



შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
საქათველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო

ქიმიის 54-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისთვის საქართველოს
ნაკრები გუნდის წევრების შესარჩევი კონკურსი

1 ტური

ამოცანები



54th IChO 2022
International Chemistry Olympiad



TIANJIN, CHINA

ამოცანების შემდგენლები:

ლაშა ხუციშვილი

თინათინ ბუთხუზი

სოფიკო ფაცაცია

ელიზბარ ელიზბარაშვილი

არიფ დამტანი

14 მაისი

ძვირფასო მონაწილეებო

ამოცანების ამოხსნისას გთხოვთ გახსოვდეთ:

- ტურის ხანგრძლივობა შეადგენს 5 (ხუთ) ასტრონომიულ საათს.
- ტესტის მაქსიმალურ ქულათა ჯამია 100 ქულა
- თითოეული ამოცანის მაქსიმალური ქულა მოცემულია შესაბამის ამოცანები მარჯვენა კიდეში
- პასუხების ფურცელზე აუცილებლად დააწერეთ თქვენი გვარი, სახელი და სკოლა.
- პასუხები უნდა ჩაიწეროს მხოლოდ პასუხების ფურცელში მოცემულ შესაბამის უჯრებში.
- პასუხი, რომელიც შესაბამისი უჯრის გარეთ იქნება შეტანილი, არ შეფასდება.
- პასუხები დაწერეთ გარკვევით
- ქიმიური რეაქციის ტოლობებში სტექიომეტრიული კოეფიციენტები გაასწორეთ
- აუცილებლად მიუთითეთ სიდიდეების განზომილებები, სადაც არის შესაძლებელი
- შეწყვიტეთ პასუხების გაცემა და დადეთ თქვენი კალამი დროის ამოწურვისთანავე.
- პასუხების ფურცელი და თეორიული ტესტების ფურცელი შეგროვდება წერის დასრულებისას.

გისურვებთ წარმატებებს!

ფიზიკური კონსტანტები, ერთეულები, ფორმულები და განტოლებები

გაზის უნივერსალური კონსტანტა	$R = 8.3145 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
სტანდარტული წნევა	$p^\circ = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 750 \text{ mmHg}$
ატმოსფერული წნევა	$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$
ცელსიუსის შკალის ნულ წერტილი	273.15 K
1 მასის ატომური ერთეული (მ.ა.ე.)	$1.661 \times 10^{-27} \text{ კგ}$

შექცევადი ადიაბატური პროცესი იდეალური გაზისათვის	$pV^{1+R/C_V} = \text{const}$
იდეალური გაზის მიერ შესრულებული მუშაობა ადიაბატურ პროცესში	$W = nC_V(T_2 - T_1)$
შინაგანი ენერგიის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე	$U(T_2) = U(T_1) + C_V(T_2 - T_1)$
კავშირი მოლურ იზობარულ და იზოქორულ თბოტევადობას შორის იდეალური გაზებისათვის	$C_p = C_V + R$
ჯიბსის ენერგია	$G = H - TS$
კავშირი წონასწორობის კონსტანტასა და სტანდარტულ ჯიბსის ენერგიას შორის	$K = \exp\left(-\frac{\Delta G^\circ}{RT}\right)$
რეაქციის ჯიბსის ენერგიის დამოკიდებულება კონცენტრაციასა და წნევაზე $a = c / (1 \text{ mol/L})$ ხსნარის სუბსტანციებისათვის, $a = p / (1 \text{ bar})$ გაზებისათვის	$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{a_{\text{prod}}}{a_{\text{reag}}}$
ჯიბსის ენერგიის ცვლილება დროში ერთეულ მოცულობაში სისტემისათვის, რომელიც მოიცავს ორ ქიმიურ რეაქციას 1 და 2 შესაბამისი რეაქციის სიჩქარეებით r_1 და r_2	$\frac{\Delta G_{\text{syst}}}{\Delta t} = \Delta G_1 r_1 + \Delta G_2 r_2$
არენიუსის განტოლება რეაქციის სიჩქარი მუდმივისთვის	$k = A \exp(-E_a/RT)$
პლანკის დამოკიდებულება $[h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ ჯ} \cdot \text{წმ}]$	$E = h\nu = hc/\lambda$

ელემენტების პერიოდულობის ცხრილი

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	პერიოდი 1 ნივთი ნივთი ნივთი																2
3	პერიოდი 2 ნივთი ნივთი ნივთი ნივთი																10
11	პერიოდი 3 ნივთი ნივთი ნივთი ნივთი ნივთი																18
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

ამოცანა 1. თუთია ანალიზში (15%)

დავალება	1	2	3	4	5	6	7.1	7.2	7.3	სულ
ქულა	2	2	3	3	3	4	1	2	2	22

თუთიის ჰიდროქსიდის ხსნადობის ნამრავლი, $K_{sp}(\text{Zn}(\text{OH})_2) = 1.8 \cdot 10^{-17}$

1.1. გამოთვალეთ თუთიის წყალში ხსნადობა გ/ლ-ში.

$$\begin{aligned}
 \text{Zn}(\text{OH})_2 &\rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \\
 [\text{Zn}^{2+}] &= s; [\text{OH}^-] = 2s \\
 K_{sp} &= [\text{Zn}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = s \cdot (2s)^2 = 4s^3 \\
 s &= \sqrt[3]{K_{sp}} = \sqrt[3]{\frac{1.8 \cdot 10^{-17}}{4}} = 1.65096 \cdot 10^{-6} \text{ M} \\
 s &= 1.65096 \cdot 10^{-4} \text{ გ/ლ}
 \end{aligned}$$

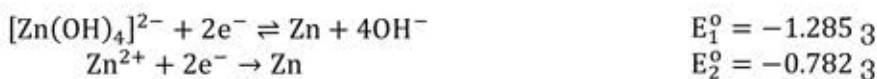
(2 ქულა)

1.2. გამოთვალეთ თუთიის ჰიდროქსიდის ნაჯერი წყალხსნარის pH. უგულებელყავით შესაძლო კომპლექსების წარმოქმნა.

$$\begin{aligned}
 [\text{OH}^-] &= 2s = 3.30192 \cdot 10^{-6} \text{ M} \\
 \text{pOH} &= -\lg(3.30192 \cdot 10^{-6}) = 5.481 \\
 \text{pH} &= 14 - 5.481 = 8.519
 \end{aligned}$$

(2 ქულა)

მოცემულია შემდეგი რეაქციების სტანდარტული პოტენციალები:



1.3. გამოთვალეთ ტეტრაჰიდროქსოცინკატის კომპლექსწარმოქმნის მუდმივა.

$$\begin{aligned}
 \text{Zn} + 4\text{OH}^- &\rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + 2\text{e}^- & \Delta G_1^\circ &= -zF(-E_1^\circ) = -247966.45 \text{ კჯ/მოლი} \\
 \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- &\rightarrow \text{Zn} & \Delta G_2^\circ &= -zFE_2^\circ = 150902.54 \text{ კჯ/მოლი} \\
 \Delta G &= \Delta G_1^\circ + \Delta G_2^\circ = 97063.91 \text{ კჯ/მოლი} \\
 \beta_4 &= e^{\frac{\Delta G}{-RT}} = e^{\frac{97063.91}{8.314 \cdot 298.15}} = 1.0134 \cdot 10^{17}
 \end{aligned}$$

ნერსტის განტოლებით გამოთვლა:

$$\begin{aligned}
 E_1^\circ &= E_2^\circ - \frac{0.0591}{2} \lg \beta_4 \\
 -1.285 &= -0.782 - \frac{0.0591}{2} \lg \beta_4 \\
 \beta_4 &= 1.052 \cdot 10^{17}
 \end{aligned}$$

(3 ქულა)

1.4. გამოთვალეთ თუთიის ჰიდროქსიდის ხსნადობა $\text{pH} = 9.58$ -ზე. უგულებელყავით შესაძლო კომპლექსების წარმოქმნა.

$$\begin{aligned}
 [\text{Zn}^{2+}][\text{OH}^-]^2 &= 1.8 \cdot 10^{-17} \\
 \text{pOH} &= 14 - \text{pH} = 14 - 9.58 = 4.42 \\
 [\text{OH}^-] &= 10^{-4.42} \text{ მოლი/ლ} \\
 [\text{Zn}^{2+}] &= \frac{1.8 \cdot 10^{-17}}{(10^{-4.42})^2} = 1.24530 \cdot 10^{-8}
 \end{aligned}$$

(3 ქულა)

- 1.5. გამოთვალეთ თუთიის ჰიდროქსიდის ხსნადობა $\text{pH} = 9.58$ -ზე. ამ შემთხვევაში გაითვალისწინეთ ტეტრაჰიდროქსოკომპლექსი.

$$S = [\text{Zn}^{2+}] + [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$$

$$\beta_4 = \frac{[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}}{[\text{Zn}^{2+}][\text{OH}^-]^4} \quad [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} = \beta_4[\text{Zn}^{2+}][\text{OH}^-]^4$$

$$S = [\text{Zn}^{2+}] + \beta_4[\text{Zn}^{2+}][\text{OH}^-]^4 = 1.24530 \cdot 10^{-8}(1 + 1.0134 \cdot 10^{17} \cdot (10^{-4.42})^4)$$

$$= 1.50897 \cdot 10^{-8} \text{ მოლი/ლ}$$

(3 ქულა)

თუთია და ამიაკი წარმოქმნიან კომპლექსებს: $[\text{Zn}(\text{NH}_3)]^{2+}$, $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$, $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}$ და $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. ცნობილია, რომ $\beta_1 = 10^{2.18}$, $\beta_2 = 10^{4.43}$, $\beta_3 = 10^{6.74}$, $\beta_4 = 10^{8.70}$, $\text{pK}_b(\text{NH}_3) = 4.7$.

- 1.6. გამოთვალეთ ხსნარში თითოეული ამინოკომპლექსის მოლური წილი, როდესაც ხსნარში არაპროტონირებული ამიაკის კონცენტრაციაა 0.1 M.

$$\alpha_{[\text{Zn}(\text{NH}_3)]^{2+}} = \frac{\beta_1[\text{NH}_3]}{1 + \beta_1[\text{NH}_3] + \beta_2[\text{NH}_3]^2 + \beta_3[\text{NH}_3]^3 + \beta_4[\text{NH}_3]^4} = 2.7 \cdot 10^{-4}$$

$$\alpha_{[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}} = \frac{\beta_2[\text{NH}_3]^2}{1 + \beta_1[\text{NH}_3] + \beta_2[\text{NH}_3]^2 + \beta_3[\text{NH}_3]^3 + \beta_4[\text{NH}_3]^4} = 4.8 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha_{[\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}} = \frac{\beta_3[\text{NH}_3]^3}{1 + \beta_1[\text{NH}_3] + \beta_2[\text{NH}_3]^2 + \beta_3[\text{NH}_3]^3 + \beta_4[\text{NH}_3]^4} = 9.8 \cdot 10^{-2}$$

$$\alpha_{[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}} = \frac{\beta_4[\text{NH}_3]^4}{1 + \beta_1[\text{NH}_3] + \beta_2[\text{NH}_3]^2 + \beta_3[\text{NH}_3]^3 + \beta_4[\text{NH}_3]^4} = 0.897$$

(4 ქულა)

ნარევიში, რომელიც შეიცავს მხოლოდ NaCl -სა და NaNO_3 -ს, საჭიროა ნატრიუმის ნიტრატის განსაზღვრა. ამისათვის, 5.00 გ ნიმუშისგან დაამზადეს 100 სმ³ საანალიზო ხსნარი. საანალიზო ხსნარის 10 სმ³ მოცულობას დაუმატეს თუთიის ფხვნილი ტუტე გარემოში. რეაქციის შედეგად გამოყოფილი ამიაკი გაატარეს 50 სმ³ 0.150 M HCl -ის ხსნარში. ჭარბი HCl -ის გატიტრას დასჭირდა 32.10 სმ³ NaOH -ის 0.100 M ხსნარი.

1.7.

1.7.1 დაწერეთ გათანაბრებული რეაქციის ტოლობა თუთიასა და ნატრიუმის ნიტრატს შორის ტუტე გარემოში.

1.7.2 გამოთვალეთ ნარევში ნატრიუმის ნიტრატის მასური წილი.

1.7.3 რა ტემპერატურაზე გაიყინება საანალიზო ხსნარი თუ კრიოსკოპული მუდმივაა $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{კგ} \cdot \text{მოლი}^{-1}$ და ხსნარის სიმკვრივეა $0.985 \text{ გ} \cdot \text{სმ}^{-3}$.



1 ქულა

$$\text{ბ) } n(\text{HCl}) = 0.05 \cdot 0.15 = 7.5 \cdot 10^{-3} \text{ მოლი}$$

$$n(\text{NaOH}) = 0.0321 \cdot 0.1 = 3.21 \cdot 10^{-3} \text{ მოლი}$$

$$n(\text{NH}_3) = (7.5 - 3.21) \cdot 10^{-3} = 4.29 \cdot 10^{-3} \text{ მოლი ამიაკი წარმოიქმნა 10 მლ ხსნარისთვის. მაშასადამე 100 მლ-ის შემთხვევაში იქნება } 4.29 \cdot 10^{-2} \text{ მოლი.}$$

$$\text{რეაქციის მიხედვით } n(\text{NaNO}_3) = 10n_{\text{წარ}}(\text{NH}_3) = 4.29 \cdot 10^{-2} \text{ მოლი.}$$

$$\text{მასა: } m = 85 \cdot n(\text{NaNO}_3) = 4.29 \cdot 10^{-2} \cdot 85 = 3.65 \text{ გ.}$$

2 ქულა

$$w\%(\text{NaNO}_3) = \frac{3.65}{5.00} \cdot 100\% = 72.9\%$$

$$\text{გ) 1000 მლ ხსნარის მასა იქნება 985 გ (5 გ ნარევი და 980 გ წყალი).}$$

$$n(\text{NaNO}_3) = 4.29 \cdot 10^{-2} \text{ მოლი}$$

$$n(\text{NaCl}) = \frac{5 \cdot (1 - 0.729)}{58.5} = 2.316 \cdot 10^{-2} \text{ მოლი.}$$

$$\Delta T_f = -K_f m = -1.86 \cdot 2 \cdot \left(\frac{4.29 \cdot 10^{-2} + 2.316 \cdot 10^{-2}}{0.0098} \right) = -0.377 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2 ქულა

ამოცანა 2. ქრომი და მისი ნაერთები: ელექტროქიმია და კინეტიკა (19%)

დავალება	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	სულ
ქულა	3	3	3	2	3	1	2	3	1	1	1	4	1	2	2	3	2	37

ა) ქრომის გალვანური წარმოება

მეტალური ქრომით დაფარვა შესაძლებელია ქრომმჟავას წყალხსნარის ელექტროლიზით (H_2CrO_4).
ხსნარში ატარებდნენ 1500 ამპერ დენს 7.00 სთ-ის განმავლობაში. კათოდზე გამოიყო 4.15 მ³ წყალბადი სტანდარტულ პირობებში (25°C, 1.00 ბარი), როგორც თანაპროდუქტი, რამაც შეამცირა ქრომის გამოსავლიანობა. აირი გამოიყო ასევე ანოდზეც.

2.1. დაწერეთ ელექტროდებზე მიმდინარე ყველა პროცესის გათანაბრებული ტოლობა.

კათოდი:
 $2\text{H}_3\text{O}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2$
 $\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow \text{Cr} + 4\text{H}_2\text{O}$

(1 ქულა)

(1 ქულა)

ანოდი:
 $6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{O}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2$

(1 ქულა)

2.2. გამოთვალეთ ქრომის გამოსავლიანობა კათოდზე (დენის მიხედვით).

$$n(\text{H}_2) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1 \cdot 10^5 \text{ პა} \cdot 4.15 \text{ მ}^3}{8,314 \text{ ჯ მოლი}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} \approx 167.5 \text{ მოლი}$$
$$\eta = \frac{n \cdot z \cdot F}{I \cdot t} = \frac{167.5 \text{ მოლი} \cdot 2 \cdot 96485 \text{ ა} \cdot \text{წმ} \cdot \text{მოლი}^{-1}}{1500 \text{ ა} \cdot 7 \text{ სთ} \cdot 3600 \text{ წმ} \cdot \text{სთ}^{-1}} \approx 0.855 \Rightarrow 85.5\% \text{ H}_2$$

(2 ქულა)

ქრომის გამოსავლიანობა დენის მიხედვით: $\eta = 14.5\%$

(1 ქულა)

2.3. გამოთვალეთ გამოყოფილი ქრომის მასა.

$$n(\text{Cr}) = \frac{I \cdot t \cdot \eta}{z \cdot F} = \frac{1500 \text{ ა} \cdot 7 \text{ სთ} \cdot 3600 \text{ წმ სთ}^{-1} \cdot 0,145}{6 \cdot 96485 \text{ წმ მოლი}^{-1}} \approx 9.5 \text{ მოლი}$$

(2 ქულა)

$$\text{ქრომის მასა: } m = n \cdot M = 9.5 \text{ მოლი} \cdot 52 \text{ გ} \cdot \text{მოლი}^{-1} = 492 \text{ გ}$$

(1 ქულა)

2.4. გამოთვალეთ ანოდზე გამოყოფილი აირის მოცულობა სტანდარტულ პირობებში (25°C, 1.00 ბარი).

$$n(\text{O}_2) = \frac{I \cdot t \cdot \eta}{z \cdot F} = \frac{1500 \text{ ა} \cdot 7 \text{ სთ} \cdot 3600 \text{ წმ სთ}^{-1} \cdot 1}{4 \cdot 96485 \text{ წმ მოლი}^{-1}} \approx 97.9 \text{ მოლი}$$

(1 ქულა)

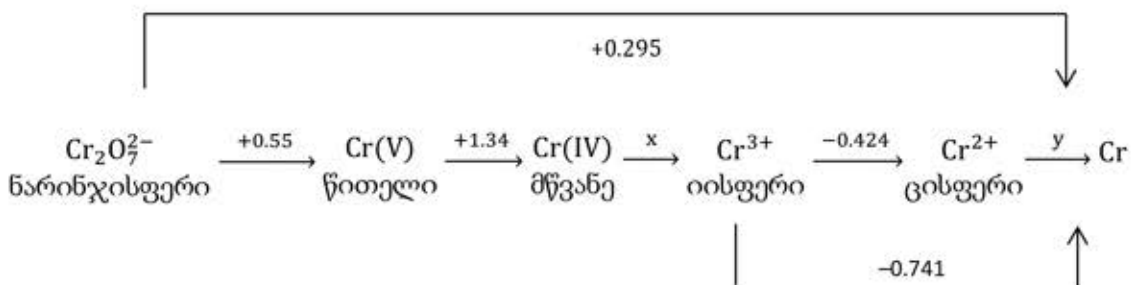
$$V(\text{O}_2) = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{97.9 \text{ მოლი} \cdot 8,314 \text{ ჯმოლი}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{1 \cdot 10^5 \text{ პა}} \approx 2.43 \text{ მ}^3$$

(1 ქულა)

ბ) ქრომის ელექტროქიმია და მისი ნაერთები

ქრომა (ბერძნულიდან „χρᾶσι“ ნიშნავს ფერს) ასეთი სახელწოდება მიიღო იმიტომ, რომ მის ნაერთებს (იონებს) აქვს ბევრი განსხვავებული ფერი.

ქვემოთ მოცემულია არასრული ლათიმერის დიაგრამა ზოგიერთი ამ იონისთვის $\text{pH} = 0$ პირობებისთვის. ყველა პოტენციალი მოცემულია ვოლტებში.



2.5. გამოთვალეთ გამოტოვებული პოტენციალების, x-ისა და y-ის მნიშვნელობები.

$$x = \frac{6 \cdot 0.295 - 3 \cdot (-0.741) - 0.55 - 1.34}{1} = 2.10 \text{ ვ}$$

$$y = \frac{3 \cdot (-0.741) - (-0.424)}{2} = -0.90 \text{ ვ}$$

(3 ქულა)

2.6. შესაბამისი გამოთვლებით დაასაბუთეთ, რომ Cr(IV)-ს შეუძლია დისპროპორციონირდეს Cr(III)-სა და Cr(VI)-ში.

Cr(IV) დისპროპორციონირებს, რადგან

$$E^{\circ}(\text{Cr(IV)}|\text{Cr(III)}) = 2.10 > E^{\circ}(\text{Cr(VI)}|\text{Cr(IV)}) = 0.945 \text{ ვ}$$

$$E^{\circ}(\text{Cr(VI)}|\text{Cr(IV)}) = \frac{0.55 + 1.34}{2} = 0.945 \text{ ვ}$$

(1 ქულა)

2.7. გამოთვალეთ დისპროპორციონირების რეაქციის წონასწორობის მუდმივა 25°C-ზე.

$$\Delta E^{\circ} = 2.10 - 0.945 = 1.155 \text{ ვ}$$

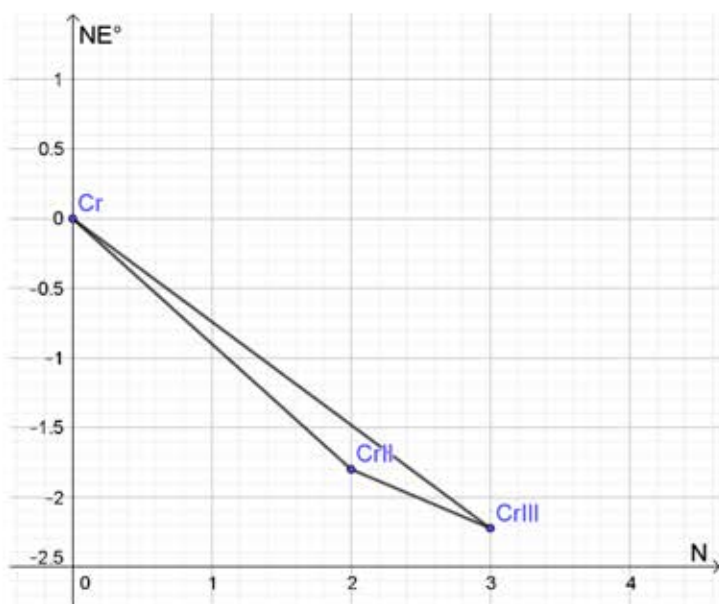
(1 ქულა)

$$\Delta G^{\circ} = -z \cdot F \cdot \Delta E^{\circ} = -R \cdot T \cdot \ln K$$

$$\Rightarrow \ln K = \frac{2 \cdot 96485 \cdot 1.155}{8.314 \cdot 298} = 89.96 \Rightarrow K = 1.2 \cdot 10^{39}$$

(1 ქულა)

2.8. დისპროპორციონირებს თუ არა Cr(II), Cr(III)-ში და Cr(0)-ში? მონიშნეთ სწორი პასუხი და ახსენით თქვენი არჩევანი მოცემულ ფროსტის (Frost) დიაგრამაზე შესაბამისი მონიშვნებით.



☐ კი, დისპროპორციონირებს

☒ (X) არა, არ დისპროპორციონირებს

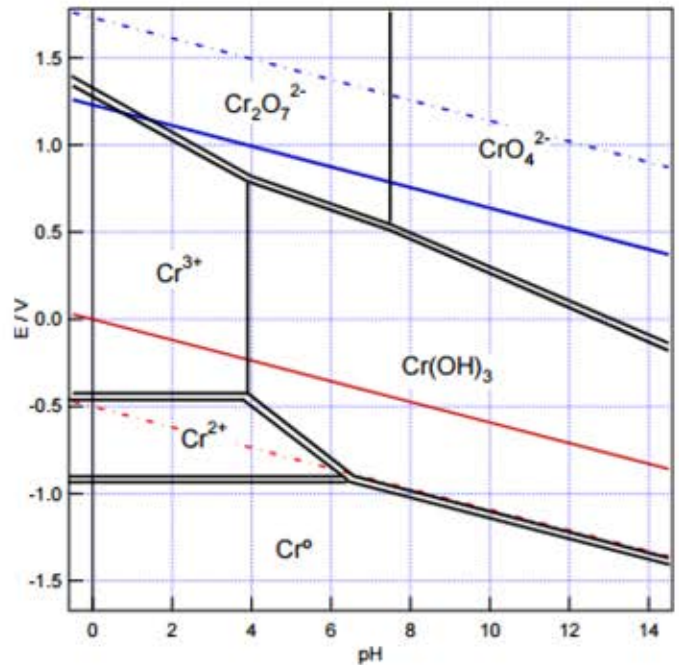
Cr 0 g

$\text{Cr}^{2+} \quad -0.90 \cdot 2 = -1.80 \text{ g}$

$\text{Cr}^{3+} \quad -0.741 \cdot 3 = -2.223 \text{ g}$

(3 ქულა)

პურბუას (Pourbaix) დიაგრამა (მარჯვნივ) ასახავს ქრომის შემცველი ყველა ნაწილაკის ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალის pH-ზე დამოკიდებულებას. წონასწორულ მდგომარეობაში ყველა ნაწილაკის აქტივობა ჩათვლილია რომ არის 1 ($a = 1$), გარდა, H^+ -სა (H_3O^+).



2.9. დაასახელეთ ორი ნაწილაკი, რომელთა აღდგენის პოტენციალი მოცემულ pH-ის ზღვრებში მუდმივია.

ყველა პორიზონტალურად გადამკვეთი ხაზით, ანუ $Cr^{2+} | Cr^{3+}$

(1 ქულა)

ანალიზურ ქიმიაში ხშირად გამოიყენება ჟანგვა-აღდგენითი სისტემა დიქრომატი/ქრომი(III). მისი სტანდარტული პოტენციალია $E^\circ(Cr_2O_7^{2-} | Cr^{3+}) = +1.33$ ვ.

2.10. pH-ის რომელ ზღვრებში გადადის $Cr_2O_7^{2-} | Cr^{3+}$ -ში?

0-დან 4-მდე
(1 ქულა)

2.11. დაწერეთ ნახევარრეაქცია ჟანგვა-აღდგენითი წყვილისთვის $Cr_2O_7^{2-} | Cr^{3+}$.

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$
(1 ქულა)

- 2.12. გამოიყვანეთ განტოლება $E = f(\text{pH})$ ორ ნაწილაკს: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -სა და Cr^{3+} -ს შორის 298 K-ზე. (ჩათვალეთ, რომ ქრომის შემცველი ნაწილაკების აქტივობა არ იცვლება).

პოტენციალის ცვლილება pH-ის მიხედვით:

$$E = E^\circ + \frac{RT}{6F} \ln \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]^{14}}{[\text{Cr}^{3+}]^2}$$

$$E = E^\circ + \frac{RT}{6F} \ln \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}{[\text{Cr}^{3+}]^2} - \frac{RT}{6F} (-\ln[\text{H}_3\text{O}^+]^{14})$$

$$\text{და } \ln[\text{H}_3\text{O}^+]^{14} = \frac{14 \log[\text{H}_3\text{O}^+]}{\log e} = 14 \cdot 2.3026 \cdot \log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$E = E^\circ - \frac{RT \cdot 14 \cdot 2.3026}{6F} (-\log[\text{H}_3\text{O}^+])$$

$$E = E^\circ - \frac{RT \cdot 14 \cdot 2.3026}{6F} \text{pH}$$

$$- \frac{RT \cdot 14 \cdot 2.3026}{6F} = - \frac{8.314 \cdot 298 \cdot 14 \cdot 2.3026}{6 \cdot 96485} = -0.138 \text{ ვ}$$

$$E = E^\circ - 0.138 \text{pH}$$

(4 ქულა)

- 2.13. გამოიყენეთ თქვენ მიერ გამოყვანილი წრფივი ფუნქცია E -ს გამოსათვლელად $\text{pH}=2$ მნიშვნელობისთვის.

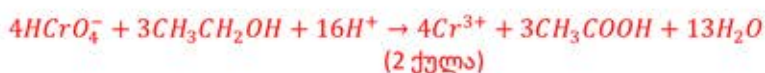
$$E_2 = 1.33 - 0.1380 \cdot 2 = 1.05 \text{ ვ}$$

(1 ქულა)

გ) კინეტიკა – ქრომი და ეთანოლი

ქრომ(VI)-ით ეთანოლის $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ -ის დაჟანგვა ადრე გამოიყენებოდა ამოსუნთქულ ჰაერში ეთანოლის განსაზღვრისთვის („ქიმიური ალკო ტესტი“). ეს რეაქცია ასევე გამოიყენება ქიმიურ ანალიზში. განზავებული $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -ის ხსნარი ძლიერ მჟავა არეში (ამ შემთხვევაში 3.6 M HCl) წარმოქმნის HCrO_4^- იონებს (მჟანგავი რეაგენტი რეაქციის დროს).

- 2.14. დაწერეთ HCrO_4^- -ის რეაქცია ეთანოლთან, Cr^{3+} -ისა და ეთანმჟავას წარმოქმნით.



(2 ქულა)

მოცემულ პირობებში რეაქციის სიჩქარის გამოსახულებაა:

$$v = -\frac{d[\text{HCrO}_4^-]}{dt} = k \cdot [\text{HCrO}_4^-]^x$$

სადაც x არის რეაქციის რიგი, რომელიც მთელი რიცხვია. დროის სხვადასხვა t მომენტში, განისაზღვრა $[\text{HCrO}_4^-]_t$ იოდომეტრული ტიტრაციით მჟავა არეში, იოდიდ-იონის დაჟანგვით. რეაქციის შედეგად გამოყოფილი იოდი რეაგირებს თიოსულფატთან ($c = 0.020$ მოლი/ლ) შემდეგი რეაქციით $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ ეკვივალენტობის წერტილი ისაზღვრება სახამებლის ინდიკატორით. ამგვარად შესაძლებელია $[\text{HCrO}_4^-]_t$ -ის გამოთვლა ტიტრაციაში დახარჯული თიოსულფატის მოცულობის მიხედვით.

თითოეულ ანალიზში გამოყენებული ნიმუშის მოცულობა იყო 10.0 მლ. ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული მონაცემები ასახულია ცხრილში:

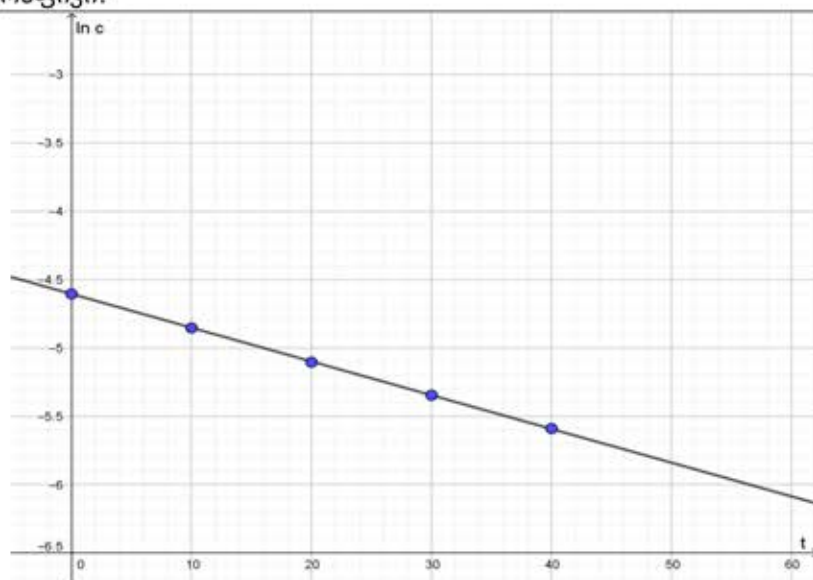
რეაქციის დრო t / წთ	0	10	20	30	40
მოცულობა $V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ / მლ	---	11.7	9.10	7.15	5.60
$[\text{HCrO}_4^-]_t$ / მოლი/ლ	0.0100	0.0078	0.0061	0.0048	0.0037
$\ln[\text{HCrO}_4^-]_t$	-4.61	-4.85	-5.10	-5.35	-5.59
$\frac{1}{[\text{HCrO}_4^-]_t}$	100	128	165	210	268

2.15. დაწერეთ მიმდინარე რეაქციის ტოლობები და გამოთვალეთ $[\text{HCrO}_4^-]_t$ კონცენტრაცია როცა $V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 10.3$ მლ.

$$\begin{aligned}
 &2\text{HCrO}_4^- + 14\text{H}^+ + 6\text{I}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{I}_2 + 8\text{H}_2\text{O} \\
 &\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-} \\
 &n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \cdot c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 10.3 \text{ მლ} \cdot 0.02 \text{ მოლი ლ}^{-1} = 0.206 \text{ მმოლი} \\
 &n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \text{ და } n(\text{HCrO}_4^-) = \frac{2}{3} n(\text{I}_2) = \frac{1}{3} n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0.0687 \text{ მმოლი} \\
 &c(\text{HCrO}_4^-) = \frac{n(\text{HCrO}_4^-)}{V(\text{HCrO}_4^-)} = \frac{0.0687}{10} = 0.00687 \text{ მოლი ლ}^{-1}
 \end{aligned}$$

(2 ქულა)

2.16. განსაზღვრეთ რეაქციის რიგი x და ააგეთ კონცენტრაციის დროზე დამოკიდებულების შესაბამისი გრაფიკი.



(3 ქულა)

2.17. გამოთვალეთ რეაქციის სიჩქარის მუდმივა k (ერთეულების ჩვენებით).

$$\ln[\text{HCrO}_4^-]_t = \ln[\text{HCrO}_4^-]_0 - k t$$

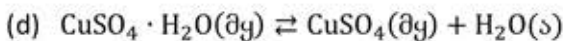
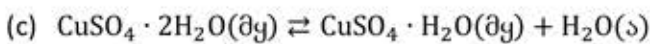
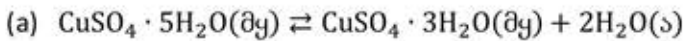
$$k = \frac{\ln \frac{[\text{HCrO}_4^-]_0}{[\text{HCrO}_4^-]_t}}{t} = \frac{\ln \frac{0.01}{0.0078}}{10} = 0.025 \text{ წთ}^{-1}$$

(2 ქულა)

ამოცანა 3. შაბიამნის თერმული დაშლის შესწავლა (21%)

დავალება	1	2	3	4	5	სულ
ქულა	2	3	5	8	4	22

კრისტალჰიდრატები არაორგანული მარილებია, რომლებიც შეიცავს წყლის მოლეკულებს განსაზღვრული თანაფრდობით, როგორც მარილის მთლიანი კრისტალის ნაწილი. მაგალითად ნატრიუმის კარბონატი შეიძლება არსებობდეს სხვადასხვა შედგენილობის კრისტალჰიდრატების სახით: როგორც მონოჰიდრატი $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, ჰექსაჰიდრატი $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ან დეკაჰიდრატი $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. კრისტალჰიდრატების სტაბილურობა დამოკიდებულია ნაერთების ბუნებაზე, ტემპერატურაზე და ფარდობით ტენიანობაზე. ზოგიერთი კრისტალჰიდრატის თერმულ დაშლას თან ახლავს ფერის ცვლილება. მაგალითად, სპილენძ(II)-ის სულფატი წარმოქმნის ლურჯი ფერის კრისტალებს, რომელთა შედგენილობა ზოგადად შეიძლება გამოისახოს $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, სადაც $n = 5, 3, 2, 1$ და უფერო, უწყლო ფორმა ($n = 0$). ეს უკანასკნელი შესაძლოა გამოყენებული იყოს როგორც ტენიანობის ინდიკატორი ექსიკატორებში (ჭურჭელი, რომელიც გამოიყენება ნივთიერებების გასაშრობად, ან მშრალ გარემოში შესანახად). სპილენძ(II)-ის სულფატის კრისტალჰიდრატის დაშლა შეიძლება გამოისახოს შემდეგი ტოლობებით:



გაცხელებისას პენტაჰიდრატი თანდათანობით კარგავს წყალს და წარმოქმნის ტრიჰიდრატს, დიჰიდრატს, მონოჰიდრატს და ბოლოს უწყლო მარილს.

მოცემულია ცილინდრული ფორმის ($r = 5.00$ სმ) დგუშით აღჭურვილი სარეაქციო ჭურჭელი, რომლის მოცულობის ცვლილებაც შეიძლება. ამ ჭურჭელში ვაკუუმში მოათავსეს 1.28 გ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -ის ცისფერი კრისტალები. ჭურჭლის მოცულობა იყო მუდმივი $V = 1$ დმ³ და სარეაქციო ნარევი გაახურეს მუდმივ ტემპერატურაზე $T_1 = 400$ K წონასწორობის დამყარებამდე.

ზოგიერთი რეაგენტის შერჩეული თერმოდინამიკური მონაცემები წარმოდგენილია ცხრილში (C_p° - არის საშუალო სითბოტევადობა ტემპერატურის მოცემულ ზღვრებში და $p = 10^5$ პა):

ფორმულა	$\Delta H_f^\circ (298 \text{ K})$ [კჯ·მოლი ⁻¹]	$S^\circ (298 \text{ K})$ [ჯ·მოლი ⁻¹ ·K ⁻¹]	$C_p^\circ (298 \text{ K}-400 \text{ K})$ [ჯ·მოლი ⁻¹ ·K ⁻¹]
$\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-1411.20	130.85	171.20
$\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-1085.10	149.80	131.00
H_2O	-241.80	188.80	28.44

ქვემოთ მოცემული გამოსახულებები აჩვენებს (a), (b) და (d) რეაქციების წონასწორობის წნევის (პა) ტემპერატურაზე (T) დამოკიდებულებას.

$$(a) \log p_{5/3} = 13.0864 - \frac{2998.91}{T};$$

$$(b) \log p_{3/2} = 11.9383 - \frac{2693.86}{T};$$

$$(d) \log p_{1/0} = 10.1759 - \frac{2698.81}{T};$$

- 3.1. დაწერეთ (a)-(d) პროცესების წონასწორობის მუდმივის გამოსახულება პარციალური წნევების საშუალებით.

$$K_a = \left(\frac{p_{H_2O}}{p^0} \right)^2$$

$$K_b = K_c = K_d = \frac{p_{H_2O}}{p^0}$$

(2 ქულა)

- 3.2. გამოთვალეთ H_2O -ს ის მინიმალური წნევა ($T_1 = \text{const}$), რომელიც რეაგენტების სტაბილიზაციას უწყობს ხელს რეაქციებისთვის: (a), (b) და (d).

$$\log p_{5/3} = 13.0864 - \frac{2998.91}{400}$$

$$\log p_{3/2} = 11.9383 - \frac{2693.86}{400}$$

$$\log p_{1/0} = 10.1759 - \frac{2698.81}{400}$$

მაშასადამე:

$$p_{5/3} = 388150 \text{ პა}$$

(1 ქულა)

$$p_{3/2} = 159956 \text{ პა}$$

(1 ქულა)

$$p_{1/0} = 2685 \text{ პა}$$

(1 ქულა)

3.3. გამოთვალეთ თითოეული რეაგენტის რაოდენობა და წნევა T1 ტემპერატურაზე.

რაოდენობების დასათვლელად საჭიროა 400 K-ზე წონასწორობის მუდმივის ცოდნა. ამისათვის თერმოდინამიკური მონაცემები 298 K-დან 400 K-ზე უნდა გადავიყვანოთ.

$$\Delta H_f^\circ(298 \text{ K}) = -241.8 - 1085.1 + 1411.2 = 84.30 \text{ კჯ} \cdot \text{მოლი}^{-1}$$

$$\Delta S_f^\circ(298 \text{ K}) = 188.8 + 149.8 - 130.85 = 207.75 \text{ ჯ} \cdot \text{მოლი}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

რადგან მოცემულია 298-400 K შუალედის საშუალო სითბოტევადობები:

$$\Delta H_1 = C_{p, \text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}^\circ (T_2 - T_1) = 171.2 \cdot (298 - 400) = -17462 \text{ ჯ} \cdot \text{მოლი}^{-1}$$

$$\Delta H_2 = C_{p, \text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}}^\circ (T_2 - T_1) = 131 \cdot (400 - 298) = 13362 \text{ ჯ} \cdot \text{მოლი}^{-1}$$

$$\Delta H_3 = C_{p, \text{H}_2\text{O}}^\circ (T_2 - T_1) = 28.44 \cdot (400 - 298) = 2901 \text{ ჯ} \cdot \text{მოლი}^{-1}$$

(4 ქულა)

$$\Delta S_1 = C_{p, \text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}^\circ \ln \frac{T_2}{T_1} = 171.2 \cdot \ln \frac{298}{400} = -50.40 \text{ ჯ} \cdot \text{მოლი}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta S_2 = C_{p, \text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}}^\circ \ln \frac{T_2}{T_1} = 131 \cdot \ln \frac{400}{298} = 38.56 \text{ ჯ} \cdot \text{მოლი}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta S_3 = C_{p, \text{H}_2\text{O}}^\circ \ln \frac{T_2}{T_1} = 28.44 \cdot \ln \frac{400}{298} = 8.37 \text{ ჯ} \cdot \text{მოლი}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

უნთალპიის და ენტროპიის თვისებიდან გამომდინარე:

$$\Delta H_f^\circ(400 \text{ K}) = \Delta H_1 + \Delta H_f^\circ(298 \text{ K}) + \Delta H_2 + \Delta H_3 = 83101 \text{ ჯ} \cdot \text{მოლი}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ(400 \text{ K}) = \Delta H_1 + \Delta H_f^\circ(298 \text{ K}) + \Delta H_2 + \Delta H_3 = 83101 \text{ ჯ} \cdot \text{მოლი}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta G_f^\circ(400 \text{ K}) = \Delta H_f^\circ(400 \text{ K}) - 400\Delta S_f^\circ(400 \text{ K}) = 1397 \text{ ჯ} \cdot \text{მოლი}^{-1}$$

$$K_1 = \exp\left(-\frac{1397}{8.314 \cdot 400}\right) = 0.6570$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 65700 \text{ პა}$$

ეს წნევა შეესაბამება წყლის ორთქლის რაოდენობას:

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}} V}{RT} = \frac{65700 \cdot 0.001}{8.314 \cdot 400} = 0.0198 \text{ მოლი}$$

ეს შეესაბამება $0.0198/3 = 0.0066$ მოლ პენტაჰიდრატს. ექსპერიმენტის დასაწყისში კი იყო: $1.28/250 =$

0.00512 მოლი, რაც ნაკლებია წყლის თანაფარდობით გამოთვლილზე. ხოლო 0.00512 მოლი

პენტაჰიდრატი დიჰიდრატამდე დაშლისას იძლევა $0.00512 \cdot 3 = 0.01536$ მოლ წყალს.

აქედან გამომდინარე, სისტემაში პენტაჰიდრატი და ტრიჰიდრატი ბოლომდე დაიშლება და

დიჰიდრატი წონასწორობაში იქნება მონოჰიდრატთან და წყლის ორთქლან.

დავუშვათ, წონასწორობის მომენტში y მოლი $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ გვაქვს. მაშინ წონასწორობის დროს:



$$\begin{array}{ccc} 0.0051 & 0 & 0.0154 \\ 0.0051 - y & y & 0.0154 + y \end{array}$$

აქედან გამომდინარე მივიღებთ შემდეგ გამოსახულებას:

$$(0.0154 + y)RT = pV$$

$$\text{საიდანაც } y = 0.0043 \text{ მოლი } \text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$$

$$0.0051 - 0.0043 = 0.0008 \text{ მოლი } \text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{და } 0.0197 \text{ მოლი } \text{H}_2\text{O}$$

(4 ქულა)

- 3.4. წონასწორობაში მყოფი სისტემა, რომელიც იყო $T_1 = 400 \text{ K}$ -ზე, გააცხელეს და აიყვანეს $T_2 = 600 \text{ K}$ -ზე.

ტემპერატურის მომატება წონასწორობულ წნევაზე გავლენას მოახდენს:

$$\log p_{1/0} = 10.1759 - \frac{2698.81}{600}$$

$$p_{1/0} = 476321 \text{ პა}$$

(2 ქულა)

ეს წნევა შეესაბამება წყლის რაოდენობას:

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}} V}{RT} = \frac{476321 \cdot 0.001}{8.314 \cdot 600} = 0.0955 \text{ მოლი}$$

წყლის ეს რაოდენობა შეესაბამება $0.0955/5 = 0.0191$ მოლ პენტაჰიდრატს, რაც საწყის რაოდენობას აჭარბებს. მაშასადამე, სისტემაში მხოლოდ უწყლო მარილი (0.0051 მოლი) და წყალი (0.0255 მოლი) იქნება:

$$p = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}} RT}{V} = \frac{0.0255 \cdot 8.314 \cdot 600}{0.001} = 127204 \text{ პა}$$

(2 ქულა)

- 3.5. გამოთვალეთ რამდენი სმ-ით უნდა გადაადგილონ დგუში T_2 ტემპერატურაზე იმისათვის, რომ მონოჰიდრატი მიიღონ.

იმისათვის, რომ მონოჰიდრატი წარმოიქმნას, საჭიროა სისტემაში იყო $p = 476321 \text{ პა}$ წნევა.

$$V_1 = \frac{nRT}{p} = \frac{0.0255 \cdot 8.314 \cdot 600}{476321} = 0.267 \text{ დმ}^3$$

რაც შეესაბამება სიმაღლეს h_1

$$h_1 = \frac{V_1 h_0}{V_0} = \frac{0.267 \cdot 12.74}{1} = 3.40 \text{ სმ}$$

(2 ქულა)

$$\text{ხოლო შესაბამისი რადიუსი } h_0 = \frac{1000}{2\pi} = 12.74 \text{ სმ}$$

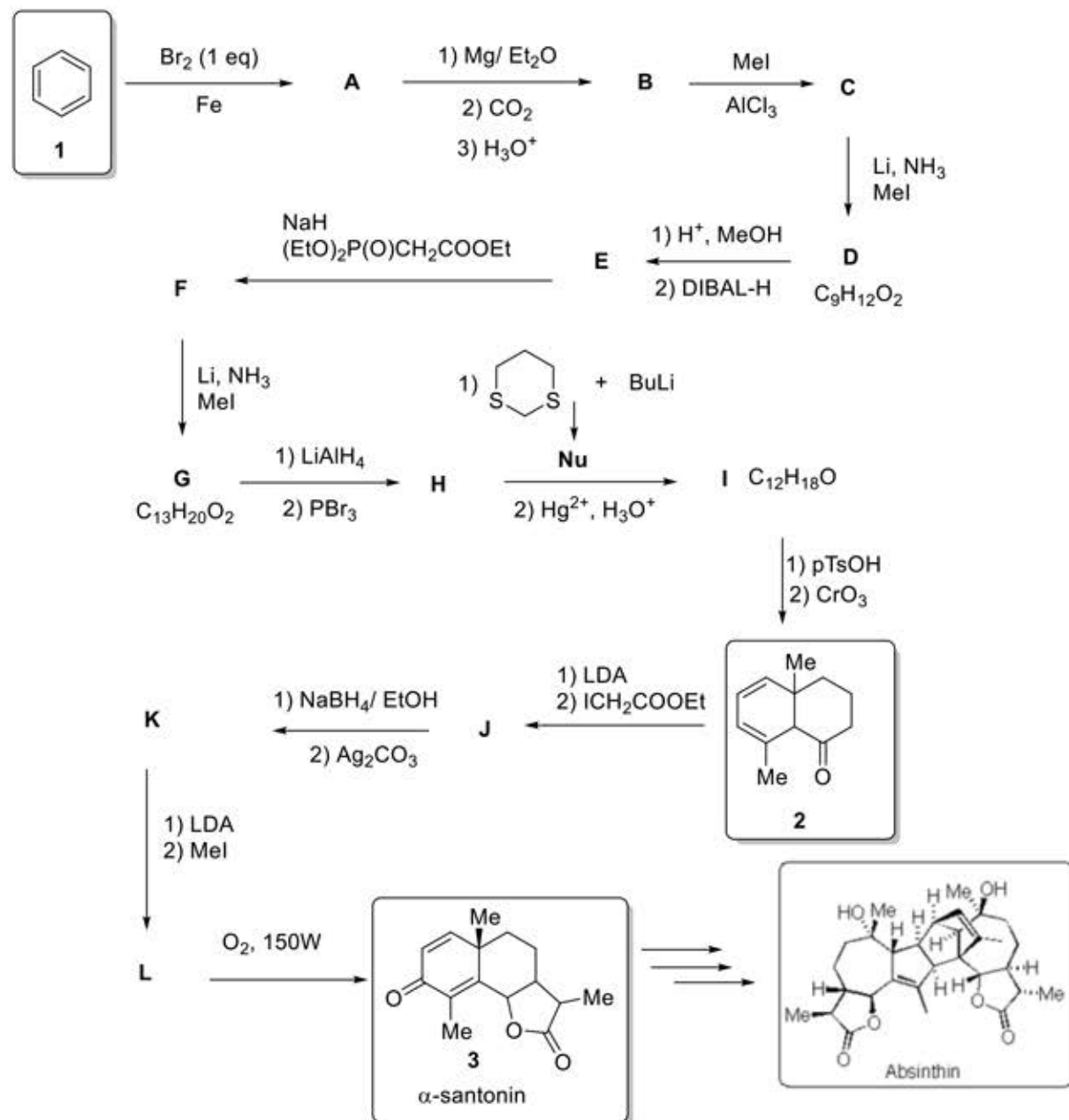
$$\text{მაშასადამე, } 12.74 - 3.40 = 9.34 \text{ სმ}$$

(2 ქულა)

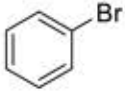
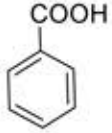
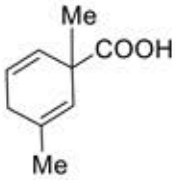
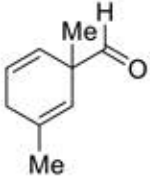
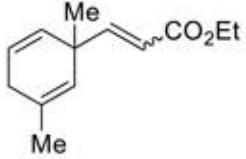
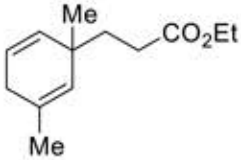
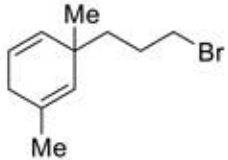
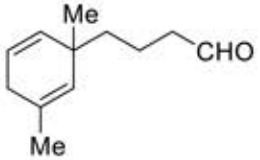
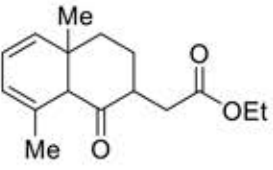
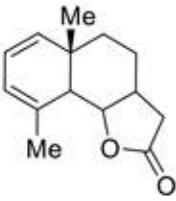
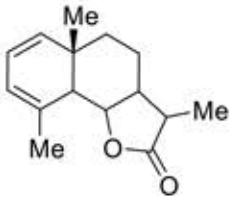
ამოცანა 4. აბსინთინი (25%)

4.1	4.2	4.3	სულ
24	4	8	36

აბსინთინი არის ტრიტერპენოიდული ლაქტონი, რომელსაც შეიცავს მცენარე *Artemisia absinthium*. იგი ხასიათდება მნიშვნელოვანი ბიოლოგიური აქტიურობით. აბსინთინის რთული მოლეკულის სინთეზი შესაძლებელია ასევე ბუნებრივი ნაერთის სანტონინის გამოყენებით. სანტონინი ადრე ფართოდ გამოიყენებოდა, როგორც პარაზიტული ჭიების საწინააღმდეგო პრეპარატი და დღეისათვის შემუშავებულია უკვე მისი სინთეზური ანალოგი. მისი სინთეზის გზა მოცემულია ქვემოთ:

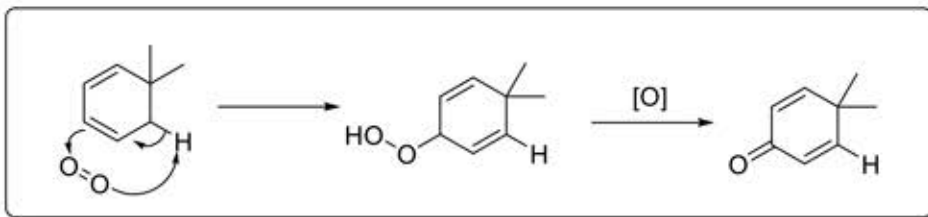


4.1. ჩაწერეთ A-L მოლეკულების სტრუქტურული ფორმულები ცარიელ უჯრებში.

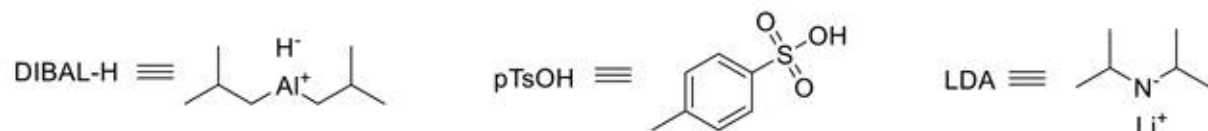
A 	B 	C 
D 	E 	F 
G 	H 	I 
J  (თითოეული სწორი პასუხი 2 ქულა, სულ 24 ქულა).	K 	L 

მითითებები:

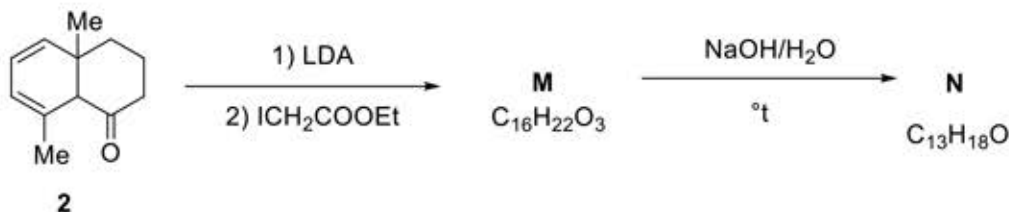
- ნაერთი **H**-დან ნაერთის **I** მიღების სტადიაზე გამოყენებული ნუკლეოფილი **Nu** წინასწარ მზადდება სხვა კოლბაში.
- სანტონინის ფორმირების საბოლოო ეტაპი წარმოადგენს ენ-მიერთების რეაქციას და ჰიდროპეროქსიდის შემდგომ დაჟანგვას კეტონში, როგორც ეს ნაჩვენებია ქვემოთ:



- სქემაზე გამოყენებული აბრევიატურები:



ზემოთ მოცემულ სქემაზე **J** ნაერთთან ერთად თანაური პროდუქტის სახით ასევე მიიღება ნაერთი **M**, რომლის მოლეკულური ფორმულაა $\text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{O}_3$. იგი NaOH -ის წყალხსნართან გაცხელებით იძლევა ნაერთს **N** ფორმულით $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}$.



- დაწერეთ **M** და **N** ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები:

M 2 ქულა	N 2 ქულა
-------------------------------	-------------------------------

თითოეულ ჩვენგანს შეუგრძნია ნიადაგის სუნი, რომელიც კიდევ უფრო მძაფრად იგრძნობა მიწაზე წვიმის პირველი წვეთების შეხების დროს. ნიადაგის ეს სუნი განპირობებულია ჰაერში მოხვედრილი ბუნებრივი ნაერთით **S**, რომლის სინთეზი შესაძლებელია შემდეგი სქემის მიხედვით:



დახმარება:

- ციკლიზაციის რეაქცია მიმდინარეობს თერმოდინამიკურად მდგრადი ენოლატის წარმოქმნით, მიუხედავად იმისა, რომ გამოყენებულია ძლიერი და მოცულობითი ფუძე
- **O** და **S** ნივთიერებები წარმოადგენენ ექვს-წევრიან ციკლურ ნაერთებს, ხოლო **P** და **R** სამ-წევრიან ციკლურ ნაერთებს.
- **S** არის მესამული მონოსპირტი
- **O - P** გარდაქმნა მიმდინარეობს ეფექტურად H_2O_2 , KOH-ის თანაობისას
- **S** მოლეკულა მოიცავს ორ მეთილის ჯგუფს.

4.3. დაწერეთ **O-S** ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები

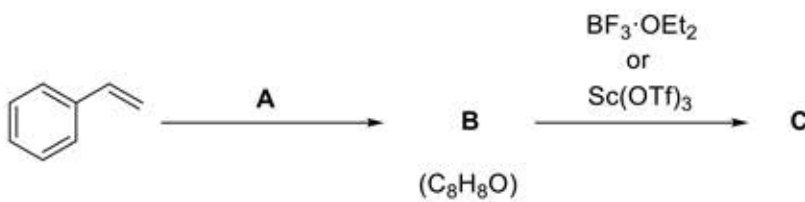
O 2 ქულა	P 2 ქულა
R 2 ქულა	S 2 ქულა

ამოცანა 5. ეპოქსიდები (20%)

5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	სულ
6	9	6	4	6	6	5	18	60

ეპოქსიდები ეწოდებათ ორგანულ ნაერთებს, რომელთაც აქვთ სამწევრა ციკლური აღნაგობა და ციკლში ჰეტეროატომის სახით მოიცავენ ჟანგბადს. ეპოქსიდური ჯგუფი ძლიერ რეაქციისუნარიანია და ორგანულ სინთეზში ხშირად გამოიყენება საინტერესო და მნიშვნელოვანი ნაერთების მისაღებად.

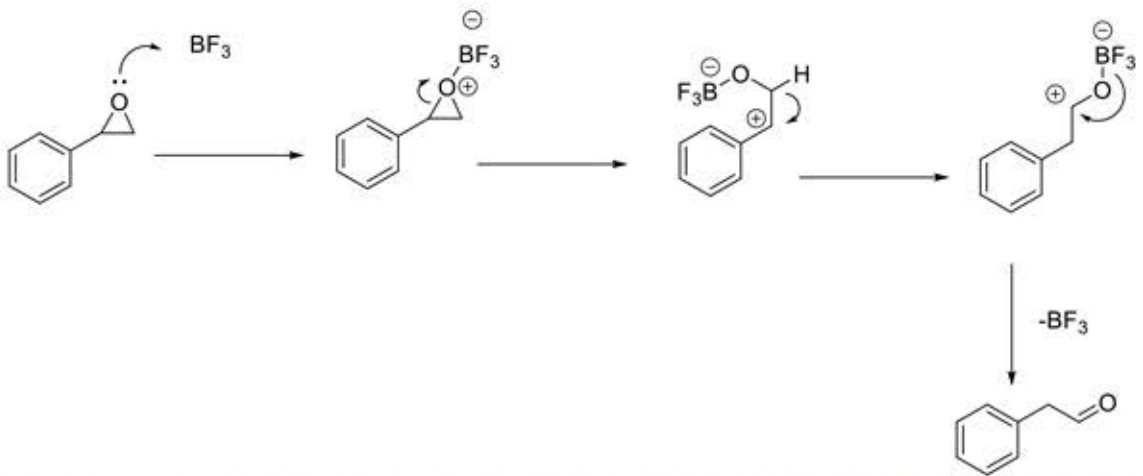
ქვემოთ მოცემულ სქემაზე მოცემულია სტიროლი (ვინილბენზოლი), რომელიც რეაგირებს ნაერთი **A**-სთან და წარმოქმნის ნაერთს **B** ეპოქსიდის სტრუქტურით. ეს უკანასკნელი კი ლუისის მჟავების თანაობისას მას გარდაქმნის იზომერულ ნაერთში **C**. ლუისის მჟავების სახით შეიძლება გამოვიყენოთ $\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2$ ან $\text{Sc}(\text{OTf})_3$.



5.1. დაწერეთ **A**, **B** და **C** ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები ზემოთ მოყვანილი ინფორმაციის გათვალისწინებით.

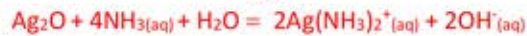
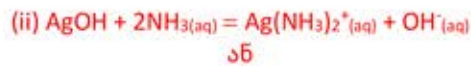
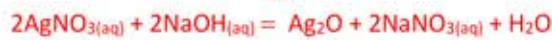
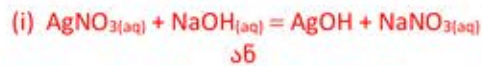
A მCPBA ან ნებისმიერი ორგანული პეროქსიდი (2 ქულა) სხვა არაორგანული პეროქსიდი (1 ქულა)	B 2 ქულა	C 2 ქულა
---	-------------------------------	-------------------------------

5.2. დაწერეთ B ნაერთის $\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2$ ლუისის მჟავის თანხლებით პროდუქტს C-ში გარდაქმნის დეტალური მექანიზმი მოხრილი ისრების გამოყენებითა და ელექტრონების მოძრაობის მითითებით.



ნაჩვენებია მინ. 4 საფეხური +4 ქულა, ნაჩვენებია ელექტრონები +1 ქულა, ნაჩვენებია ისრები +2, (ისრების დაწყება-დასრულება არაზუსტია +1 ქულა); ყველგან ნაჩვენებია მუხტები +2 = სულ 9 ქულა

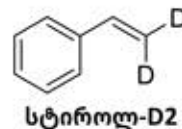
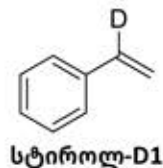
5.3. დაწერეთ C ნაერთის ფუნქციური ჯგუფის აღმომჩენი რეაქციების სრული გათანაბრებული ტოლობები.



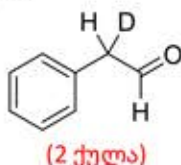
ან სხვა აღმომჩენი რეაქციები

(სულ 6 ქულა, 2 ქულა თითოეული სწორად დაბალანსებული ტოლობისთვის.)

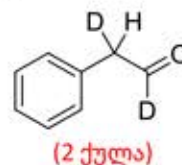
5.4. B-დან C-ში გარდაქმნის ზემოთ მოყვანილი მექანიზმის გათვალისწინებით, დაწერეთ იმ პროდუქტების სტრუქტურული ფორმულები, რომლებიც მიიღება ნაერთის C-ის ნაცვლად, თუ სტიროლის ნაცვლად საწყის ნაერთებად ავიღებდით დეიტერიუმის შემცველ სტიროლის წარმოებულებს სტიროლ-D1-ს და სტიროლ-D2-ს. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციების პროდუქტები. შენიშვნა: "D" აღნიშნავს დეიტერიუმის იზოტოპს.



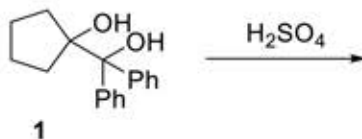
პროდუქტი 1



პროდუქტი 2

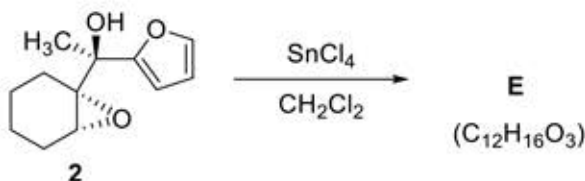


- 5.5. ცნობილია, რომ ზოგიერთი 1,2-დიოლი მჟავა არეში განიცდის ე.წ. პინაკოლინურ გადაჯგუფებას. დაწერეთ $C_{18}H_{18}O$ შედგენილობის ყველა შესაძლო პროდუქტის სტრუქტურული ფორმულა, რომელიც შეიძლება წარმოიქმნას ქვემოთ მოცემული დიოლის 1 გოგირდმჟავასთან ერთად გაცხელების დროს. შემოხაზეთ, რომელი მათგანი არის ძირითადი პროდუქტი.

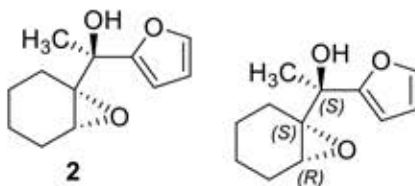


ძირითადი პროდუქტი (2 ქულა + 2 ქულა, როგორც ძირითადი პროდუქტი)	(2 ქულა)	
---	-----------------	--

- პინაკოლინური გადაჯგუფების მსგავსი რეაქცია მიმდინარეობს ეპოქსი ჯგუფის შემცველი ნაერთებისათვის, რომელსაც ნახევარ-პინაკოლინური გადაჯგუფება ეწოდება. ქვემოთ მოცემული ეპოქსიდი **2** ლუისის კატალიზატორის $SnCl_4$ -ის თანაობისას განიცდის მსგავს გარდაქმნას ნაერთში **E**.



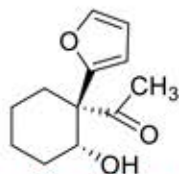
- 5.6. განსაზღვრეთ სტერეოცენტრ(ებ)ის კონფიგურაცია (R, S) ეპოქსიდიში **2** კან-ინგოლდ-პრელოგის წესის მიხედვით. (ქვემოთ მოცემულ სტრუქტურაზე დააწერეთ R, S სიმბოლოები)



სტერეოცენტრები +1 ქულა, სულ 3 ქულა, კონფიგურაცია +1 ქულა= სულ 3 ქულა; ჯამი 6 ქულა

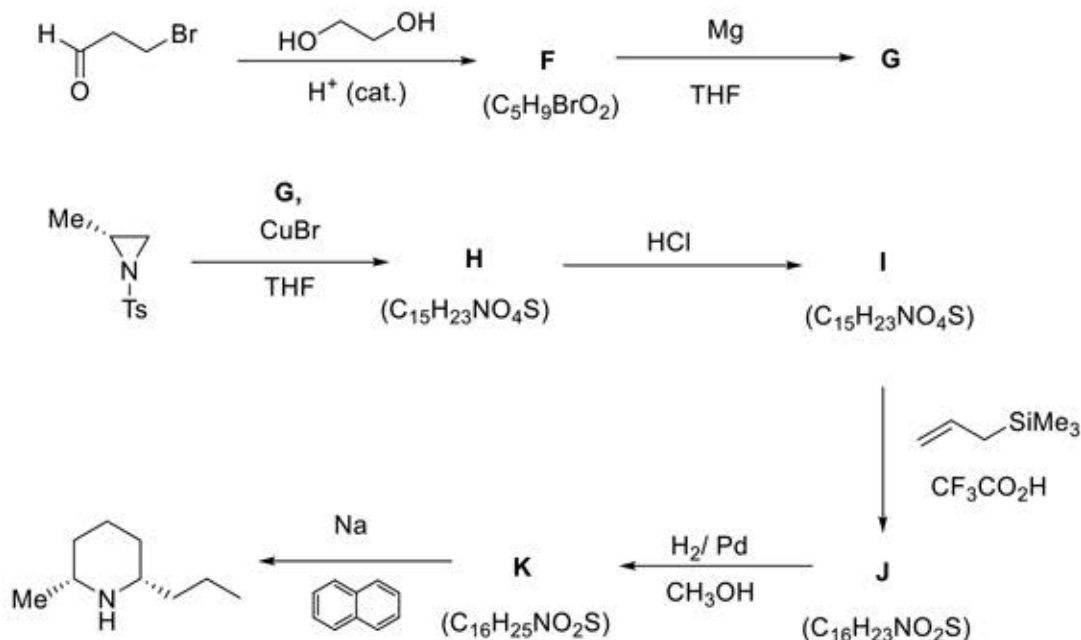
5.7. დაწერეთ ნაერთის E სტრუქტურული ფორმულა სტერეოქიმიის გათვალისწინებით:

E

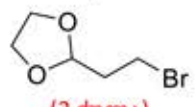
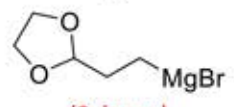
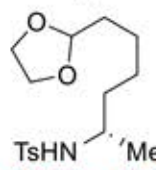
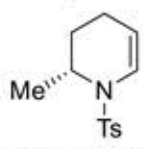
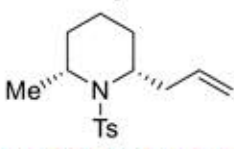
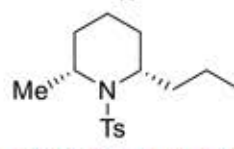


(სტრუქტურა 2 ქულა, სტერეო ბმა 1x3=3 ქულა, სულ 5 ქულა)

ორგანულ სინთეზში ასევე მნიშვნელოვანი ფუნქციური ჯგუფია აზირიდინი - სამწევრიანი ჰეტეროციკლური ნაერთი, რომელიც ჟანგბადის ნაცვლად მოიცავს აზოტის ატომს. ქვემოთ მოცემულ სქემაზე მოცემულია დიჰიდროპირიდინის ნაწარმის სინთეზი.



5.8. დაწერეთ F-K ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები სტერეოქიმიის გათვალისწინებით:

F  (2 ქულა)	G  (2 ქულა)	H  (2 ქულა + 1 ქულა სტერეოქიმიისთვის = 3 ქულა)
I  (2 ქულა + 1 ქულა სტერეოქიმიისთვის = 3 ქულა)	J  (2 ქულა + 2 ქულა სტერეოქიმიისთვის = 4 ქულა)	K  (2 ქულა + 2 ქულა სტერეოქიმიისთვის = 4 ქულა)