



***Praktiskais eksāmens***

**2017. gada 29. aprīlis  
Viļņa, Lietuva**

1																	18			
1	1.00794 <b>H</b> 0.28																	2	4.00260 <b>He</b> 1.40	
2	3	4													5	6	7	8	9	10
	6.941 <b>Li</b>	9.01218 <b>Be</b>													10.811 <b>B</b> 0.89	12.011 <b>C</b> 0.77	14.0067 <b>N</b> 0.70	15.9994 <b>O</b> 0.66	18.9984 <b>F</b> 0.64	20.1797 <b>Ne</b> 1.50
3	11	12													13	14	15	16	17	18
	22.9898 <b>Na</b>	24.3050 <b>Mg</b>													26.9815 <b>Al</b>	28.0855 <b>Si</b> 1.17	30.9738 <b>P</b> 1.10	32.066 <b>S</b> 1.04	35.4527 <b>Cl</b> 0.99	39.948 <b>Ar</b> 1.80
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
	39.0983 <b>K</b>	40.078 <b>Ca</b>	44.9559 <b>Sc</b>	47.867 <b>Ti</b> 1.46	50.9415 <b>V</b> 1.33	51.9961 <b>Cr</b> 1.25	54.9381 <b>Mn</b> 1.37	55.845 <b>Fe</b> 1.24	58.9332 <b>Co</b> 1.25	58.6934 <b>Ni</b> 1.24	63.546 <b>Cu</b> 1.28	65.39 <b>Zn</b> 1.33	69.723 <b>Ga</b> 1.35	72.61 <b>Ge</b> 1.22	74.9216 <b>As</b> 1.20	78.96 <b>Se</b> 1.18	79.904 <b>Br</b> 1.14	83.80 <b>Kr</b> 1.90		
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
	85.4678 <b>Rb</b>	87.62 <b>Sr</b>	88.9059 <b>Y</b>	91.224 <b>Zr</b> 1.60	92.9064 <b>Nb</b> 1.43	95.94 <b>Mo</b> 1.37	(97.905) <b>Tc</b> 1.36	101.07 <b>Ru</b> 1.34	102.906 <b>Rh</b> 1.34	106.42 <b>Pd</b> 1.37	107.868 <b>Ag</b> 1.44	112.41 <b>Cd</b> 1.49	114.818 <b>In</b> 1.67	118.710 <b>Sn</b> 1.40	121.760 <b>Sb</b> 1.45	127.60 <b>Te</b> 1.37	126.904 <b>I</b> 1.33	131.29 <b>Xe</b> 2.10		
6	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
	132.905 <b>Cs</b>	137.327 <b>Ba</b>	<b>La-Lu</b>	178.49 <b>Hf</b> 1.59	180.948 <b>Ta</b> 1.43	183.84 <b>W</b> 1.37	186.207 <b>Re</b> 1.37	190.23 <b>Os</b> 1.35	192.217 <b>Ir</b> 1.36	195.08 <b>Pt</b> 1.38	196.967 <b>Au</b> 1.44	200.59 <b>Hg</b> 1.50	204.383 <b>Tl</b> 1.70	207.2 <b>Pb</b> 1.76	208.980 <b>Bi</b> 1.55	(208.98) <b>Po</b> 1.67	(210) <b>At</b>	(222.02) <b>Rn</b> 2.20		
7	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118		
	(223) <b>Fr</b>	(226.03) <b>Ra</b> 2.25	<b>Ac-Lr</b>	(261.11) <b>Rf</b>	(262.11) <b>Db</b>	(263.12) <b>Sg</b>	(262.12) <b>Bh</b>	(265) <b>Hs</b>	(266) <b>Mt</b>	(271) <b>Ds</b>	(272) <b>Rg</b>	(285) <b>Cn</b>	(284) <b>Nh</b>	(289) <b>Fl</b>	(288) <b>Mc</b>	(293) <b>Lv</b>	(294) <b>Ts</b>	(294) <b>Og</b>		

Atomic number → 1  
 Atomic weight ← 1.00794  
 Atomic symbol ← **H**  
 Covalent radius, Å ← 0.28

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
138.906 <b>La</b> 1.87	140.115 <b>Ce</b> 1.83	140.908 <b>Pr</b> 1.82	144.24 <b>Nd</b> 1.81	(144.91) <b>Pm</b> 1.83	150.36 <b>Sm</b> 1.80	151.965 <b>Eu</b> 2.04	157.25 <b>Gd</b> 1.79	158.925 <b>Tb</b> 1.76	162.50 <b>Dy</b> 1.75	164.930 <b>Ho</b> 1.74	167.26 <b>Er</b> 1.73	168.934 <b>Tm</b> 1.72	173.04 <b>Yb</b> 1.94	174.04 <b>Lu</b> 1.72
(227.03) <b>Ac</b> 1.88	232.038 <b>Th</b> 1.80	231.036 <b>Pa</b> 1.56	238.029 <b>U</b> 1.38	(237.05) <b>Np</b> 1.55	(244) <b>Pu</b> 1.59	(243.06) <b>Am</b> 1.73	(247.07) <b>Cm</b> 1.74	(247.07) <b>Bk</b> 1.72	(251.08) <b>Cf</b> 1.99	(252.08) <b>Es</b> 2.03	(257.10) <b>Fm</b>	(258.10) <b>Md</b>	(259.1) <b>No</b>	(260.1) <b>Lr</b>

## Konstantes un formulas

Avagadro konstante,  $N_A = 6.0221 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Bolcmaņa konstante,  $k_B = 1.3807 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

Universālā gāzu konstante,  $R = 8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 0.08205 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Gaismas ātrums,  $c = 2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Planka konstante,  $h = 6.6261 \times 10^{-34} \text{ J s}$

Faradeja konstante,  $F = 9.64853399 \times 10^4 \text{ C}$

Elektrona masa,  $m_e = 9.10938215 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Standarta spiediens,  $P = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Atmosfēras spiediens,  $P_{\text{atm}} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr}$

Absolūtā nulle Celsija skalā,  $273.15 \text{ K}$

1 pikometrs (pm) =  $10^{-12} \text{ m}$ ;  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ; nanometrs (nm) =  $10^{-9} \text{ m}$

1 eV =  $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

1 amu =  $1.66053904 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Ideālās gāzes vienādojums:  $PV = nRT$

Entalpija:  $H = U - PV$

Gibsa enerģija:  $G = H - TS$   $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K = -nFE_{\text{cell}}^\circ$$

Entropijas izmaiņas:  $\Delta S = \frac{q_{\text{rev}}}{T}$ , kur  $q_{\text{rev}}$  ir siltums apgriezeniskā procesā

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (\text{ideālas gāzes izotermāla izplešanās})$$

Nernsta vienādojums:  $E = E^\circ + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{\text{ox}}}{C_{\text{red}}}$

Fotona enerģija:  $E = \frac{hc}{\lambda}$

Lamberta – Bēra likums:  $A = \log \frac{I_0}{I} = \epsilon b C$

Integrētie reakciju likumi:

Nulltās pakāpes  $[A] = [A]_0 - kt$

Pirmās pakāpes

$$\ln [A] = \ln [A]_0 - kt$$

Otrās pakāpes  $\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt$

Arēniusa vienādojums

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

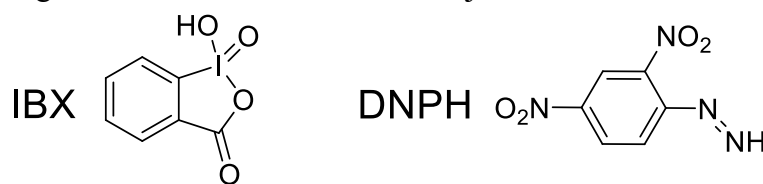
## Vispārējie norādījumi

- Ievērojiet drošības noteikumus. Laboratorijā aizliegts ēst un dzert. Esot laboratorijā, vienmēr valkājiet laboratorijas halātu un aizsarbrilles. Paprasiet cimds laboratorntam.
- Uzrakstiet savu vārdu un skolēna kodu un katras lapas atbilžu komplektā.
- Mēs iesakām sākt ar pirmo uzdevumu.
- Praktiskā eksāmena laikā, dažus stikla un plastikāta traukus vajadzēs lietot atkārtoti. Iztīriet tos uzmanīgi.
- Jums ir 5 stundas lai pabeigtu šī eksāmena uzdevumus. **Sāciet** tikai tad, kad dzirdiet **START** komandu.
- Visām atbildēm jābūt ierakstītām norādītajās ailēs. Viss, kas būs uzrakstīts citur, netiks vērtēts.
- Kad nepieciešams, norādiet savus aprēķinus norādītajās ailēs. Pilni punkti tiks doti par pareizajām atbildēm (skaitļiem un mērvienībām) tikai tad, ja būs parādīti aprēķini.
- Jums **jābeidz** strādāt, izdzirdot **STOP** komandu.
- Nepametiet savu vietu, kamēr to nav atļāvis darīt laboratorijas vadītājs.
- Nepieciešamas vairāk vielas un trauki? Jautājiet laborantam. Katras vielas vai trauka aizvietošana tiks sodīta ar 1 punktu no 40 praktiskā eksāmena punktiem.
- Neskaidrību gadījumā ir pieejama šī eksāmena oficiālā angļu versija.

# 1. uzdevums

## Oksidē un identificē!

Oksidēšanas reakcijas ir ļoti populāras un noderīgas organiskajā ķīmijā, jo tās atļauj pārveidot vienu funkcionālo grupu par citu, piemēram: pirmējos spirtus var pārveidot par aldehīdiem un karbonskābēm, otrējos spirtus par ketoniem, alkēnus par epoksīdiem, dioliem utt. Oksidētos savienojumus var tālāk lietot citās reakcijās. Šim mērķim tiek lietoti daudz dažādi oksidētāji ar dažādām īpašībām, piemēram ozons, hromāti, dihromāti,  $\text{KMnO}_4$ , peroksiskābes, peroksīdi utt. Šajā uzdevumā, jums būs jāoksidē nezināms spirts par ketonu, lietojot ļoti maigu un modernu oksidētāju - IBX (2-jodoksibenzoskābi). Pēc tam jūs liksiet mazam daudzumam sava sintezētā ketona reaģēt ar DNPH (2,4-Dinitrofenilhidrazīnu) veidojot attiecīgo hidrazonu. Gandrīz visi hidrazoni ir krāsaini savienojumi, kurus var identificēt hromatogrāfiski lietojot PSH (Plānslāņa hromatogrāfija). Jums nevajadzēs UV lampu, jo krāsainos hidrazonus var ieraudzīt tāpat uz PSH plāksnītes. Šī praktiskā darba galvenais uzdevums ir identificēt jums iedotā nezināmā spirta struktūru.



### Vielu Jūsu darba vietā:

- Nezināmais spirts (320 mg, atrodas 25 ml koniskajā kolbā)
- 4 šķīdumi ar zināmiem hidrazoniem (4 aizkorķētās mēģenēs)
- DNPH šķīdums (atzīmēts kā DNPH, 1 ml mazā stikla pudelīte)

### Vielas kopējai lietošanai:

- 2-jodoksibenzoskābe (atzīmēts kā **IBX**, pie svariem)
- Dimetilsulfoksīds (atzīmēts kā **DMSO**, velkmes skapī)
- Hloroforms (atzīmēts kā **CHLOROFORM**, velkmes skapī)
- Izopropanols (atzīmēts kā **ISOPROPANOL**, augšējā plauktā, pie jūsu darba vietas)
- Toluols (atzīmēts kā **TOLUEN**, velkmes skapī)
- $\text{CaCl}_2$  (atzīmēts kā  $\text{CaCl}_2$ , pie svariem)
- Piesātināts  $\text{NaHCO}_3$  šķīdums (atzīmēts kā  $\text{NaHCO}_3$ , velkmes skapī)

### Trauki un aprīkojums:

- 1 25 ml koniskā kolba (satur nezināmo spirtu)
- 1 pulksteņstikliņš
- 1 Plītiņa/maisītājs
- 1 Magnētiskais maisītājs
- 1 Laboratorijas statīvs ar ķepu
- 1 Dalāmā piltuve ar korķi
- 1 Spatula
- 1 Stikla nūjiņa
- 5 mēģenes (4 no tām ar korķiem)
- 1 Mēģeņu statīvs
- 1 Destilēta ūdens pudele (abiem praktiskajiem uzdevumiem)
- 1 Stikla piltuve ar filtrpapīru

- 1 Atkritumu pudele
- 1 Cimdu pāris (abiem praktiskajiem uzdevumiem)
- 1 Aizsargbrilles (abiem praktiskajiem uzdevumiem)
- 1 Lineāls (abiem praktiskajiem uzdevumiem)
- 2 Sveramās laiviņas
- 1 Nosvērta 50 ml vārglāze (atzīmēta kā **PRODUCT**)
- 2 100 ml vārglāzes ekstrahcijai
- 1 25 ml vārglāze hidrazona sintēzei
- 1 PSH komplekts: Noslēgta vārglāze, silikagēla plāksne, stikla kapilāri (2 gab. mēģenē), pincete
- 1 Vakūmfiltrēšanas aprīkojums: Bunzena kolba, Bihnera filtrs, filtrpapīrs
- 1 Ūdens vanna
- 1 Termometrs
- 1 10 ml mērcilindrs (abiem praktiskajiem uzdevumiem)

Svari, vakuma līnijas, plītiņas velkmes skapjos un vilnas cimdi ir kopējai lietošanai.

Valkāt aizsargbrilles is obligāti!

DMSO labi sūcas cauri ādai, līdz ar to tiek stingri ieteikts valkāt cimds strādājot ar DMSO.

Ja nepieciešams, jūs varat dabūt vēl vienu PSH plāksnīti, 2 papildus stikla kapilārus un jebkādu daudzumu cimdu, bez soda punktiem.

IBX ir potenciāli eksplozīvs savienojums, ja to silda virs 200 °C. Strādājiet ar to uzmanīgi.

Darba gaita:

1. Novietojiet ūdens vannu un plītiņas/maisītāja un uzsildiet to līdz brīdim, kad ūdens sāk intensīvi tvaikot (apmēram 80-90 °C).
2. Kamēr ūdens sildās, nosveriet 600 mg IBX un pārnesiet to 25 ml koniskajā kolbā, kura satur nezināmo spirtu. Pielejiet šajā kolbā 3 ml DMSO, pakratiet kolbu un ievietojiet tajā magnētisko maisītāju.
3. Iestipriniet kolbu laboratorijas statīvā un iemērciet to karstajā ūdenī. Sāciet maisīt maisījumu. Nosedziet kolbu ar pulkstenstikliņu. Atstājiet reakcijas maisījumu maisīties 45 minūtes. Sildiet un maisiet reakcijas maisījumu visu šo laiku. Uzpildiet ūdens vannu ar ūdeni, kad nepieciešams. Kamēr notiek reakcija, jūs varat pildīt otro uzdevumu.
4. Pēc 45 minūtēm izceliet kolbu ārā no ūdens vannas un ļaujiet tai atdzist līdz istabas temperatūrai. Ātrākai atdzesēšanai, jūs varat nomainīt karsto ūdeni ūdens vannā pret aukstu krāna ūdeni un dzesēt tajā kolbu. Nesaplēsiet stiklu deļ termošoka! (Kad mainiet karsto ūdeni pret auksto, ļaujiet ūdens vannas stiklam atdzist un tikai pēc tam leļiet tajā auksto ūdeni!)
5. Pēc dzesēšanas, pielejiet koniskajā kolbā 10 ml hloroforma un visu labi samaisiet. Pēc tam, iestipriniet laboratorijas statīvā dalāmo piltuvi, ielieciet dalāmajā piltuvē stikla piltuvi un, lietojot filtrpapīru, nfiltrējiet reakcijas maisījumu (magnētiskais maisītājs arī paliek uz filtrpapīra). Filtrāts tiek savākts dalāmajā piltuvē. Tad ielejiet koniskajā kolbā vēl 5 ml hloroforma un atkal ielejiet visu stikla piltuvē. Atkārtojiet šo procedūru vēl trešo reizi. Tagad jums dalāmajā piltuvē ir 20 ml hloroforma šķīduma. Izņemiet ārā stikla piltuvi un nolieciet to malā.
6. Pielejiet dalāmajā piltuvē 10 ml piesātināta NaHCO<sub>3</sub> šķīduma un vēl pievienojiet apmēram 5 ml destilēta ūdens. Noņemiet dalāmo piltuvi no laboratorijas statīva, visu labi sakratiet, tad iestipriniet dalāmo piltuvi atpakaļ laboratorijas statīvā un atļaujiet stāvēt vienu minūti. Atdaliet organisko fāzi no ūdens fāzes. Tam lieto divas 100 ml vārglāzes. Izlejiet ūdens fāzi WASTE atkritumu pudelē un organisko fāzi atpakaļ dalāmajā piltuvē. (Ja uz fāzu robežas redzams kāds nešķīstošs materiāls, izlejiet to atkritumos.) Atkārtojiet procedūru 6. vēl vienu reizi.

7. Tad pievienojiet dalāmajā piltuvē apmēram 15 ml destilēta ūdens un atkal izdariet to pašu: labi sakratiet, atļaujiet stāvēt vienu minūti un atdaliet abas fāzes. Izlejiet ūdens fāzi atkritumos, ielejiet organisko fāzi atpakaļ dalāmajā piltuvē. Atkārtojiet procedūru 7. vēl vienu reizi.
8. Pēc tam, savāciet organisko fāzi vārglāzē. Organiskā fāze var būt miglaina, jo tajā joprojām ir neliels daudzums ūdens. Tāpēc nosveriet apmēram 2 g CaCl<sub>2</sub> un pieberiet to vārglāzē ar organisko fāzi. Kratiet reakcijas maisījumu vairākas minūtes līdz šķīdums paliek dzirds. Pēc tam ļoti uzmanīgi dekantējiet šķidro daļu vārglāzē ar uzrakstu **PRODUCT**. Pārlicinieties lai neviens cietais atlikums nenonāktu **PRODUCT** vārglāzē. Pajautājiet laborantam lai jums palīdz ietvaicēt šķīdinātāju velkmes skapī. Pēc tam, kad esat ietvaicējis šķīdinātāju, atstājiet vārglāzi atdzist 5 minūtes.
9. Nosveriet **PRODUCT** vārglāzi. Parādiet masu laborantam un dabūjiet viņa parakstu.
10. Pēc tam nosveriet apmēram 40 mg Jūsu sintezētā ketona, ievietojiet to 25 ml vārglāzē, pievienojiet 3 ml izopropanola un maigi pasildiet kamēr cietais atlikums izšķīst. Tad pievienojiet 1 ml DNPH šķīduma. Atstājiet maisījumu stāvēt vairākas minūtes. Nofiltrējiet hidrazonu, lietojot vakūmfiltrēšanas aprīkojumu. Nomazgājiet nogulsnes ar izopropanolu.
11. Izšķīdiniet pāris miligramus hidrazona tukšajā mēģenē (lietojiet hloroformu kā šķīdinātāju).
12. Veiciet PSH analīzi. Viens no četriem zemāk dotajiem hidrazoniem ir tas, ko Jūs tikko uzsintezējāt. Lietojot stikla kapilārus, uz vienas un tās pašas PSH plāksnītes uznesiet mazus daudzumus visu četru jums doto hidrazonu šķīdumu, kā arī mazu daudzumu Jūsu sintezētā hidrazona šķīduma. Uznesiet šos šķīdumus uz punktiem, kuri atzīmēti ar zīmuli. Kad tas izdarīts, krāsainajiem punktiem, kurus Jūs tikko esat uznesis, būtu jābūt skaidri redzamiem. Ja tā nav, atkārtojiet procedūru līdz tie paliek redzami. Tad ielejiet 2 ml toluola PSH noslēgtajā vārglāzē. Ievietojiet savu PSH plāksnīti vārglāzē tā, lai krāsainie punkti būtu lejā. Ļaujiet šķīdinātājam uzkāpt līdz beigu līnijai, kura atzīmēta uz PSH plāksnītes. Tad izņemiet PSH plāksnīti ārā no vārglāzes un izvērtējiet savus rezultātus. Izseciniet, kurš no hidrazoniem ir jūsējais un attiecīgi, kurš spirts Jums tika dots.
13. Aprēķiniet R<sub>f</sub> vērtības. R<sub>f</sub> ir ceļa garums uz plāksnītes, kuru nogāja hidrazons, izdalīts ar šķīdinātāja ceļa garumu. Parādiet savu PSH plāksnīti laborantam un dabūjiet viņa parakstu, ka Jūs atstājāt savu plāksnīti aizvelkamajā plastikāta maisiņā savā darba vietā.

Mēģenes numurs	1	2	3	4
Mēģenē esošā hidrazona struktūra				

Pilnībā aizpildiet atbilžu lapas.

## 2. Uzdevums

### Reakcijas pakāpes un ātruma konstantes noteikšana

**20 punkti**

Reakcijas pakāpes un ātruma konstantes noteikšana dažkārt ir ļoti grūts uzdevums, jo vienlaicīgi jāseko vairāku vielu koncentrāciju izmaiņām. Šī apstākļa dēļ reakcijas ātruma pētījumus parasti veic apstākļos, kad visi reaģenti, izņemot vienu ir lielā pārākumā un to koncentrācijas var pieņemt par konstantām. Šāda pieeja atvieglo iegūto datu analīzi, tomēr pagarina reakcijas eksperimentālos pētījumus, jo nepieciešams pētīt reakciju apstākļos, kad atsevišķi mainās izejvielas koncentrācija, bet pārējās saglabājas konstantas. Šajā laboratorijas darbā būs jānosaka reakcijas pakāpe attiecībā uz vieno no reaģentiem un jāaprēķina reakcijas ātruma konstante.

#### Savienojumi:

0,500 M  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  šķīdums      1 M KI šķīdums  
1 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  šķīdums      Cietes šķīdums  
 $\text{H}_2\text{O}_2$  šķīdums

#### Piederumi:

1      25 mL birete  
1      250-300 mL Erlenmeijera (koniskā) kolba  
1      100 mL mērkolba  
1      10 mL Mora pipete  
1      10 mL mērpipete  
1      plastmasas pilināmā pipete  
1      100 mL un 10-mL mērcilindri  
1      gumijas baloniņš pipetes uzpildīšanai  
1      piltuve  
1      laboratorijas statīvs un skavas  
1      hronometrs  
1      strūklene ar destilētu ūdeni  
1      atkritumu pudele (trauks)  
1      lineāls, zīmulis, dzēšgumija

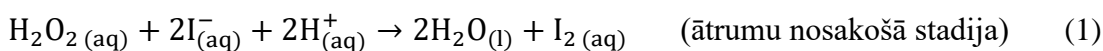
#### Kā lietot hronometru:

- vienu reizi nospied „mode“ pogu un ierīce tiks ieslēgta laika mērīšanas režīmā;
- nospied „reset“ pogu, lai laika atskaite sāktos no nulles
- vienu reizi nospied „ST./STP.“ pogu, lai sāktu laika mērīšanu
- vēl vienu reizi nospied „ST./STP.“ pogu, lai apturētu laika atskaiti
- nospied atkal „reset“ pogu, lai laika atskaite sāktos no nulles



## TEORIJA

Šajā uzdevumā tiks apskatīta reakcijas (1) kinētika:



Eksperiments ir plānots tādējādi, ka jodīdioni un ūdeņraža joni reakcijas maisījumā ir lielā pārākumā. Tādējādi to koncentrācijas reakcijas norises gaitā saglabājas praktiski konstantas un neparādās reakcijas ātruma konstantē (matemātiski tās tiek iekļautas ātruma konstantes skaitliskajā vērtībā). Šādos apstākļos reakcijas ātrums ir atkarīgs tikai no ūdeņraža peroksīda koncentrācijas:

$$-\frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt} = k[\text{H}_2\text{O}_2]^n \quad (2)$$

Šā laboratorijas uzdevum mērķis ir noteikt reakcijas pakāpi  $n$ , kā arī reakcijas ātruma konstantes  $k$  skaitlisko vērtību un mērvienības. Lai gan dažām reakcijām ir sarežģītas ātruma izteiksmes, apskatīsim tikai vienkāršākos gadījumus, kad  $n = 0, 1$  vai  $2$ . Lai to varētu izdarīt ir nepieciešams iegūt reakcijas ātruma integrētos vienādojumus, kas mainās atkarībā no reakcijas pakāpes  $n$ . Gadījumā, ja  $n = 0$  (nultās pakāpes reakcijas) integrētais ātruma vienādojums ir šāds:

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = [\text{H}_2\text{O}_2]_0 - kt \quad (3)$$

Ja  $n = 1$  (pirmās pakāpes reakcija), integrētais ātruma vienādojums ir sekojošs:

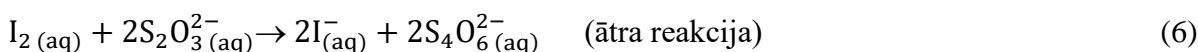
$$\ln[\text{H}_2\text{O}_2] = \ln[\text{H}_2\text{O}_2]_0 - kt \quad (4)$$

Ja  $n = 2$  (otrās pakāpes reakcija), integrētais ātruma vienādojums ir sekojošs:

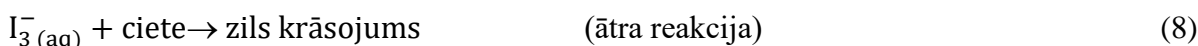
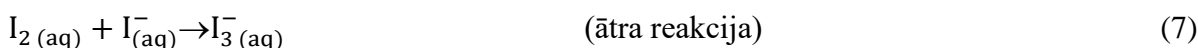
$$\frac{1}{[\text{H}_2\text{O}_2]} = \frac{1}{[\text{H}_2\text{O}_2]_0} - kt \quad (5)$$

Tikai viens no šiem trim vienādojumiem (3-5) patiesībā apraksta koncentrācijas maiņu šajā reakcijā (t.i., tikai viena no reakcijas pakāpēm ir patiesā). Izmērot neizreagējušā ūdeņraža peroksīda koncentrāciju, un attiecīgi grafiski atliekot datus katrai no integrētā ātruma izteiksmēm, vienā no gadījumiem tiek iegūta taisne, kas norāda uz pareizo reakcijas pakāpi. Reakcijas ātruma konstanti var noteikt kā šīs taisnes virziena koeficientu.

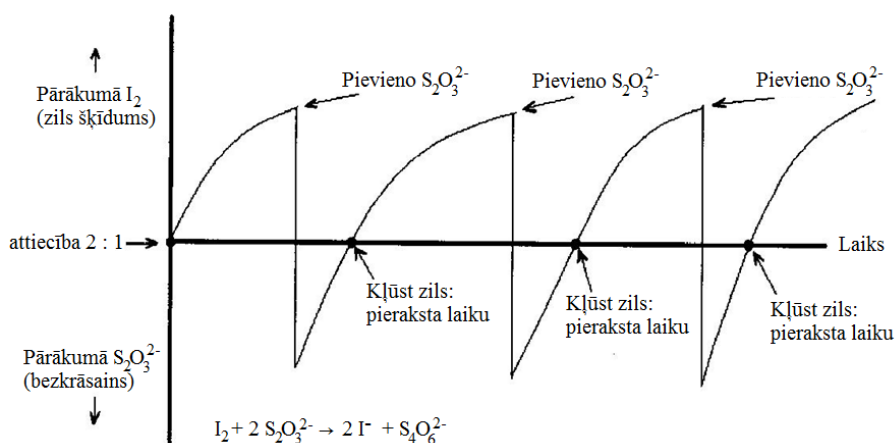
Tā kā praktiski nav iespējams tiešā veidā noteikt ūdeņraža peroksīda koncentrāciju šķīdumā, kamēr notiek reakcija, tad šajā laboratorijas darbā noteiksim joda daudzumu, kas veidojas reakcijā, un balstoties uz reakcijas stehiometriju, aprēķināsim neizreagējušā peroksīda koncentrāciju. Pēc reakcijas sākuma pa noteiktiem laika intervāliem reakcijas maisījumam pievieno pa porcijām nātrija tiosulfāta standartšķīdumu. Tiosulfāts reaģē ar jodu saskaņā ar šādu reakcijas vienādojumu:



Tā kā šī reakcija ir daudz ātrāka nekā reakcija (1), tad viss jods, kas veidojas reakcijā (1) tiek momentāni patērēts reakcijā ar tiosulfāta joniem. Lai konstatētu joda klātbūtni, reakcijas maisījumam pievieno cietes indikatoru:



Analīzes metode ir sekojoša. Pētāmā reakcija (vienādojums 1) tiek veikta pievienojot cietes indikatoru un laiku fiksējot ar hronometru. Reakcijas maisījums momentā kļūst zils, jo veidojas jods (skatīt augšupejošo līniju 1. attēlā; augšupejošās līknes attēlā parāda  $I_2$  veidošanos, bet vertikālās līnijas joda patērēšanu reakcijā ar tiosulfātu). Tad reakcijas maisījumam no bīretes strauji tiek pievienota porcija nātrija tiosulfāta standartšķīduma (pirmā vertikālā līnija attēlā). Tiosulfāta porcija tūšuprāt tiek pielikta pārākumā un tas praktiski momentā patērē visu jodu, kas bija radies pētāmajā reakcijā, reakcijas maisījums kļūst bezkrāsains. Reakcijas maisījumā ir tiosulfāta jonu pārākums. Bet tā, kā reakcijā aizvien veidojas jods (otrā augšupejošā līkne), tad pievienotais tiosulfāta daudzums tiek pakāpeniski patērēts. Brīdī, kad izreaģējusi visa pievienotā tiosulfāta porcija, atkal parādās zils krāsojums, pieraksta laiku, kurā tas notiek. Minētās darbības ar tiosulfāta pievienošanu un laika reģistrēšanu atkārtoti tik ilgi, kamēr iegūst punktus, kas nepieciešami grafika konstruēšanai.



1.attēls. Relatīvie  $I_2$  un  $S_2O_3^{2-}$  daudzumi eksperimenta laikā

**Kopējo** joda daudzumu (milomolos), kas **veidojas** laikā  $t$  aprēķina no **kopējā** tiosulfāta daudzuma, kas tika izmantots līdz stehiometriskā punkta sasniegšanai (kopējais tiosulfāta daudzums, kas tika pievienots kopš reakcijas sākuma līdz brīdim pirms krāsas maiņas uz zilu). Tad no kopējā joda daudzums aprēķina kopējo ūdeņraža peroksīda daudzumu, kas tika **patērēts** līdz attiecīgajam brīdim (skatīt vienādojuma 1 stehiometriju); aprēķinātais patērētā peroksīda daudzums ir jāatņem no sākotnējā peroksīda daudzuma, jo tālākiem aprēķiniem ir nepieciešams **atlikušā** peroksīda daudzums. Tā kā tikko minētais par vielu daudzumiem ir spēkā pēc katras tiosulfāta pievienošanas (katra nākamā vertikālā līnija grafikā) un pēc katras laika nolasīšanas (krāsas parādīšanās punkts), tad procesu atkārtojot vairākas reizes iegūst sakarības starp laiku un koncentrāciju, lai pārbaudītu kurai no integrētajām ātruma izteiksmēm mērījumu rezultāti atbilst. Sākotnējo ūdeņraža peroksīda daudzumu nosaka, ļaujot reakcijai notikt līdz galam un nosakot kopējo joda daudzumu, kas veidojas reakcijā un atbilstoši stehiometrijai, saistot to ar kopējo ūdeņraža peroksīda daudzumu, kurš sākumā bija reakcijas maisījumā.

## Darba gaita

1. Pagatavo tiosulfāta šķīdumu ar precīzu koncentrāciju. Ar Mora pipeti iemēra 10 mL 0,500 M  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  šķīduma un pārnes to 100 mL mērkolbā. Atšķaida šķīdumu līdz atzīmei.
2. Ar pagatavoto tiosulfāta šķīdumu uzpilda bireti.
3. Tīrā, sausā koniskajā kolbā ielej 75 mL destilēta ūdens (mēra ar mērcilindru), 5 mL 1,0 M sērskābes (lieto mērpipeti) un aptuveni 2,5 mL cietes šķīduma (lieto pilināmo pipeti).
4. Ar Mora pipeti iemēra precīzi 10,00 mL ūdeņraža peroksīda šķīduma un pievieno tajā pašā koniskajā kolbā, samaisa reakcijas maisījumu.
5. Lietojot mērcilindru, reakcijas maisījumam tik strauji cik iespējams pievieno 10,0 mL 1,00 M kālija jodīda šķīduma, **vienlaicīgi sākot laika mērīšanu**. Laika mērīšana reakcijas gaitā notiek bez apstājas. Nekavējoties pievieno aptuveni 1 mL nātrija tiosulfāta no biretes un pieraksti biretes rādījumu. Samaisi reakcijas maisījumu, kamēr zilā krāsa pazūd. Kad reakcijas maisījums atkal kļūst zils, **neapturot hronometru** pieraksti laika rādījumu un pievieno jaunu nātrija tiosulfāta porciju un atkal pieraksti laika rādījumu, kad zilā krāsa parādās no jauna. Turpini atkārtot minētās darbības ar tiosulfāta pievienošanu un laika pierakstīšanu, līdz iegūti desmit mērījumu punkti.
6. Apturi hronometru un atstāj reakcijas maisījumu stāvēt vienu stundu. Šis laiks būs pietiekams, lai reakcija notiktu līdz galam (paralēli turpini organiskās ķīmijas praktisko darbu). Pēc tam **uzmanīgi** titrē reakcijas maisījumu ar atlikušo nātrija tiosulfāta šķīdumu līdz zilā krāsa tikko kā pazūd (tai nevajadzētu atkal parādīties). Pieraksti biretes rādījumu, aizpildi protokolu un sakārto darba vietu.