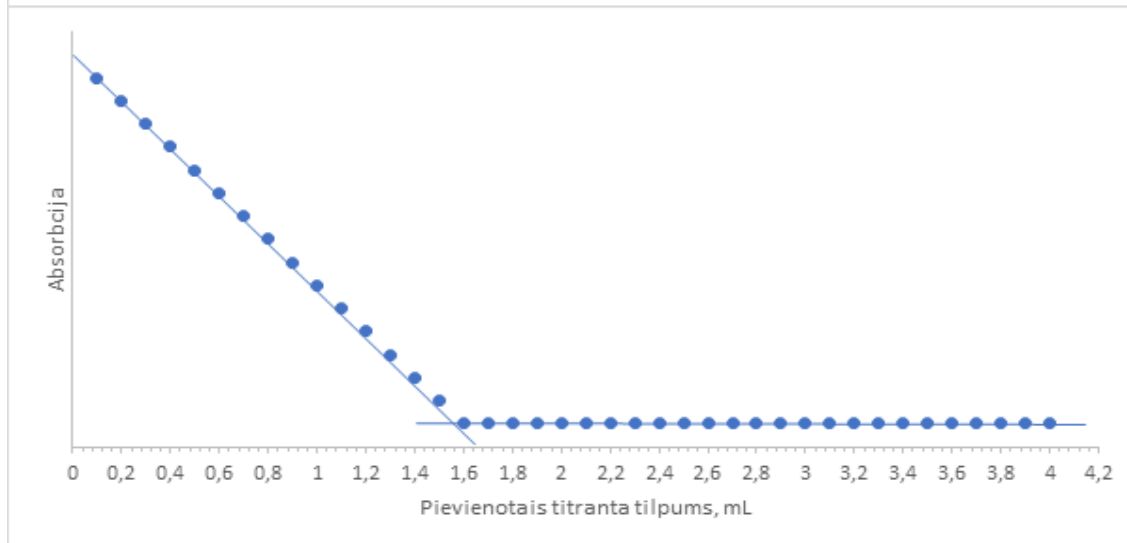
$\text{KMnO}_4$  ir violetas krāsas šķīdums, kam raksturīga gaismas absorbcija pie 510 nm. Tas sērskābā vidē reaģē ar  $\text{FeSO}_4$  šķīdumu, norisinoties oksidēšanās-reducēšanās reakcijai.

1. Uzraksti  $\text{KMnO}_4$  reakciju ar  $\text{FeSO}_4$  sērskābā vidē. Kāda ir šīs reakcijas koeficientu summa!
2.  $10 \text{FeSO}_4 + 2 \text{KMnO}_4 + 8 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5 \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8 \text{H}_2\text{O}$
3. Koeficientu summa:  $10+2+8+5+2+1+8=36$
4. Titrēšanas reakcijā  $\text{FeSO}_4$  šķīdums tiek titrēts ar  $\text{KMnO}_4$ . Norādi kurš no attēlotajiem grafikiem atbilst titrēšanas procesa reakcijas gaitai!

(a)



(b)



5. Kāds ir titrēšanas reakcijā patērētais  $\text{KMnO}_4$  šķīduma tilpums? (Nosaki no grafika)  
Patērētais titranta tilpums: 2,50 mL
6. Kāda ir analizējamā  $\text{FeSO}_4$  šķīduma koncentrācija un  $\text{Fe}^{2+}$  jonu masas koncentrācija, ja 10 mL šķīduma tika titrēti ar 1%  $\text{KMnO}_4$  šķīdumu ( $\rho = 1,005 \text{ g/mL}$ )!
- 6.1. Patērētā  $\text{KMnO}_4$  šķīduma masa (g)  
 $m = \rho \cdot V = 1,005 \cdot 2,5 = 2,51 \text{ g}$
- 6.2. Patērētais  $\text{KMnO}_4$  daudzums (mmol)  
 $m(\text{KMnO}_4) = 1\% \text{ no } 2,51 \text{ g} = 0,0251 \text{ g}$   
 $n(\text{KMnO}_4) = m/M = 0,0251/158 = 0,000159 \text{ mol} = 0,159 \text{ mmol}$
- 6.3.  $\text{FeSO}_4$  daudzums analizējamajā šķīdumā (mmol)  
 $n(\text{FeSO}_4) = n(\text{KMnO}_4) \cdot 5 = 0,795 \text{ mmol}$
- 6.4.  $\text{FeSO}_4$  koncentrācija šķīdumā (mol/L)  
 $c(\text{FeSO}_4) = n/V = 0,000795/0,01 = 0,0795 \text{ mol/L}$
- 6.5.  $\text{Fe}^{2+}$  jonu masa šķīdumā (mg)  
 $m(\text{Fe}^{2+}) = n \cdot M = 0,795 \cdot 55,8 = 44,36 \text{ mg}$
- 6.6.  $\text{Fe}^{2+}$  jonu masas koncentrācija šķīdumā (g/L)  
 $\gamma(\text{Fe}^{2+}) = m/V = 0,00444/0,01 = 4,44 \text{ g/L}$

5. uzdevums. **Dzeltenā ķīmija** (Kopā 15 punkti)

Elements **A** normālos apstākļos veido astoņlocekļu ciklu. Šim elementa **A** ciklam reaģējot ar gaiši dzeltenu gāzi **B** attiecībā 1:4 rodas dzeltens šķīdums **C**. Savienojumu **C** iespējams arī iegūt arī nedaudz citā veidā. Elementam **A** augstā temperatūrā reaģējot ar pelēku elementu **D**, rodas caurspīdīgs šķīdums **E**, kas tālāk reaģējot ar gāzi **B** veido savienojumu **C**. Dzeltenajam šķīdumam **C** pievienojot sausu amonjaku iespējams iegūt dzeltenas krāsās savienojumu **F**, kas ir gaisā stabila sprāgstviela un satur 69,61 % elementa **A**, kā arī baltu kristālisku vielu **G**, kas satur 26,17 % slāpekļa un elementu **A**. Savienojumu **F** apstrādājot ar koncentrētu nātrija hidroksīda šķīdumu veidojās šķīstoši sāļi **H** un **I**, kas attiecīgi satur 29,11 % un 36,51 % nātrija, kā arī ūdenī šķīstošu gāzi **J**, kas satur 17,64 % ūdeņraža. Savienojumam **F** gāzes fāzē saskaroties ar sudrabu notiek reakcija, kur rodas melna cietviela **K** un gāze **L**, kas neuztur degšanu. Ļoti zemā spiedienā (aptuveni 1 mm Hg) un 300 °C **K** katalizē savienojuma **F** pārvēršanos par savienojumu **M**, kas pastāv četrlocekļa cikla forma un kura elementa **A** procentuālais sastāvs ir tāds pats kā savienojumā **F**. Savienojums **M** eksplozīvi sadalās 30 °C temperatūrā, kā arī ir jūtīgs pret berzi. Savienojumu **E** uzlejot kālija skābajam sālim **N**, kas satur 54,17% kālija, veidojas kālija sāls **O**, kas ir līdzīgs attiecīgajam ogļskābes kālija sālim un satur 41,94 % kālija.

1. Uzraksti vielu **A-O** ķīmiskās formulas!

Burts	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>
Savienojums	S	Cl <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	C	CS <sub>2</sub>	S <sub>4</sub> N <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>

Burts	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>
Savienojums	Ag <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	KSH	K <sub>2</sub> CS <sub>3</sub>



6. uzdevums. **Ak šie izturīgie buferšķīdumi!** (Kopā 16 punkti)

Studentam Arturam bija nepieciešams pagatavot buferšķīdumu, kurš sastāv no  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$  buferpāra. Laboratorijā Arturs atrada tikai vienu pudelīti ar etiķskābi ar nezināmu koncentrāciju un nolēma ieliet nedaudz vārglāzē, un izmērīt tās pH. Etiķskābes izmērītā pH vērtība bija 2,75.

1. Aprēķini etiķskābes koncentrāciju, ja zināms, ka tās  $K_a = 1,58 \cdot 10^{-5}$ . (2 punkti)

1. risinājuma veids

Tā kā etiķskābe ir vāja skābe, jo tās  $K_A < 1$ , līdz ar to tās pH var aprēķināt pēc formulas:

$$pH = \frac{1}{2}(pK_A - \lg c_A)$$

Izsakot no šīs formulas  $c_A$ , iegūst:

$$c_A = 10^{-(2pH + \lg K_A)}$$

$$c_A = 10^{-(2 \cdot 2,75 + \lg 1,58 \cdot 10^{-5})} = \mathbf{0,2\ M}$$

2. risinājuma veids



$$K_A = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{K_A}$$

Atliek tikai izrēķināt  $\text{H}_3\text{O}^+$  jonu koncentrāciju

$$pH = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-pH}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,75} = 1,78 \cdot 10^{-3}\ \text{M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,78 \cdot 10^{-3}\ \text{M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{(1,78 \cdot 10^{-3})^2}{1,58 \cdot 10^{-5}} = \mathbf{0,2\ M}$$

Arturam bija nepieciešams 100 mL nātrija acetāta šķīduma, bet laboratorijā tā nebija. Viņš nolēma pagatavot to pats, bet bija pieejams tikai nātrija acetāts trihidrāts, kura tīrības pakāpe bija 95%.

2. Aprēķini nepieciešamo nātrija acetāta trihidrāta masu, ja zināms, ka vajag iegūt šķīdumu ar koncentrāciju 0,2 M. (2 punkti)

$$n(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,2\ \text{M} \cdot 0,1\ \text{L} = 0,02\ \text{mol}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,02\ \text{mol}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 0,02\ \text{mol} \cdot 136\ \text{g/mol} = 2,72\ \text{g}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 2,72\text{g}/0,95 = 2,86\text{ g}$$

Pagatavojot nepieciešamos šķīdumus, Arturs varēja sākt veikt aprēķinus, lai zinātu kādās tilpuma attiecībās vajag nepieciešamos komponentus, bet viņš aizmirsa ar kādu pH bija nepieciešams buferšķīdums. Pēc kāda laika Arturs atrada pierakstus, bet tur bija dotas četras buferšķīdumu pH vērtības: 3,4; 4,1; 6,2; 7,3.

3. Kura no buferšķīduma pH vērtībām varētu atbilst  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$  buferpāra buferšķīdumam, ja zināms, ka šo vērtību ietekmē attiecīgā buferpāra  $pK_a$  vērtība? (1 punkts)

4.1. Buferšķīduma pH var noteikt no buferpāra  $pK_a$ . Iespējamais pH ietilps robežā  $pK_a \pm 1$  jeb [3,8; 5,8]

Zinot buferšķīduma nepieciešamo pH, Arturs var aprēķināt tilpuma attiecības, kurās ir jāņem nepieciešamie komponenti, lai iegūtu 100 mL buferšķīduma, bet, lai to aprēķinātu Arturam vajadzēja pārveidot formulu:  $pH = pK_a + \lg \frac{c_B}{c_A}$

4. Uzraksti formulas izvedumu, lai Arturs varētu aprēķināt kādās tilpuma attiecībās ir jāņem nepieciešamie komponenti! (2 punkti)

$$\begin{aligned} pH = pK_a + \lg \frac{c_B}{c_A} &= pK_a + \lg \frac{n_B * V_{kop}}{n_A * V_{kop}} = pK_a + \lg \frac{n_B}{n_A} = pK_a + \lg \frac{\epsilon_B * V_B}{\epsilon_A * V_A} = \\ &= pK_a + \lg \frac{V_B}{V_A} \end{aligned}$$

5. Aprēķini nepieciešamos etiķskābes un nātrija acetāta šķīdumu tilpumus! (4 punkti)

Izmanto iepriekš iegūto formulu:

$$pH = pK_a + \lg \frac{V_B}{V_A}$$

Tagad ir redzams, ka ir divi nezināmie, bet mēs zinām, ka kopējais tilpums ir 100 mL. Līdz ar to iegūstam citu vienādojumu  $V_{kop} = V_A + V_B$

$$4,1 = 4,8 + \lg \frac{V_{kop} - V_A}{V_A}$$

$$-0,7 = \lg \frac{100 - V_A}{V_A}$$

$$10^{-0,7} = \frac{100 - V_A}{V_A}$$

$$10^{-0,7} V_A = 100 - V_A$$

$$(10^{-0,7} + 1) V_A = 100$$

$$V_A = \frac{100}{10^{-0,7} + 1} = \mathbf{83,4\text{ mL}}$$

$$V_B = 100 - 83,4 = \mathbf{16,6\text{ mL}}$$

Pagatavojot buferšķīdumu, Arturs gribēja izpētīt kā stipras skābes un bāzes pievienošana ietekmēs pH vērtību buferšķīdumos.

Divās vārglāzēs viņš ielēja 25 mL pagatavotā buferšķīduma. Vienā - 5 mL 0,05 M sālsskābes šķīduma, bet otrā 5 mL 0,05 M nātrija hidroksīda šķīduma.

6. Aprēķini pH iegūtajam buferšķīdumam pēc sālsskābes pievienošanas! (2 punkti)

Lai aprēķinātu kāds daudzums komponentu ir buferšķīdumā, mēs varam izmantot formulu  $n = c \cdot V$ .

$$n_A = c_A \cdot V_A = 0,2 \text{ M} \cdot 0,0834 = 0,01668 \text{ mol}$$

$$n_B = c_B \cdot V_B = 0,2 \text{ M} \cdot 0,0166 = 0,00332 \text{ mol}$$

Taču mums bija paņemts no visa buferšķīduma 25 mL, kas ir ceturtdaļa no visa šķīduma, līdz ar to daudzumi ir:

$$n_A = \frac{0,01668}{4} = 0,00417 \text{ mol}$$

$$n_B = \frac{0,00332}{4} = 0,00083 \text{ mol}$$

Tā kā mēs pievienojām skābi notiek attiecīgā reakcija:



Mums bāze pāriet skābē un pēc vienādojuma varam redzēt, ka pievienotās skābes daudzums ir vienāds ar daudzumu izveidotai skābei:

$$\Delta n_A = c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = 0,05 \text{ M} \cdot 0,005 \text{ L} = 0,00025 \text{ mol}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \lg \frac{n_B - \Delta n_A}{n_A + \Delta n_A} = 4,8 + \lg \frac{0,00083 - 0,00025}{0,00417 + 0,00025} = 4,8 + \lg \frac{0,00058}{0,00442} = \mathbf{3,92}$$

7. Aprēķini pH iegūtajam buferšķīdumam pēc nātrija hidroksīda pievienošanas! (2 punkti)

Līdzīgi kā ar skābes pievienošanu



$$\Delta n_B = c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} = 0,05 \text{ M} \cdot 0,005 \text{ L} = 0,00025 \text{ mol}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \lg \frac{n_B + \Delta n_B}{n_A - \Delta n_B} = 4,8 + \lg \frac{0,00083 + 0,00025}{0,00417 - 0,00025} = 4,8 + \lg \frac{0,00108}{0,00392} = \mathbf{4,24}$$

8. Kādi blakusprodukti veidojas pievienojot skābi un bāzi? (1 punkts)



7. uzdevums. **Kas tik nenotiek!** (Kopā 14 punkti)

Vielā **A** reaģē ar vielu **B** veidojot vielu **C**, kur **A**, **B** un **C** daudzumu attiecība ir attiecīgi 2:4:3. Vielas **A** un vielas **B** maisījuma masa ir 11,14 g, bet molmasu atšķirība ir 48 g/mol. Pievienojot pie vielas **C** atšķaidītu sālsskābi var novērot vienkāršas vielas **D** veidošanos, kuras masa ir 2,028 g. **C** un **D** daudzumu attiecība ir 1:1. Bez vienkāršas vielas **D** veidojas arī sāls **E** (elementu procentuālais sastāvs ir 39,32 % un 60,68 %) kā arī citi produkti.

1. Uzraksti vielas **E** ķīmisko formulu! (2p)

Pieņemam, ka vielas **E** sastāvā ir hlors, jo notika reakcija ar sālsskābi.

$\text{MeCl}_y$

$$M(\text{MeCl}_y) = \frac{35,5y}{0,6068}$$

$$M(\text{Me}) = \frac{35,5y}{0,6068} - 35,5y = \frac{35,5y - 21,5414y}{0,6068} = \frac{13,9586y}{0,6068} = 23y$$

Ja  $y=1$ , tad iegūst, ka metāla molmasa ir 23 g/mol un līdz ar to savienojums **E** ir **NaCl**

2. Uzraksti vienkāršās vielas **D** ķīmisko formulu! (5p)

Daudzums vielai **D**:

$$n_D = \frac{2,028}{M_D}$$

Pēc daudzuma attiecībām var iegūt, ka vielas **C** daudzums ir:

$$n_C = \frac{2,028}{M_D}$$

Tālāk pēc citām dotām daudzuma attiecībām var iegūt, ka vielu **A** un **B** daudzumi ir:

$$n_A = \frac{2,028 * 2}{3 * M_D} = \frac{4,056}{3 * M_D}$$

$$n_B = \frac{2,028 * 4}{3 * M_D} = \frac{8,112}{3 * M_D}$$

Zinot daudzumus, molmasu atšķirības un maisījuma masu var sastādīt vienādojumu:

$$\frac{x}{\frac{4,056}{3 * M_D}} + 48 = \frac{11,14 - x}{\frac{8,112}{3 * M_D}}$$

$$\frac{3 * M_D * x}{4,056} + 48 = \frac{3 * M_D * (11,14 - x)}{8,112}$$

kur  $x$  ir masa vielai **A**.

Ja pieņemam, ka **A** un **B** sastāv no viena un tā paša katjona jeb nātrija, tad (vispirms apskatām, ka vielā **A** ir tikai metāls un savienojums **D**):

$$\frac{x}{23 + M_D} * 2 = \frac{11,14 - x}{71 + M_D}$$

Iegūstam vienādojumu sistēmu:

$$\begin{cases} \frac{3 * M_D * x}{4,056} + 48 = \frac{3 * M_D * (11,14 - x)}{8,112} \\ \frac{x}{23 + M_D} * 2 = \frac{11,14 - x}{71 + M_D} \end{cases}$$

Aprēķinot no sistēmas  $M_D$  vērtību iegūst  $M_D = 31$  g/mol, kas neatbilst ne vienam elementam

Otrā iespēja, ka ir skābais sāls, līdz ar to sistēma nedaudz pamainās:

$$\begin{cases} \frac{3 * M_D * x}{4,056} + 48 = \frac{3 * M_D * (11,14 - x)}{8,112} \\ \frac{x}{24 + M_D} * 2 = \frac{11,14 - x}{72 + M_D} \end{cases}$$

Un rezultātā iegūst, ka  $M_D = 32$  g/mol, kas varētu būt **sērs – S**.

3. Uzraksti vielu **A-C** ķīmiskās formulas! (3p)

Tā kā vielas D molmasa ir 32, tad iegūstam, ka vielas A molmasa ir 56, bet vielas B – 104. Un tā kā no aprēķiniem izsecinājām, ka vielas A un B ir skābie sāļi, tad iegūst, ka A – NaHS un B – NaHSO<sub>3</sub>, jo molmasai 48 atbilst trīs skābekļi. Un zinot reakciju iegūstam, ka C – Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

4. Kāda ir vielas **A** un **B** masas daļa maisījumā? (2p)

Zinot vielas D molmasu mēs varam aprēķināt x no viena no vienādojumiem. Iegūstam, ka m(NaHS) = 2,36 g, bet m(NaHSO<sub>3</sub>) = 8,78 g

$$w(\text{NaHS}) = \frac{2,36 * 100}{11,14} = 21,18 \%$$

$$w(\text{NaHSO}_3) = \frac{8,78 * 100}{11,14} = 78,82 \%$$

5. Ar kuru no minētajām vielām var reaģēt viela **C**? Uzrakstīt attiecīgos reakcijas vienādojumus! (2p)

- Sudraba (I) bromīds
- Dzelzs (III) hlorīds
- Piesātinātu broma šķīdumu
- Zelts
- Bismuta (III) nitrāts



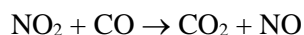
8. uzdevums. **Gāzi grīdā** (Kopā 17 punkti)

Ķīmisko reakciju ātrums konstatā temperatūrā ir atkarīgs no reaģentu koncentrācijām, un vispārīgi reakcijai  $A + B \rightarrow \text{produkti}$  šo sakarību var uzrakstīt kā

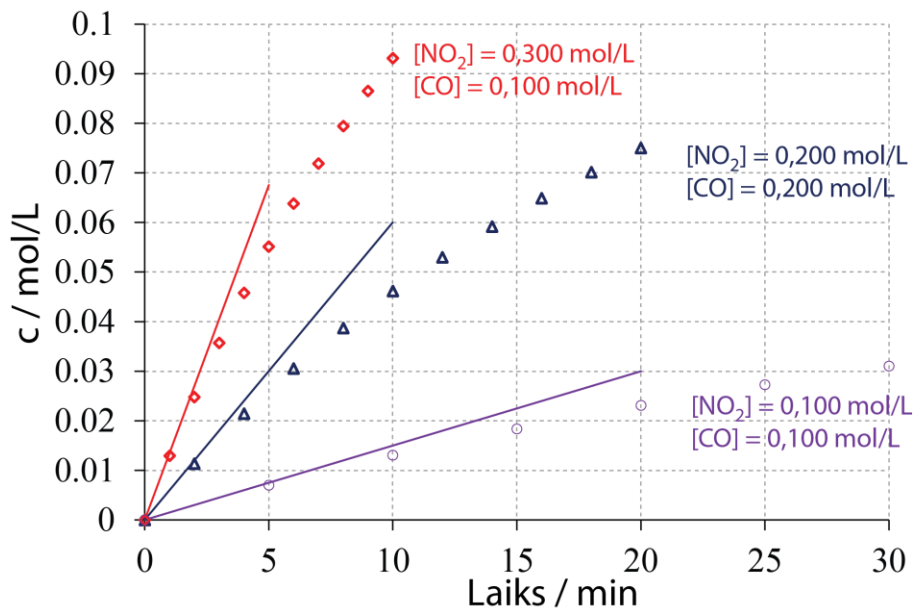
$$v = k \cdot [A]^x [B]^y$$

kur  $v$  ir reakcijas ātrums (reaģentu koncentrācijas izmaiņa laikā),  $[A]$  un  $[B]$  ir reaģentu koncentrācija,  $k$  – reakcijas ātruma konstante, savukārt  $x$  ir reakcijas pakāpe pēc A,  $y$  ir reakcijas pakāpe pēc B, savukārt  $x + y$  ir kopējā reakcijas pakāpe. Reakcijas pakāpes  $x$  un  $y$  nosaka tas, kādas elementārās reakcijas veido kopējo reakcijas mehānismu, kā arī tas, kuras no tām ir ātrumu limitējošā(s).

Apskatīsim reakciju



Lai noteiktu reakcijas pakāpi pēc katra no reaģentiem Pēteris mērīja šīs reakcijas ātrumu pašā procesa sākumpunktā, kurā reaģenti bija tikko sajaukti (sauktu arī par sākotnējo ātrumu), mērot  $\text{CO}_2$  koncentrācijas izmaiņas laikā. Viņš to veica pie dažādām  $\text{NO}_2$  un  $\text{CO}$  sākuma koncentrācijām, iegūstot šādus datus. Zināms, ka sākotnējo ātrumu iegūst, velkot koncentrācijas – laika līknei pieskari pašā reakcijas sākuma punktā.



1. Nosaki sākotnējo ātrumu gadījumam, kad  $[\text{NO}_2]$  un  $[\text{CO}]$  ir  $0,100 \text{ mol/L}$ . (1 punkts)

Tā kā sākotnējais ātrums atbilst vilktajām pieskarēm, ātrums (koncentrācijas izmaiņa laikā) būs vienāds ar taisnes slīpumu (virziena koeficientu). Varam izvēlēties visērtāk nolasāmo punktu pie 20 min, kad  $c$  vērtība attiecīgajai taisnei ir  $0,030 \text{ mol/L}$ , tātad:

$$v_1 = \frac{0,030 \text{ mol/L}}{20 \text{ min}} = \mathbf{0,00150 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}}$$

2. Nosaki reakcijas pakāpi pēc  $\text{NO}_2$  un  $\text{CO}$ . Nosaki kopējo reakcijas pakāpi! Skaidri parādi risinājuma gaitu! (4 punkti)

Nepieciešams noteikt sākotnējo ātrumu arī pārējiem diviem gadījumiem:

$$v_2 = \frac{0,060 \text{ mol/L}}{10 \text{ min}} = \mathbf{0,0060 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}}$$

$$v_3 = \frac{0,068 \text{ mol/L}}{5 \text{ min}} = \mathbf{0,0136 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}}$$

Ātrumi  $v_1$  un  $v_3$  atbilst vienādi CO koncentrācijai, kamēr  $\text{NO}_2$  koncentrācija ir 3 reizes lielāka. Ātrums savukārt ir  $0,0136/0,0015 \approx 9$  reizes lielāks. Lai 3 reizes palielinot koncentrāciju ātrums palielinātos  $9 = 3^2$  reizes, ātruma vienādojumā  $\text{NO}_2$  koncentrācijai jābūt kvadrātā:  $v = k \cdot [\text{NO}_2]^2$ .

Ātrumi  $v_1$  un  $v_2$  atbilst CO un  $\text{NO}_2$  koncentrācijas palielinājumam 2 reizes. Varam redzēt, ka ātrums ir palielinājies  $0,0060/0,0015 \approx 4$  reizes. Tā kā tieši šādu ātruma palielinājumu dos  $\text{NO}_2$  koncentrācijas dubultošana, CO koncentrācijas dubultošana ātrumu neietekmē, līdz ar ko ātruma vienādojumā CO koncentrācijai jābūt nulltajā pakāpē:  $v = k \cdot [\text{CO}]^0$ .

Tātad reakcijas pakāpe pēc  $\text{NO}_2$  ir **2**, pēc CO ir **0**, savukārt kopējā reakcijas pakāpe ir **2**.

Katra reakcijas pakāpe saistās ar savu reaģējošās vielas koncentrācijas atkarības no laika funkciju. Tās nultajai, pirmajai un otrajai reakcijas pakāpei dotas tabulā:

Pakāpe	Reakcijas ātrums	Koncentrācijas atkarība no laika
Nulltā	$v = k$	$[A] = [A]_0 - k \cdot t$
Pirmā	$v = k \cdot [A]$	$\ln[A] = \ln[A]_0 - k \cdot t$
Otrā	$v = k \cdot [A]^2$	$1/[A] = 1/[A]_0 + k \cdot t$

Kur  $[A]$  ir A koncentrācija laikā  $t$ ,  $[A]_0$  ir A sākuma koncentrācija, un  $k$  – reakcijas ātruma konstante.

Gadījumam, kad abu reaģentu koncentrācijas ir  $0,100 \text{ mol/L}$  Pēteris pierakstīja CO koncentrācijas izmaiņas laikā visā reakcijas gaitā. Dati doti tabulas veidā.

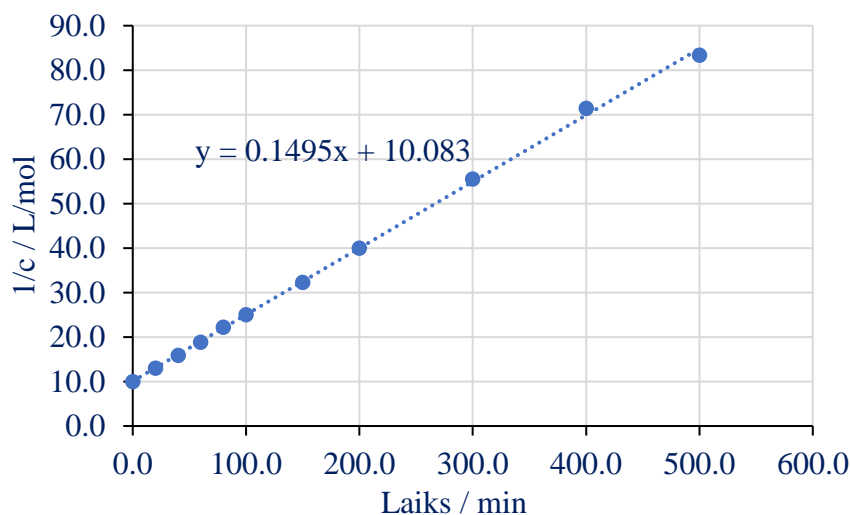
Laiks / min	c / mol/L
0.0	0.100
20.0	0.0769
40.0	0.0625
60.0	0.0526
80.0	0.0455
100.0	0.0400
150.0	0.0308
200.0	0.0250
300.0	0.0182
400.0	0.0143
500.0	0.0118

3. Balstoties uz iepriekš doto tabu un 2. punktā noteikto reakcijas pakāpei, atliec koncentrācijas atkarību no laika tādās koordinātēs, lai tiktu iegūta taisne. Uzzīmē šo taisni. (3 punkti)

Iepriekš noteicām, ka reakcija ir 2. pakāpes, tātad koncentrācijas atkarībai jāizmanto vienādojums  $1/[A] = 1/[A]_0 + k \cdot t$ . Lai iegūtu taisni, jāatliec koncentrācijas apgriezta vērtība  $1/[A]$  atkarībā no laika.

Laiks / min	c / mol/L	1/c / L/mol
0.0	0.100	10.0

20.0	0.0769	13.0
40.0	0.0625	15.9
60.0	0.0526	18.9
80.0	0.0455	22.2
100.0	0.0400	25.0
150.0	0.0308	32.3
200.0	0.0250	40.0
300.0	0.0182	55.6
400.0	0.0143	71.4
500.0	0.0118	83.3



4. Nosaki reakcijas ātruma konstanti  $k$ .

(3 punkti)

Varam izmantot to, ka taisnes, ko atlikām  $1/[A] = 1/[A]_0 + k \cdot t$  virziena koeficients ir vienāds ar ātruma konstanti, tātad  $k = 0,150 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{min})$ .

Aptuvenu virziena koeficienta vērtību un attiecīgi ātruma konstanti varam aprēķināt arī no mūsu datu pēdēja un pirmā punkta starpības:  $k = \frac{83,3-10}{500} = 0,147 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{min})$

Tāpat varam izmantot mūsu sākotnējo reakcijas ātrumu un to, ka pašā reakcijas sākumā abu reaģentu koncentrācija ir  $0,100 \text{ mol/L}$ :  $k = \frac{v}{[NO_2]^2[CO]^0} = \frac{0,00150}{0,1^2 \cdot 0,1^0} = 0,150 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{min})$

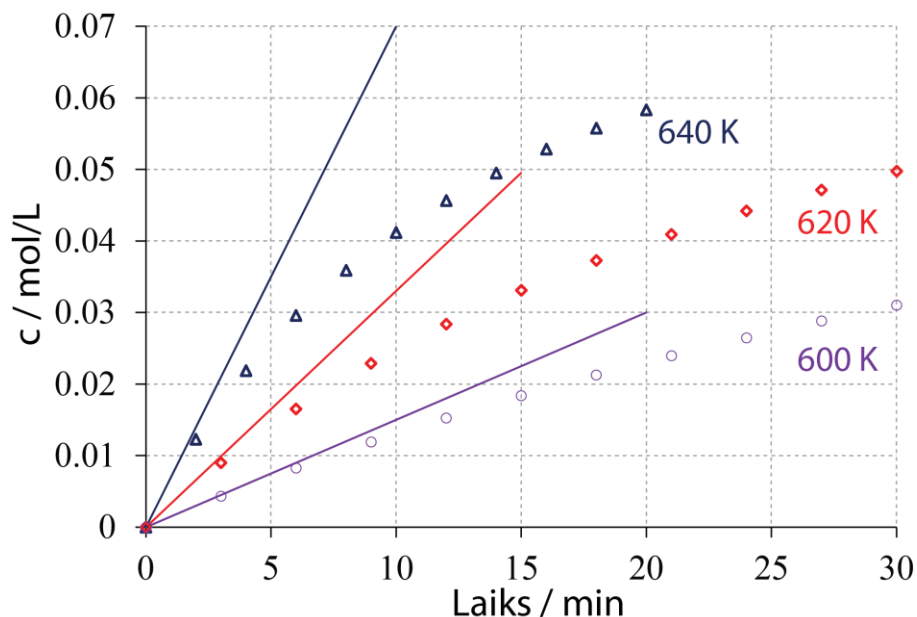
Zināms, ka reakcijas ātruma atkarību no temperatūras apraksta Arrēniusa vienādojums:

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

kur  $k$  ir reakcijas ātruma konstante,  $A$  – pirmseksponeciālais faktors,  $E_a$  – aktivācijas enerģija (J/mol),  $R$  – gāzu universālā konstante un  $T$  – temperatūra (K).

Arrēniusa vienādojums saista reakcijas ātruma konstanti un temperatūru ar tādu reakcijas raksturlielumu kā aktivācijas enerģija, kas faktiski raksturo enerģijas barjeru, kura jāpārvar reakcijas norisei. Lai to noteiktu, Pēteris mērīja CO koncentrācijas izmaiņas laikā pie dažādām temperatūrām, abu reaģentu koncentrācijām šajos eksperimentos esot  $0,100 \text{ mol/L}$ . Viņš ieguva grafikā dotos lielumus.





5. Nosaki reakcijas ātruma konstanti  $k$  katrā no temperatūrām.

(2 punkti)

Reakcijas ātruma konstanti šeit varam noteikt no reakcijas sākotnējā ātruma.

$$v_1 = \frac{0,030 \text{ mol/L}}{20 \text{ min}} = 0,00150 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$$

$$k_1 = \frac{v}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,00150}{0,1^2} = 0,150 \text{ L/(mol} \cdot \text{min)}$$

$$v_2 = \frac{0,049 \text{ mol/L}}{15 \text{ min}} = 0,00327 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$$

$$k_2 = \frac{v}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,00327}{0,1^2} = 0,327 \text{ L/(mol} \cdot \text{min)}$$

$$v_3 = \frac{0,070 \text{ mol/L}}{10 \text{ min}} = 0,00700 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$$

$$k_3 = \frac{v}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,00700}{0,1^2} = 0,700 \text{ L/(mol} \cdot \text{min)}$$

6. Nosaki reakcijas aktivācijas enerģiju (kJ/mol). *Padoms: izmanto Arrēniusa vienādojumu, aktivācijas enerģiju nosakot vai nu skaitliski starp datiem no dažādām temperatūrām, jeb arī atliec datus grafikā koordinātēs, kas dod taisni un kur aktivācijas enerģiju iespējams noteikt no taisnes slīpuma.*

(4 punkti)

Logaritmējot Arrēniusa vienādojumu, iegūstam:

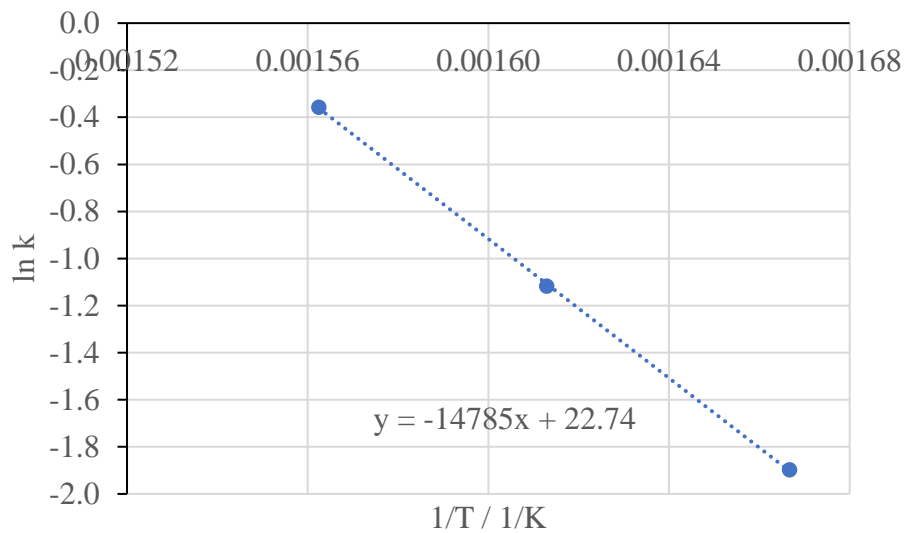
$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

Redzam, ka atliekot  $\ln k$  atkarībā no  $1/T$  mēs iegūsim taisni, kuras slīpums (virziena koeficients) būs  $-\frac{E_a}{R}$

Aprēķinām katram punktam  $\ln k$  un  $1/T$  vērtības un atliekam tās atbilstošās koordinātēs:

$v_0 / \text{mol} \cdot (\text{L} \cdot \text{min})$	0.0015	0.00327	0.007
$k / \text{L} \cdot (\text{mol} \cdot \text{min})$	0.15	0.327	0.7

T / K	600	620	640
ln k	-1.897	-1.118	-0.3567
1/T / 1/K	0.00167	0.00161	0.00156



Redzam, ka taisnes virziena koeficients  $m = -14785$ , izmantojot to, atrodam  $E_a$ :  
 $E_a = -m \cdot R = -(-14785) \cdot 8,314 = 122900 \text{ J/mol} = \mathbf{122,9 \text{ kJ/mol}}$