

მაგიდის #: _____



საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების
სამინისტრო

ქიმიის 58-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისთვის საქართველოს ნაკრები გუნდის
წევრების შესარჩევი კონკურსი

II ტური

ამოცანები



ამოცანის ავტორები და შემდგენლები:

ელიზბარ ელიზბარაშვილი
თინათინ ბუთხუზი
სოფიკო ფაცაცია
ვასტანგ კურცხალია

3 მაისი, 2026

ძვირფასო მონაწილეებო

ამოცანების ამოხსნისას გთხოვთ გახსოვდეთ:

- ტურის ხანგრძლივობა შეადგენს 5 (ხუთ) ასტრონომიულ საათს.
- ტესტის მაქსიმალურ ქულათა ჯამია 100.
- თითოეული ამოცანის მაქსიმალური ქულა მოცემულია შესაბამისი ამოცანის მარჯვენა კიდეში.
- პასუხები უნდა ჩაიწეროს მხოლოდ პასუხების ფურცელში მოცემულ შესაბამის უჯრებში.
- პასუხი, რომელიც კითხვების ფურცელში იქნება შეტანილი, არ შეფასდება.
- პასუხები დაწერეთ გარკვევით.
- ქიმიური რეაქციის ტოლობებში სტექიომეტრიული კოეფიციენტები გაასწორეთ ორგანული ქიმიის ამოცანების გარდა, თუ ამ უკანასკნელ შემთხვევაში არ არის მითითებული სტექიომეტრიული კოეფიციენტების გასწორების ვალდებულება.
- 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 წარმატებას!

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

შექვევადი 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 ენერჯის 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 ენერჯია	$G = H - TS$
კავშირი წონასწორობის კონსტანტასა და სტანდარტულ ჯიბსის ენერჯიას შორის	$K = \exp\left(-\frac{\Delta G^\circ}{RT}\right)$
რეაქციის ჯიბსის ენერჯის დამოკიდებულება კონცენტრაციასა და წნევაზე	$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{a_{\text{prod}}}{a_{\text{reag}}}$ $a = c / (1 \text{ mol/L})$ ხსნარის სუბსტანციებისათვის, $a = p / (1 \text{ bar})$ გაზებისათვის
ჯიბსის ენერჯის ცვლილება დროში ერთეულ მოცულობაში სისტემისათვის, რომელიც მოიცავს ორ ქიმიურ რეაქციას 1 და 2 შესაბამისი რეაქციის სიჩქარეებით r_1 და r_2	$\frac{\Delta G_{\text{Syst}}}{\Delta t} = \Delta G_1 r_1 + \Delta G_2 r_2$

ელემენტების პერიოდულობის ცხრილი

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B	VIII B	VIII B	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	H წყალბადი 1.008																	He ჰელიუმი 4.003
2	Li ლითიუმი 6.94	Be ბერილიუმი 9.01											B ბორი 10.81	C ნახშირბადი 12.01	N აზოტი 14.00	O ოქსიგენი 15.99	F ფთორი 19.00	Ne ნეონი 20.18
3	Na ნატრიუმი 22.99	Mg მაგნიუმი 24.30											Al ალუმინი 26.98	Si სილიციუმი 28.08	P ფოსფორი 30.97	S ზოლი 32.06	Cl კლორი 35.45	Ar არგონი 39.95
4	K კალიუმი 39.10	Ca კალციუმი 40.08	Sc სკანდიუმი 44.96	Ti ტიტანი 47.87	V ვანადიუმი 50.94	Cr კრომი 52.00	Mn მანგანუმი 54.94	Fe რკინა 55.85	Co კობალტი 58.93	Ni ნიკელი 58.69	Cu საილენი 63.55	Zn ცინკი 65.38	Ga გალიუმი 69.72	Ge გერმანიუმი 72.63	As არსენი 74.92	Se სელენი 78.97	Br ბრომი 79.90	Kr კრიპტონი 83.80
5	Rb რუბიდიუმი 85.48	Sr სტრონციუმი 87.62	Y იტრიუმი 88.91	Zr ზირკონი 91.22	Nb ნიობიუმი 92.91	Mo მოლიბდენი 95.95	Tc ტექნიციუმი 97.91	Ru რუთენიუმი 101.07	Rh როდინიუმი 102.91	Pd პალადიუმი 106.42	Ag ვერცხვი 107.87	Cd კადმიუმი 112.41	In ინდიუმი 114.82	Sn კასპი 118.71	Sb ანტიმონი 121.76	Te ტელური 127.60	I იოდი 126.90	Xe ქსენონი 131.29
6	Cs ცეზიუმი 132.91	Ba ბარიუმი 137.33	La-Lu ლანთანოიდები	Hf ჰაფნიუმი 178.49	Ta ტანტალი 180.95	W ვოლფრამი 183.84	Rn რადონი 186.21	Os ოსმიუმი 190.23	Ir ირიდიუმი 192.22	Pt პლატინა 195.08	Au ვერცხვი 196.97	Hg მერკური 200.59	Tl თალიუმი 204.38	Pb ბიზმუტი 207.2	Bi ბისმუტი 208.98	Po პოლონიუმი 209	At ასტატი 209.99	Rn რადონი 222.02
7	Fr ფრანციუმი 223.02	Ra რადიუმი 226.03	Ac-Lr აქტინოიდები	Rf რეიფენიუმი 261.12	Db დუბნიუმი 270.13	Sg სიგმა-გუგენიუმი 269.13	Bh ბორელიუმი 270.13	Hs ჰასიუმი 269.13	Mt მითერიუმი 278.16	Ds დუბნიუმი 281.17	Rg რეიფენიუმი 281.17	Cn კოპერნიციუმი 285.18	Nh ნიჰონიუმი 286.18	Fl ფლუორინიუმი 289.19	Mc მოსკოვიუმი 289.20	Lv ლუვივიუმი 293.20	Ts ტენესი 293.21	Og ოგანესონი 294.21
			La ლანთანი 138.91	Ce ცერანი 140.12	Pr პრომიტიუმი 140.91	Nd ნეოდმიუმი 144.24	Pm პრომიტიუმი 144.91	Sm სამარიუმი 150.36	Eu ევროპიუმი 151.96	Gd გადოლინიუმი 157.25	Tb თერბიუმი 158.93	Dy დისპროსიუმი 162.50	Ho ჰოლიმიუმი 164.93	Er ერბიუმი 167.26	Tm თულმიუმი 168.93	Yb იბერიუმი 173.05	Lu ლუთეციუმი 175.0	
			Ac აქტინიუმი 227.03	Th თორიუმი 232.04	Pa პროაქტინიუმი 231.04	U ურანი 238.03	Np ნეპტუნიუმი 237.05	Pu პლუტონიუმი 244.06	Am ამერიციუმი 243.06	Cm კურნიუმი 247.07	Bk ბერკელიუმი 247.07	Cf კალეფორნიუმი 251.08	Es აინსტაინიუმი 252.08	Fm ფერმიუმი 257.10	Md მეიბერიუმი 258.10	No ნობელიუმი 259.10	Lr ლორენსიუმი 262	

ატომური ნომერი
სიმბოლო
დასახელება
დადანილი ატომური მასა

H ბაზი
Li მყარი
Br სითხე

არამეტალები
მეტალო-იდები
არამეტალები
კალკონენები
კატიონოვანილი ბაზები

მეტალები
ტუტე მებტალები
ტუტე მებტალები
ლანთანოიდები
აქტინოიდები
ბარდავავალი მებტალები
პოსტ-ბარდავავალი მებტალები



WWW.CHEMISTRY.GE
WWW.CHEMCLUB.EDU.GE



დაბეჭდილია კოალიციის „განათლება ყველასათვის - საქართველო“ ორგანიზაციული განვითარების მხარდაჭერაზე მიმართული გრანტის ფარგლებში

ამოცანა 1. ნახშირორჟანგი in vivo სისტემაში (20%)

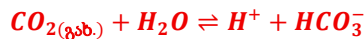
დავალება	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9		სულ
ქულა	1	3	3	3	2	3	2	2	2		21

სისხლის უმნიშვნელოვანესი ფუნქციაა აირების ტრანსპორტი. ორგანიზმში ბიოქიმიური პროცესების შედეგად წარმოქმნილი CO_2 იხსნება სისხლში და იმყოფება წონასწორობაში აირად CO_2 -თან. ადამიანის ორგანიზმში არსებული ნახშირორჟანგის ბუფერული სისტემის სრული აღწერა ქვემოთაა მოცემული (ტემპერატურა: $37^\circ C$, ხოლო P_{CO_2} -ის ერთეული: mmHg):



1.1. გამოთვალეთ წონასწორობის მუდმივა K'_a , რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს შემდეგ კონცენტრაციებს: $[H^+]_{(ფყ.ბს)}$; $[HCO_3^-]_{(ფყ.ბს)}$ და $[CO_{2(gab)}]$.

(II) და (III) რეაქციების შეკრებით მივიღებთ:



$$K'_a = K_{eq} \cdot K_{a1} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1.58 \cdot 10^{-4} = 7.9 \cdot 10^{-7}$$

1 ქულა

In vivo, ანუ ცოცხალ ორგანიზმში HCO_3^-/CO_2 არის ღია სისტემა, რომელშიც $[CO_{2(gab)}]$ ნარჩუნდება და ჭარბი ნახშირორჟანგი, რომელიც მიიღება რეაქციით: $H^+ + HCO_3^- \rightarrow CO_{2(gab)} + H_2O$, ორგანიზმიდან ფილტვების საშუალებით გამოდის გარეთ. ეს რეაქცია სისხლის pH-ის შენარჩუნებაზე პასუხისმგებელი. აღნიშნული ღია სისტემის ეფექტურობზე ამ ამოცანის ამოხსნის შემდეგ დარწმუნდებით.

ჯამური კარბონატის მაჩვენებელი (ძირითადად $[HCO_3^-] + [CO_{2(gab)}]$) სისხლის პლაზმაში არის $2.52 \cdot 10^{-2} M$.

1.2. ადამიანის ორგანიზმში სისხლის pH 7.4-ის ფარგლებში ნარჩუნდება. გამოთვალეთ თანაფარდობა $[HCO_3^-]/[CO_{2(გაბ.)}]$ და თითოეული ფორმის კონცენტრაცია, თუ $pH = 7.4$.

$$K'_a = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[CO_{2(გაბ.)}]} \quad \text{საიდანაც} \quad \frac{[HCO_3^-]}{[CO_{2(გაბ.)}]} = \frac{K'_a}{[H^+]} = \frac{7.9 \cdot 10^{-7}}{10^{-7.4}} = 19.844$$

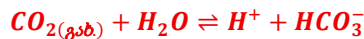
თითოეული ფორმის კონცენტრაციის გამოსათვლელად საკმარისია ამოიხსნას სისტემა:

$$\begin{cases} \frac{[HCO_3^-]}{[CO_{2(გაბ.)}]} = 19.844 \\ [HCO_3^-] + [CO_{2(გაბ.)}] = 2.52 \cdot 10^{-2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} [HCO_3^-] = 2.4 \cdot 10^{-2} M \\ [CO_{2(გაბ.)}] = 1.21 \cdot 10^{-3} M \end{cases}$$

3 ქულა

1.3. გამოთვალეთ სისხლის pH, თუ წყალბადის კატიონების კონცენტრაცია გაიზრდება $5 \cdot 10^{-3} M$ -ით. ამ შემთხვევაში ჩათვალეთ, რომ მომატებული ნახშირორჟანგი გარეთ არ გამოდის.

რადგან ბუფერული სისტემაა, ხსნარში წყალბადის კატიონების დამატებისას, წონასწორობა:



გადაიხრება მარცხნივ. ამ პროცესში $[CO_{2(გაბ.)}]$ მოიმატებს, რა თქმა უნდა, $5 \cdot 10^{-3} M$ -ით, ხოლო $[HCO_3^-]$ დაიკლებს $5 \cdot 10^{-3} M$ -ით. შესაბამისად, ახალი კონცენტრაციები:

$$[CO_{2(გაბ.)}]_1 = 1.21 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} = 6.21 \cdot 10^{-3} M$$

$$[HCO_3^-]_1 = 2.4 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-3} = 1.9 \cdot 10^{-2} M$$

რადგან მომატებული ნახშირორჟანგის გარეთ გამოსვლა არ ხდება, შესაბამისად:

$$[H^+] = \frac{K'_a [CO_{2(გაბ.)}]_1}{[HCO_3^-]_1} = \frac{7.9 \cdot 10^{-7} \cdot 6.21 \cdot 10^{-3}}{1.9 \cdot 10^{-2}} = 2.582 \cdot 10^{-7} M$$

$$pH = 6.588$$

3 ქულა

1.4. გამოთვალეთ სისხლის pH, თუ წყალბადის კატიონების კონცენტრაცია გაიზრდება $5 \cdot 10^{-3} M$ -ით. ამ შემთხვევაში კი ჩათვალეთ, რომ მომატებული ნახშირორჟანგი გარეთ გამოდის (მამასადამე, თავდაპირველი $[CO_{2(გაბ.)}]$ არ იცვლება).

წინა კითხვაში მოცემული მსჯელობა იგივეა ერთი ცვლილებით: მომატებული ნახშირორჟანგი გარეთ გამოდის, რის გამოც ამ პირობებში კონცენტრაციები იქნება:

$$[CO_{2(გაბ.)}] = 1.21 \cdot 10^{-3} M$$

$$[HCO_3^-]_1 = 2.4 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-3} = 1.9 \cdot 10^{-2} M$$

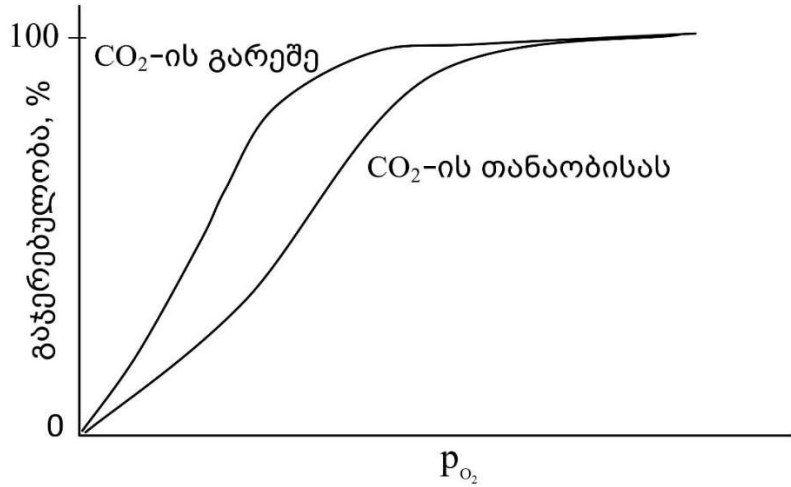
შესაბამისად:

$$[H^+] = \frac{K'_a [CO_{2(გაბ.)}]}{[HCO_3^-]_1} = \frac{7.9 \cdot 10^{-7} \cdot 1.21 \cdot 10^{-3}}{1.9 \cdot 10^{-2}} = 5.031 \cdot 10^{-8} M$$

$$pH = 7.298$$

3 ქულა

ორგანიზმში ჰემოგლობინი უკავშირდება O_2 -ს. ჰემოგლობინთან ჟანგბადის შეკავშირების მრუდები CO_2 -ის თანაობისას და მის გარეშე მოცემულია ქვედა გრაფიკზე, სადაც წარმოდგენილია ჰემოგლობინის ჟანგბადით გაჯერებულობის ხარისხის (%-ში) დამოკიდებულება ჟანგბადის პარციალურ წნევაზე.



1.5. მოცემული 2 მრუდისთვის მონიშნეთ სწორი დებულება/დებულებები:

- 1) მოცემული გაჯერებულობისთვის CO_2 -ის თანაობისას საჭიროა უფრო მაღალი P_{O_2} ;
- 2) მოცემული გაჯერებულობისთვის CO_2 -ის თანაობისას საჭიროა უფრო დაბალი P_{O_2} ;
- 3) ჰემოგლობინის მაქსიმალური გაჯერება ნახშირორჟანგის არარსებობის პირობებში უფრო დაბალი P_{O_2} -ის დროს ხდება;
- 4) ნახშირორჟანგის არარსებობის პირობებში ჰემოგლობინის გაჯერებულობის ნებისმიერ ხარისხზე უფრო მაღალი P_{O_2} არის საჭირო

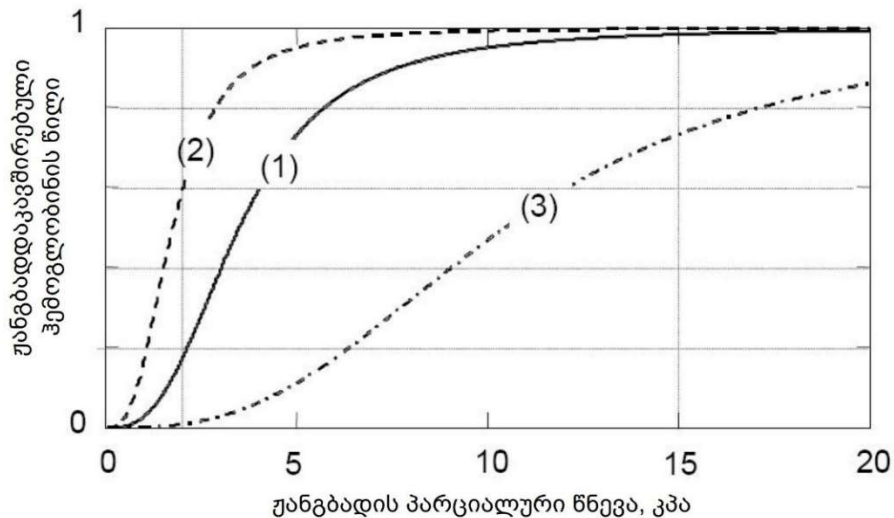
1

2

3

4

თითოეული ჰემოგლობინის (Hb) მოლეკულას შეუძლია მაქსიმუმ ოთხი მოლეკულა ჟანგბადის დაკავშირება. გრაფიკზე მოცემულია ჟანგბად დაკავშირებული ჰემოგლობინის წილის (%) დამოკიდებულება ჟანგბადის პარციალურ წნევაზე (კპა). მოცემული მრუდები შეესაბამება სამი სხვადასხვა ტიპის ჰემოგლობინს, კერძოდ: ნორმალურს (მრუდი 1) და ნორმიდან გადახრილებს (მრუდები 2 და 3). გაითვალისწინეთ, რომ ფილტვებსა და კუნთებში ჟანგბადის პარციალური წნევა შესაბამისად არის 15 კპა და 2 კპა.



1.6. ზემოთ მოცემული გრაფიკის მიხედვით, გამოთვალეთ ჟანგბადის რაოდენობა (მოლი), რომელიც მიიღო კუნთოვანმა ქსოვილებმა, როდესაც ერთი მოლი ჰემოგლობინი (Hb) ფილტვებიდან კუნთებში და შემდეგ უკან ტრანსპორტირდა. გამოთვლები სამივე ტიპის ჰემოგლობინზე ჩაატარეთ.

ნორმალური ჰემოგლობინი - მრუდი 1: $(0.98 - 0.17) \cdot 4 = 3.2$ მოლი

ანომალიური ჰემოგლობინი - მრუდი 2: $(1 - 0.6) \cdot 4 = 1.6$ მოლი

ანომალიური ჰემოგლობინი - მრუდი 3: $(0.73 - 0.01) \cdot 4 = 2.9$ მოლი

3 ქულა

ინტენსიური ფიზიკური აქტივობის დროს ადგილი აქვს ანაერობულ მეტაბოლიზმს, რაც გამოიხატება კუნთებში რძემჟავას დაგროვებით. მაღალი რძემჟავა/ლაქტატის ($[HL]/[L^-]$) დონე კუნთებში განაპირობებს მაღალ მჟავიანობასა და სხვა მეტაბოლიტების დაშლას. სისხლში რძემჟავას ($K_{HL} = 1.4 \cdot 10^{-4}$) განეიტრალება ჰიდროკარბონატით მიმდინარეობს.

1.7. გამოთვალეთ კუნთებში არსებული სისხლის pH როდესაც რძემჟავას კონცენტრაციაა $2.7 \cdot 10^{-3} M$.

$$HL \rightleftharpoons H^+ + L^-$$

$$K_{HL} = \frac{[H^+]^2}{C - [H^+]}$$

მნიშვნელობების ჩასმით:

$$1.4 \cdot 10^{-4} = \frac{[H^+]^2}{2.7 \cdot 10^{-3} - [H^+]}$$

$$[H^+] = 5.49 \cdot 10^{-4}$$

$$pH = 3.26$$

2 ქულა

1.8. გამოთვალეთ რძემჟავასა და ჰიდროკარბონატის იონს შორის მიმდინარე რეაქციის წონასწორობის მუდმივა. დაწერეთ ამ პროცესის შესაბამისი ტოლობა (გამოთვლების დროს ჩათვალეთ, რომ H_2CO_3 -ის დისოციაციის მუდმივა $K_{a1} = 4.5 \cdot 10^{-7}$ და $K_{a2} = 4.7 \cdot 10^{-11}$).

პროცესი	წონასწორობის კონსტანტა
$HL \rightleftharpoons H^+ + L^-$	K_{HL}
$HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons H_2CO_3$	$1/K_{a1}$
$HL + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3 + L^-$	K_{HL}/K_{a1}

მაშასადამე:

$$K = \frac{K_{HL}}{K_{a1}} = \frac{1.4 \cdot 10^{-4}}{4.5 \cdot 10^{-7}} = 311.11$$

2 ქულა

1.9. სისხლი, აგრეთვე, შეიცავს Ca^{2+} იონებს. გამოთვალეთ კალციუმის იონების მაქსიმალური კონცენტრაცია, რომელიც სისხლში შეიძლება იყოს, როდესაც $pH = 7.4$

(აღნიშნულ pH -ზე $[HCO_3^-] = 0.022 M$, სიმარტივისთვის ჩათვალეთ, რომ კალციუმი მხოლოდ კალციუმის კარბონატის სახით გამოილეება. $K_{sp}(CaCO_3) = 4.9 \cdot 10^{-9}$).

გამოვთვალეთ კარბონატის იონების კონცენტრაცია K_{a2} -დან:

$$[CO_3^{2-}] = \frac{K_{a2}[HCO_3^-]}{[H^+]} = \frac{4.7 \cdot 10^{-11} \cdot 0.022}{10^{-7.4}} = 2.6 \cdot 10^{-5} M$$

კალციუმის იონების მაქსიმალური კონცენტრაცია:

$$[Ca^{2+}] = \frac{K_{sp}(CaCO_3)}{[CO_3^{2-}]} = 1.88 \cdot 10^{-4} M$$

2 ქულა

ამოცანა 2. ქრომი და მისი ნაერთები: ელექტროქიმია და კინეტიკა (22%)

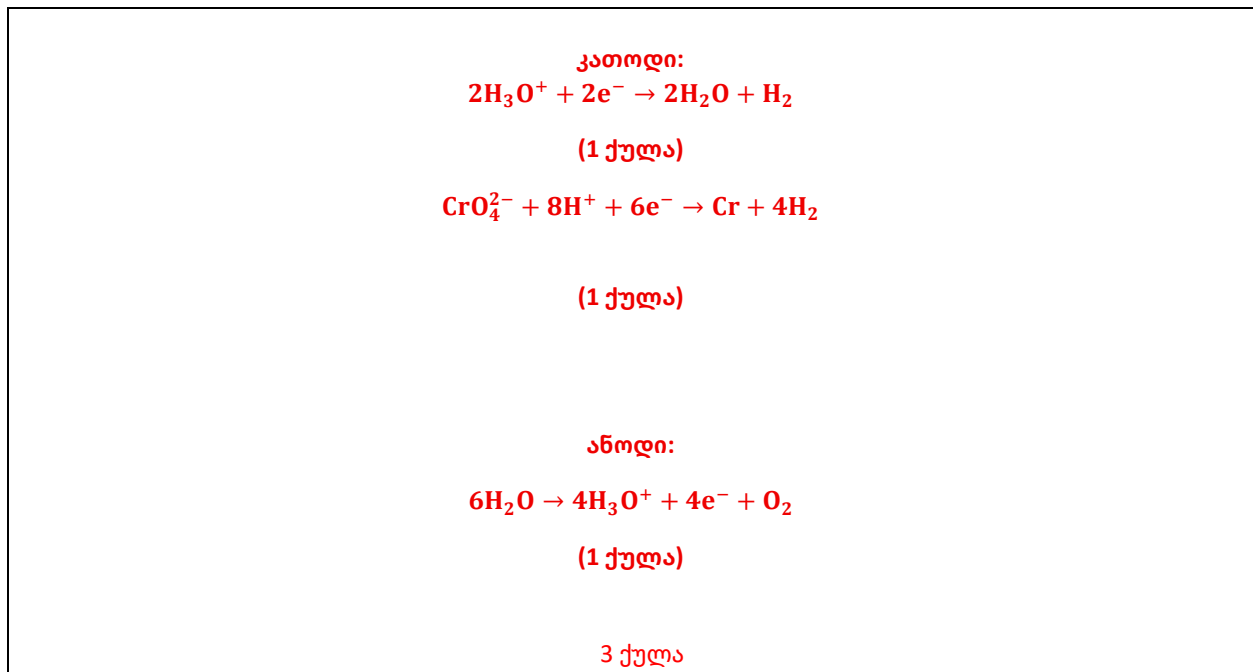
დავალეზა	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	სულ
ქულა	3	3	3	2	3	1	2	3	1	1	1	4	1	2	2	3	2	37

ა) ქრომის გაღვანური 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.



2.2. გამოთვალეთ ქრომის გამოსავლიანობა კათოდზე (დენის მიხედვით).

$$n(H_2) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1 \cdot 10^5 \text{ პა} \cdot 4.15 \text{ მ}^3}{8,314 \text{ ჯ მოლი}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} \approx 167.5 \text{ მოლი}$$

$$\eta = \frac{n \cdot z \cdot F}{I \cdot t} = \frac{167.5 \text{ მოლი} \cdot 2 \cdot 96485 \text{ ა} \cdot \text{წმ} \cdot \text{მოლი}^{-1}}{1500 \text{ ა} \cdot 7 \text{ სთ} \cdot 3600 \text{ წმ} \cdot \text{სთ}^{-1}} \approx 0.855 \Rightarrow 85.5\% H_2$$

(2 ქულა)

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

(1 ქულა)

3 ქულა

2.3. გამოთვალეთ გამოყოფილი ქრომის მასა.

$$n(Cr) = \frac{I \cdot t \cdot \eta}{z \cdot F} = \frac{1500 \text{ ა} \cdot 7 \text{ სთ} \cdot 3600 \text{ წმ} \cdot \text{სთ}^{-1} \cdot 0.145}{6 \cdot 96485 \text{ ა} \cdot \text{წმ} \cdot \text{მოლი}^{-1}} \approx 9.5 \text{ მოლი}$$

(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)

3 ქულა

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

$$n(O_2) = \frac{I \cdot t \cdot \eta}{z \cdot F} = \frac{1500 \text{ ა} \cdot 7 \text{ სთ} \cdot 3600 \text{ წმ სთ}^{-1} \cdot 1}{4 \cdot 96485 \text{ ა წმ მოლი}^{-1}} \approx 97.9 \text{ მოლი}$$

(1 ქულა)

$$V(O_2) = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{97.9 \text{ მოლი} \cdot 8,314 \text{ ჯმოლი}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{1 \cdot 10^5 \text{ პა}} \approx 2.43 \text{ მ}^3$$

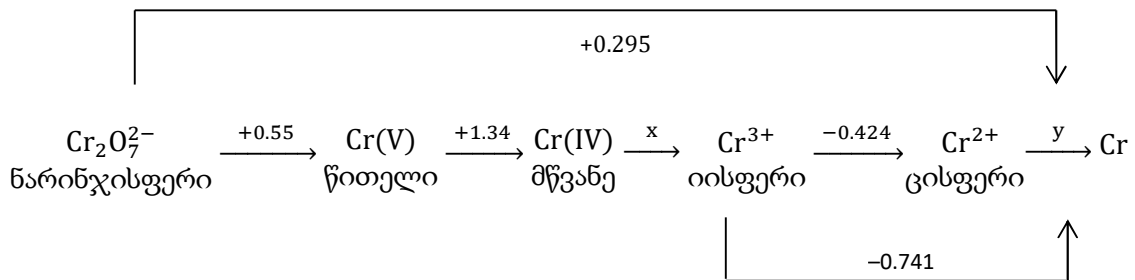
(1 ქულა)

2 ქულა

ბ) ქრომის ელექტროქიმია და მისი ნაერთები

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

ქვემოთ მოცემულია არასრული ლატიმერის დიაგრამა ზოგიერთი ამ იონისთვის 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)

3 ქულა

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

Cr(IV) დისპროპორციონირებს, რადგან

$$E^0(\text{Cr(IV)}|\text{Cr(III)}) = 2.10 > E^0(\text{Cr(VI)}|\text{Cr(IV)}) = 0.945 \text{ ვ}$$

$$E^0(\text{Cr(VI)}|\text{Cr(IV)}) = \frac{0.55 + 1.34}{2} = 0.945 \text{ ვ}$$

(1 ქულა)

1 ქულა

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

$$\Delta E^0 = 2.10 - 0.945 = 1.155 \text{ ვ}$$

(1 ქულა)

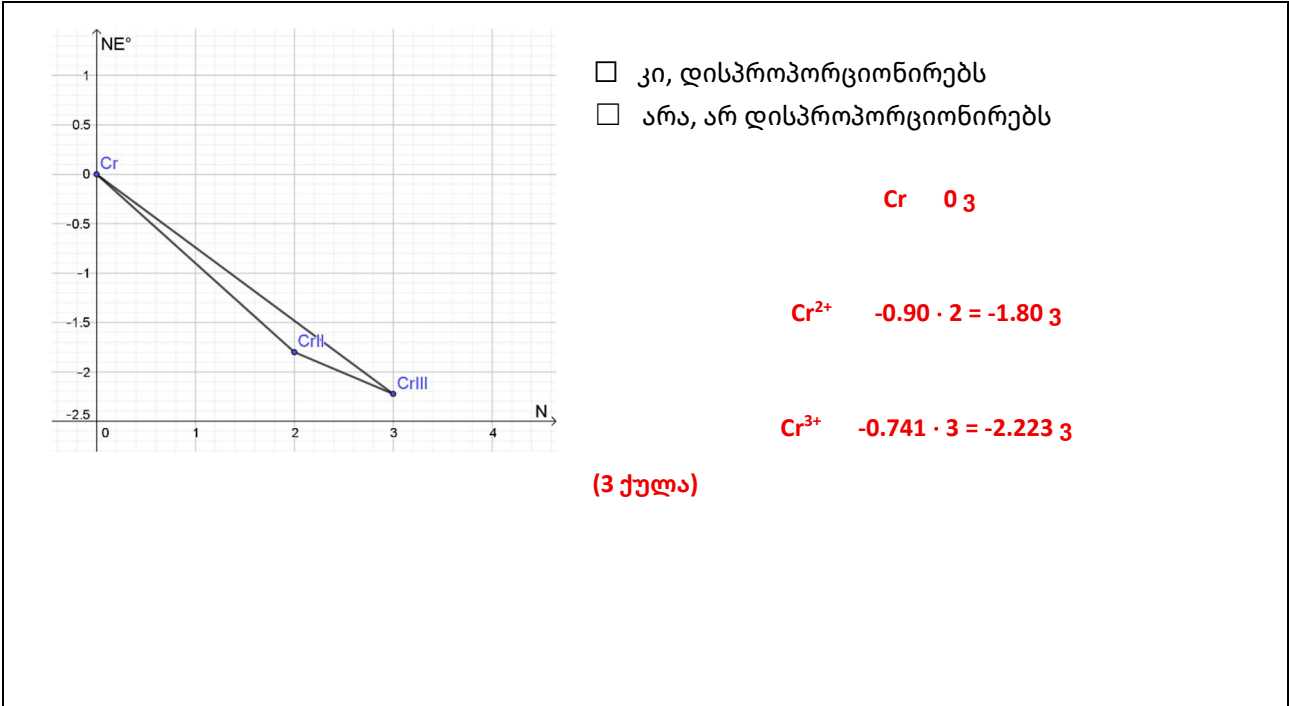
$$\Delta G^0 = -z \cdot F \cdot \Delta E^0 = -R \cdot T \cdot \ln K$$

$$\Rightarrow \ln K = \frac{2.96485 \cdot 1.155}{8.314 \cdot 298} = 89.96 \Rightarrow K = 1.2 \cdot 10^{39}$$

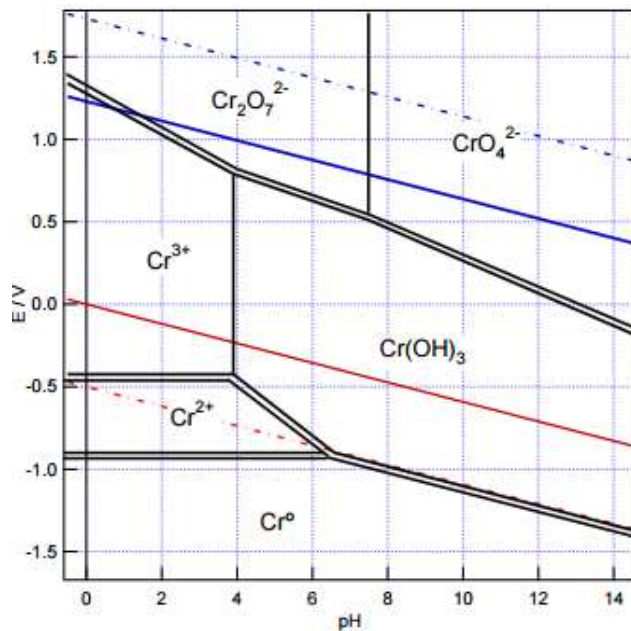
(1 ქულა)

2 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.



პურბუას (Pourbaix) დიაგრამა (მარჯვნივ) ასახავს ქრომის შემცველი ყველა ნაწილაკის ჟანგვა-აღდენითი 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)

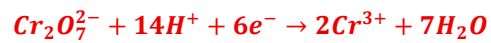
ანალიზურ ქიმიაში ხშირად გამოიყენება ჟანგვა-აღდგენითი სისტემა დიქრომატი/ქრომი(III). მისი სტანდარტული პოტენციალია $E^\circ(Cr_2O_7^{2-} | Cr^{3+}) = +1.33$ ვ.

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 $Cr_2O_7^{2-} | Cr^{3+}$.



(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. (ჩათვალით, 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 pH=2 მნიშვნელობისთვის.

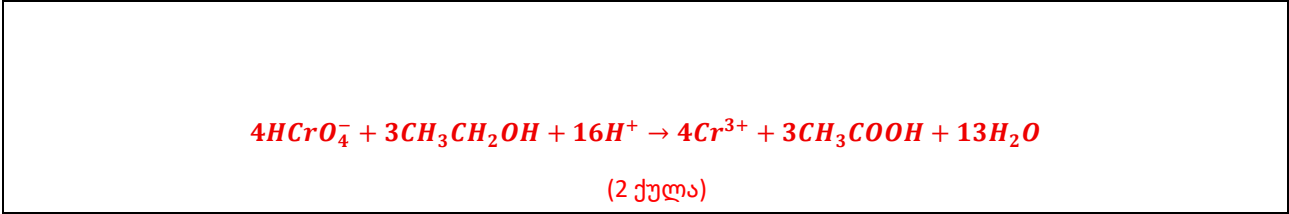
$$E_2 = 1.33 - 0.1380 \cdot 2 = 1.05 \text{ ვ}$$

(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.



მოცემულ პირობებში რეაქციის სიჩქარის გამოსახულებაა:

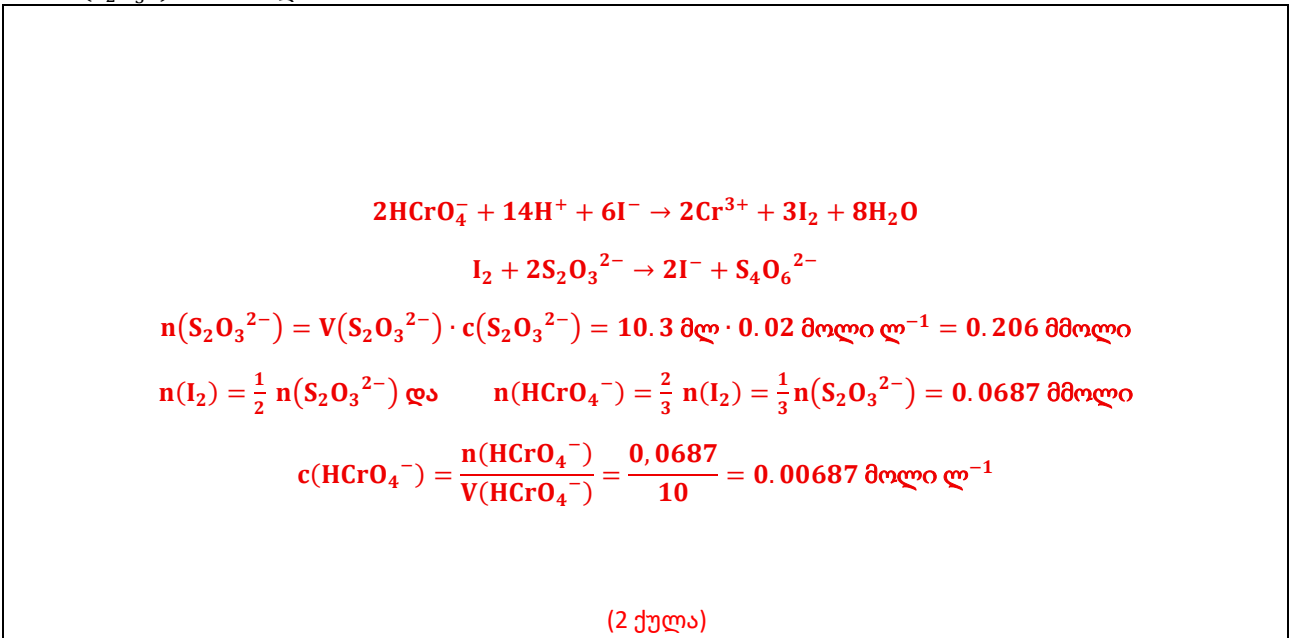
$$v = -\frac{d[\text{HCrO}_4^-]}{dt} = k \cdot [\text{HCrO}_4^-]^x$$

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.

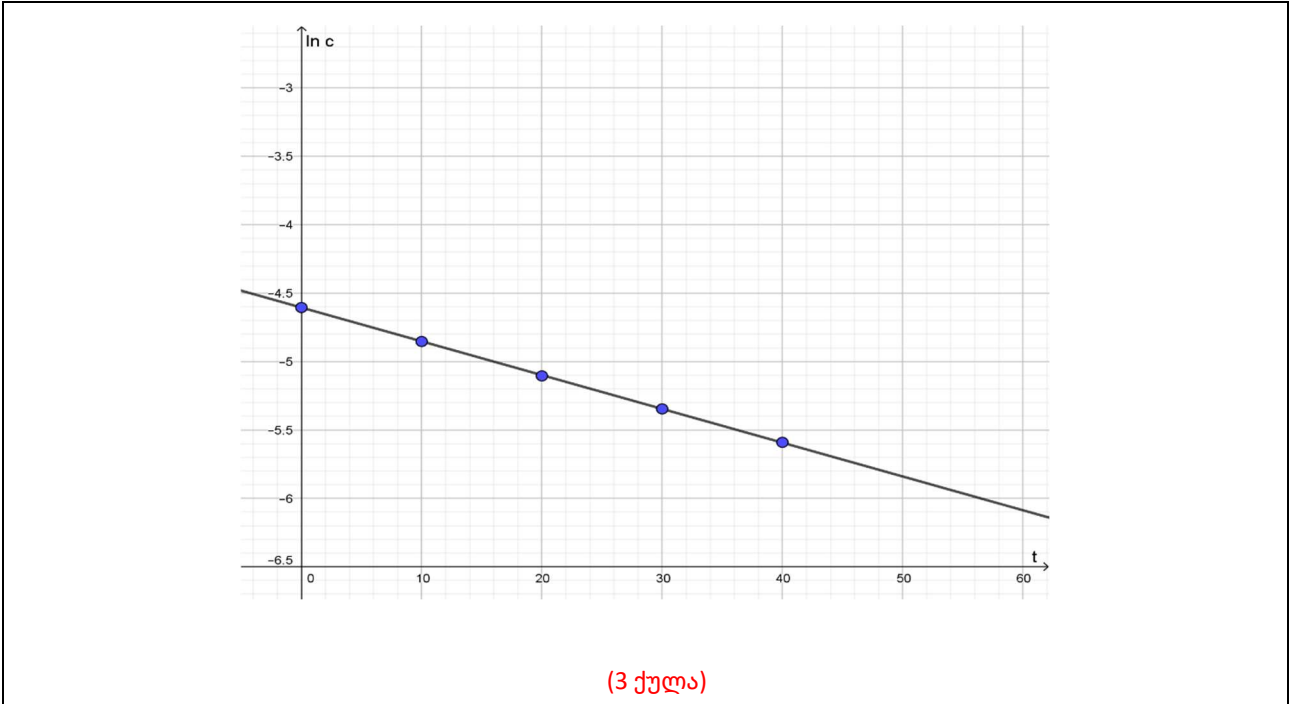
თითოეულ ანალიზში გამოყენებული ნიმუშის მოცულობა იყო 10.0 მლ. ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული მონაცემები ასახულია ცხრილში:

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.



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



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

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

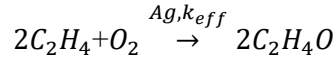
$$k = \frac{\ln \frac{[\text{HCrO}_4^-]_0}{[\text{HCrO}_4^-]_t}}{t} = \frac{\ln \frac{0.01}{0.0078}}{10} = 0.025 \text{ წთ}^{-1}$$

(2 ქულა)

ამოცანა 3. ვერცხლის კატალიზატორი (18%)

დავალება	3.1	3.2	3.3	3.4	სულ
ქულა	2	2	2	2	8

298°C ტემპერატურაზე ვერცხლის კატალიზატორზე მიმდინარეობს რეაქცია:



მოზადდა კატალიზატორი — ვერცხლის (Ag) სფერული ნაწილაკები საშუალო დიამეტრით 40 ნმ. თითოეული ნაწილაკი საშუალოდ შეიცავს 192 აქტიურ ცენტრს.

მოცემული ამოცანის პირობებში:

- რეაქციის რიგი ეთილენის მიმართ — პირველი
- ჟანგბადის მიმართ — ნულოვანი

ყველა რეაქტორს აქვს ერთნაირი მოცულობა (80 მლ) და კატალიზატორის მასა (1.5 გ Ag).

რეაქცია თავდაპირველად შესწავლილი იყო დახურულ რეაქტორში. გამოყენებული იყო არგონის (90 მოც. %), ეთილენისა და ჟანგბადის ნარევი 1:1 თანაფარდობით, საერთო წნევა 2.0 MPa.

10 წუთის შემდეგ სისტემაში ნივთიერების რაოდენობა შემცირდა 0.3 მმოლ-ით.

3.1. გამოთვალეთ k_{eff} და მიუთითეთ მისი ერთეული.

$\Delta v_{საერ} = \Delta v_{O_2} = \frac{1}{2} \Delta v_{C_2H_4} = 3 \cdot 10^{-4} \text{მოლი}$

$v_{C_2H_4O} = \frac{PV}{RT} \cdot 0.1 \cdot \frac{1}{2} = 1.69 \cdot 10^{-3} \text{მოლი}$

$\frac{d[C_2H_4]}{dt} = -2k_{eff}[C_2H_4] \rightarrow k_{eff} = \frac{1}{2t} \ln \frac{v_{C_2H_4O}}{v_{C_2H_4O} - 2\Delta v_{საერ}} = 0.022 \text{წთ}^{-1}$

$k_{eff} = 0.022 \text{წთ}^{-1}$

2 ქულა

შემდეგ რეაქცია შესწავლილი იყო გამდინარე რეჟიმში იდეალურად შერევის რეაქტორში, ორი შემოსასვლელით: ერთ-ერთიდან U_1 მოცულობითი სიჩქარით მიეწოდება ეთილენ-არგონის ნარევი C_2H_4 - ის 4.0% მასური შემცველობით, მეორედან სუფთა ჟანგბადი (U_2). სტაციონარულ რეჟიმში წნევა ნაკადშიც და რეაქტორშიც 2.0 MPa -ია, ტემპერატურა ერთი და იგივე.

3.2. გამოთვალეთ მოცულობითი ნაკადების U_1 და U_2 თანაფარდობა, როცა რეაგენტები მიეწოდება სტექიომეტრული თანაფარდობით.

დაუშვით ω_1 და ω_2 -ეთილენისა და ჟანგბადის ნაკადებია მოლი/წმ. მაშინ:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{U_1 [C_2H_4]_0}{U_2 [O_2]_0} = \frac{U_1 \cdot x(C_2H_4) \cdot \frac{P}{RT}}{U_2 \cdot \frac{P}{RT}} = \frac{U_1}{U_2} \cdot 0.0056 = 2 \rightarrow \frac{U_1}{U_2} = 35.6$$

$$\frac{U_1}{U_2} = 35.6$$

2 ქულა

3.3. ჩაწერეთ რეაქციაში მონაწილე ყველა ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლილების სიჩქარე ნაკადის რეჟიმში და მათი საშუალებით გამოსახეთ რეაქციის წარმართვის სიღრმე.

$$\frac{d[C_2H_4]}{dt} = \frac{U_1}{V} [C_2H_4]_0 - \frac{U_1+U_2}{V} [C_2H_4] - 2k_{eff}[C_2H_4]$$

$$\frac{d[O_2]}{dt} = \frac{U_1}{V} [O_2]_0 - \frac{U_1+U_2}{V} [O_2] - k_{eff}[C_2H_4]$$

$$\frac{d[C_2H_4O]}{dt} = 2k_{eff}[C_2H_4] - \frac{U_1+U_2}{V} [C_2H_4O]$$

$$\frac{[C_2H_4O]_{ss}}{[C_2H_4]_0} = \frac{2k_{eff}U_1V}{(U_1+U_2)(U_1+U_2+2k_{eff}V)}$$

2 ქულა

ჟანგბადის ფიქსირებული 0.14 მლ/წმ ნაკადისა და ეთილენის ნაკადის ვარირებით ეთილენის მაქსიმალური გარდაქმნა 8.72%-ია.

3.4. **გამოთვალეთ** ამ მონაცემებით შესასვლელში მოცულობითი ნაკადების შეფარდება, რომელიც უზრუნველყოფს ეთილენის მაქსიმალურ გარდაქმნას

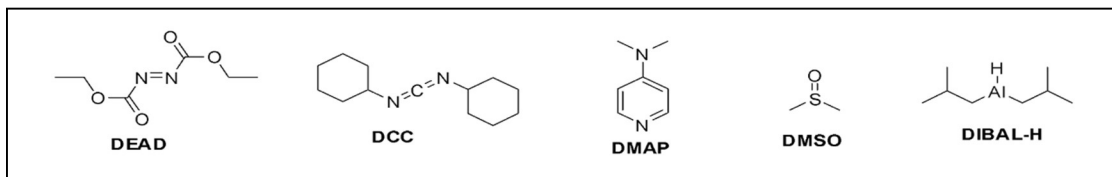
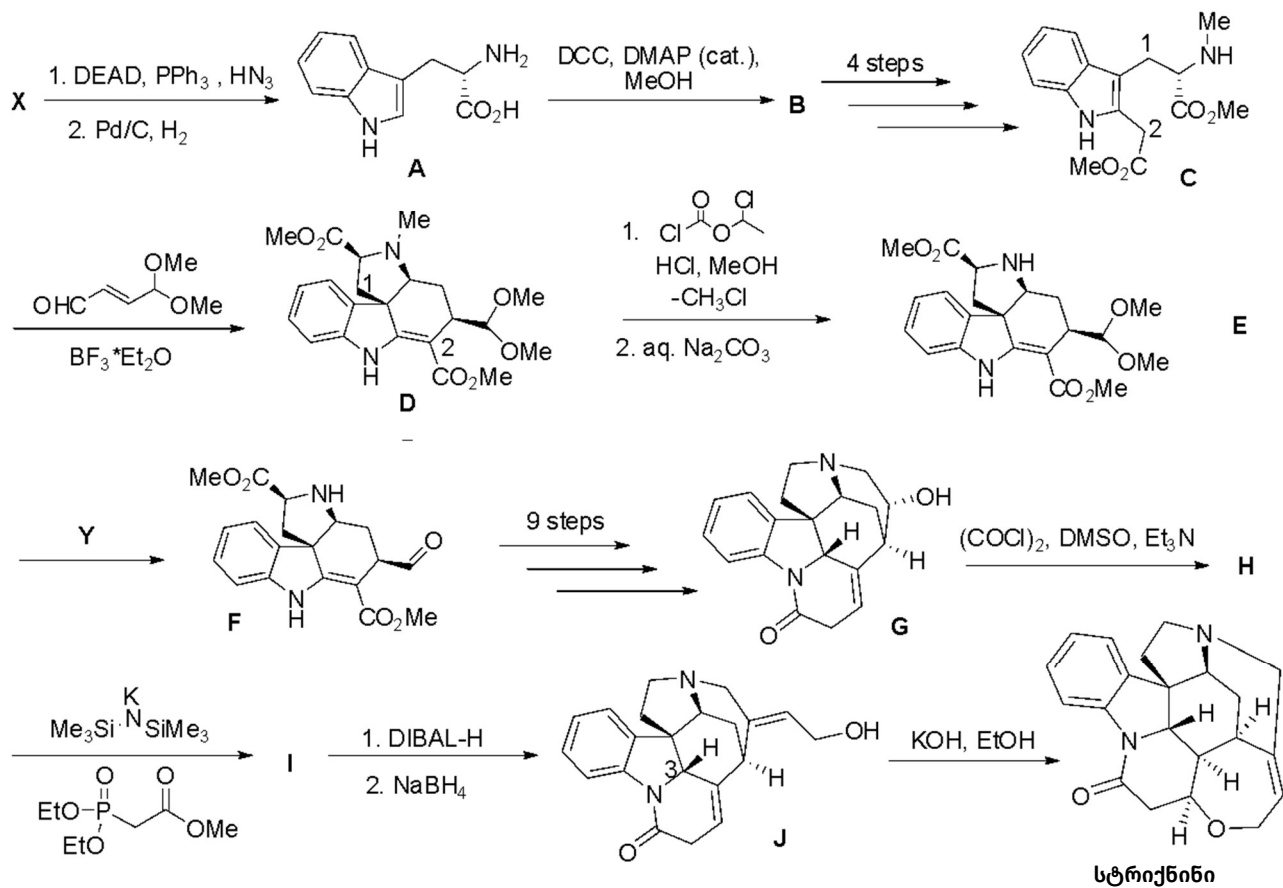
მე-3 პუნქტში მიღებული რეაქციის წარმართვის სიღრმის ფორმულის გამოყენებით მივიღებთ კვადრატულ განტოლებას, რომლის ფესვი დამრგვალების მიხედვით 10,5 მლ/წთ-ია ან 9,6 მლ/წთ. ორივე პასუხი ან მათი საშუალო ორივე სწორია .

2 ქულა

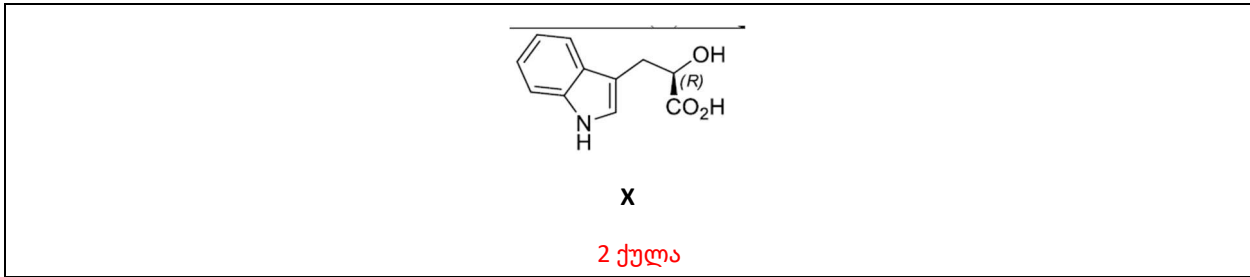
ამოცანა 4. სტერეოქიმია და სტერეო სინთეზი – სტრიქნინი (18%)

დავალება	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10	4.11	სულ
ქულა	2	4	5	5	0.5	4	3	2	2	0.5	1	29

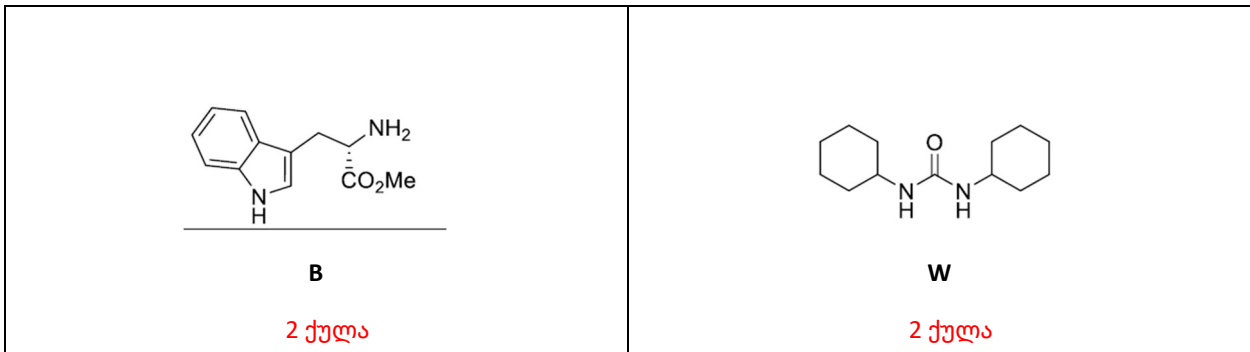
სტრიქნინი არის მეტად ტოქსიკური, მწარე გემოს მქონე, კრისტალური ალკალოიდი, რომელიც გამოიყენება პესტიციდად, განსაკუთრებით მცირე ხერხემლიანების, როგორცაა ფრინველები და მღრღნელები, გასანადგურებლად. ეს ქიმიური ნივთიერება ბუნებრივად მიიღება ხემცენარიდან *Strychnos nux-vomica*. ორგანულ ქიმიაში ენანტიომერულად სუფთა სტრიქნინი გამოიყენება სხვადასხვა მიზნებისთვის. მისი სირთულის, ფარმაკოლოგიური ეფექტებისა და მაღალი მოთხოვნის გამო, ქიმიკოს-სინთეტიკოსები მრავალი წლის განმავლობაში ეძებენ მისი სრული სინთეზის სხვადასხვა გზებს. ამ დავალებაში მოცემულია სტრიქნინის ერთ-ერთი ყველაზე მოკლე სინთეზური გზა.



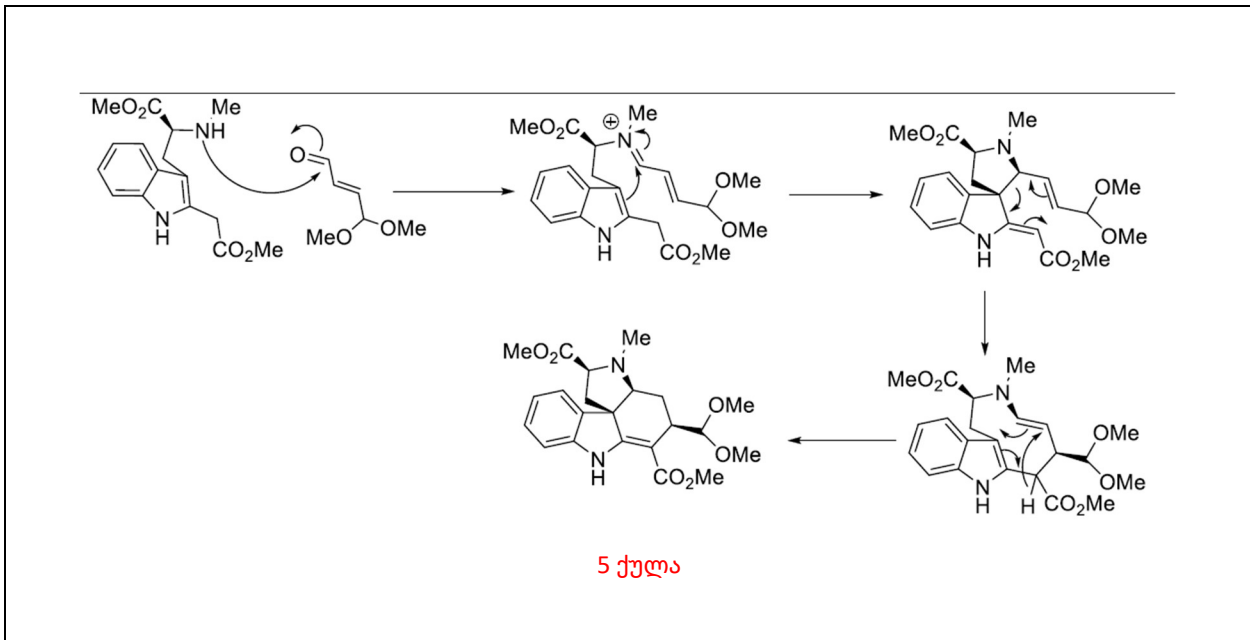
4.1. დაწერეთ ნაერთი X-ის სტრუქტურული ფორმულა. მიუთითეთ სტერეოქიმია. განსაზღვრეთ სტერეოცენტრ(ებ)ი R/S ნომენკლატურის გამოყენებით.



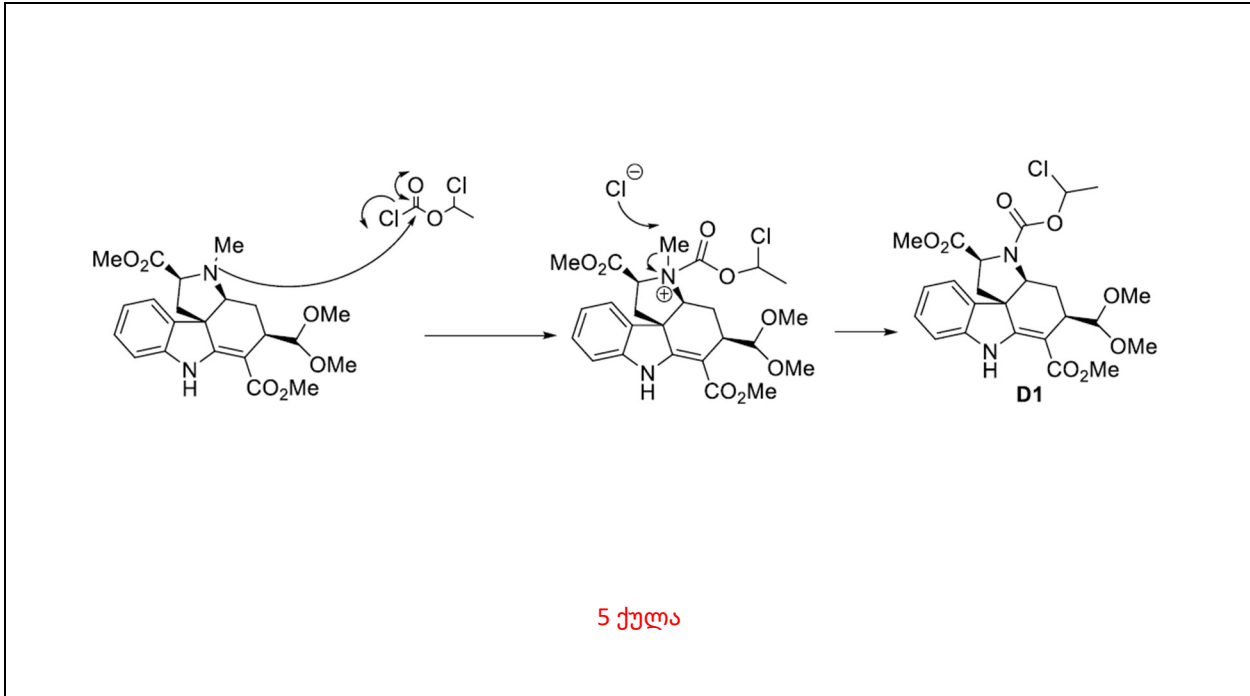
4.2. დაწერეთ ნაერთის B სტრუქტურული ფორმულა. A-დან B-მდე რეაქციის დროს რეაგენტი DCC გარდაიქმნება W ნაერთად. დაწერეთ მისი სტრუქტურული ფორმულაც.



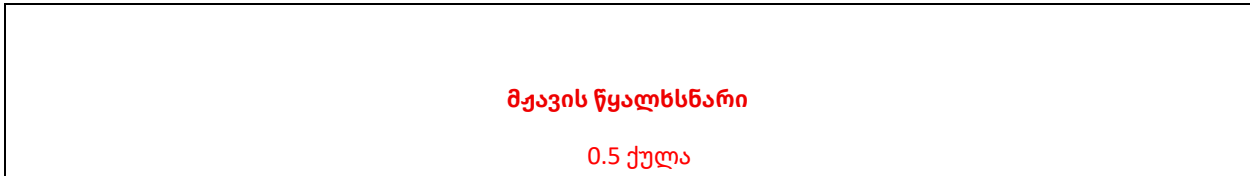
4.3. დაწერეთ ნაერთის D წარმოქმნის შესაბამისი მექანიზმი. რეაქციაში BF_3 -ის როლი არის უჯერი ალდეჰიდის კარბონილის ჯგუფთან ქელატური შეკავშირება, თუმცა მექანიზმში მისი ჩვენება აუცილებელი არ არის. გაითვალისწინეთ, რომ ამ გარდაქმნის დროს ხდება [1,5]-ჰიდრიდული გადაადგილება. სტრუქტურებში C და D დანომრილი ორი ნახშირბადის ატომი მიუთითებს მათ მდებარეობას ორივე სტრუქტურაში (რეაქციამდე და რეაქციის შემდეგ).



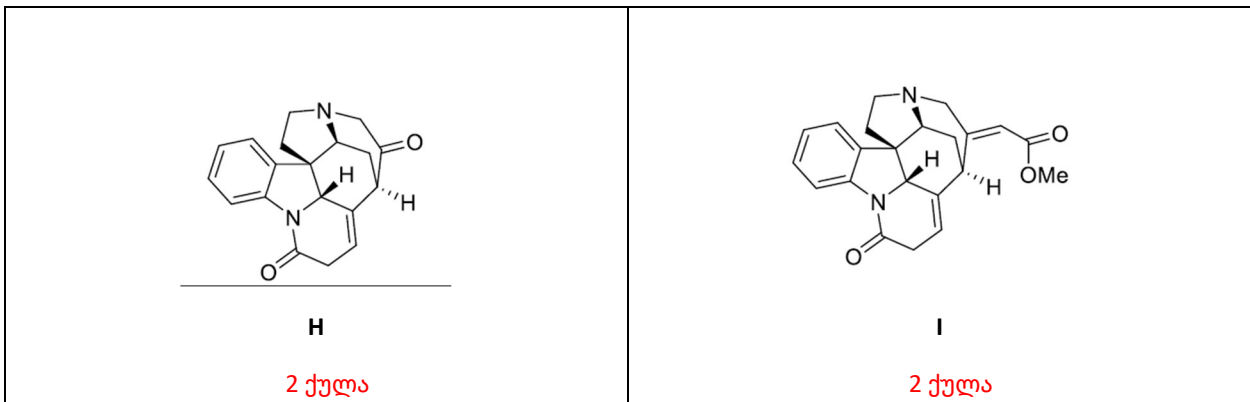
4.4. ამინის დემეთილირების პირველი ეტაპის შემდეგ (D-დან E-მდე), წარმოიქმნება შუალედური ნაერთი **D1**, რომელიც წყალხსნარში Na₂CO₃-ით დამუშავების შემდეგ გარდაიქმნება ნაერთად E. წარმოადგინეთ D-დან **D1**-მდე გარდაქმნის დეტალური მექანიზმი. დაადგინეთ ნაერთი **D1**-ის სტრუქტურა. გაითვალისწინეთ, რომ ამ ეტაპის გვერდითი პროდუქტი არის ქლორომეთანი.



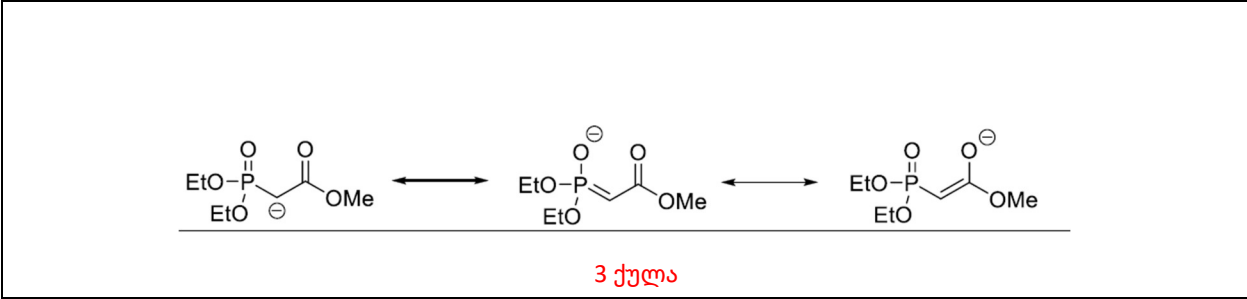
4.5. რომელი რეაგენტი(ებ) Y არის საჭირო აცეტალის ჰიდროლიზისთვის?



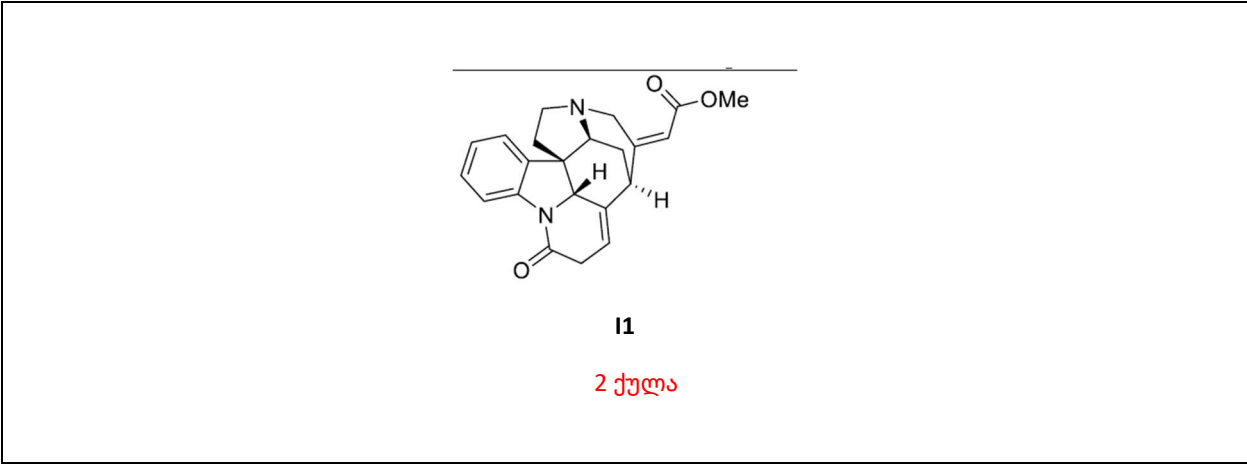
4.6. დაწერეთ ნაერთების H და I სტრუქტურული ფორმულები. მიუთითეთ სტერეოქიმია.



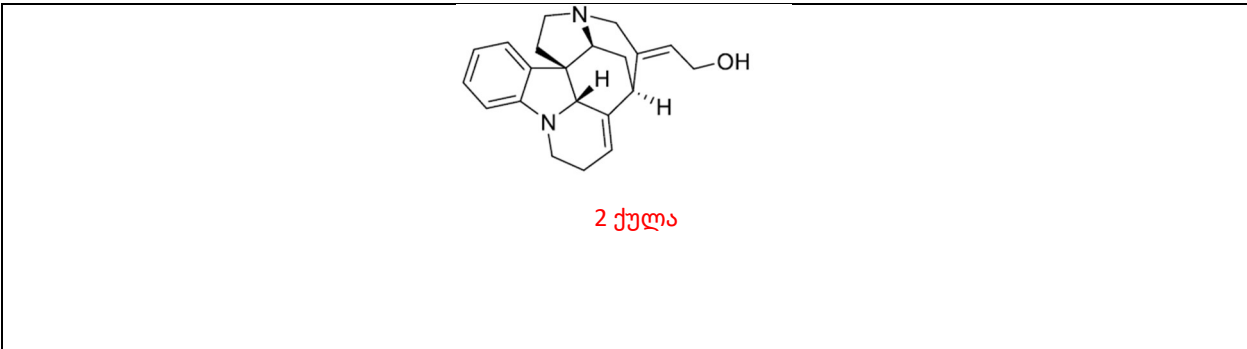
4.7. **H**-დან **I**-მდე გარდაქმნას ეწოდება ჰორნერ-ვადსვორთ-ენომის (Horner–Wadsworth–Emmons) რეაქცია. დაწერეთ ყველა შესაძლო რეზონანსული სტრუქტურა იმ მთავარი ნუკლეოფილური შუალედური ნაერთისთვის, რომელიც წარმოიქმნება *in situ* (პირდაპირ რეაქციის ნარევიში) და რეაგირებს ნაერთ **H**-თან.



4.8. **H**-დან **I**-მდე რეაქციის შედეგად სინამდვილეში მიიღება ორი პროდუქტი. ერთ-ერთი მათგანია სამიზნე ნაერთი **I**, ხოლო მეორე - გვერდითი პროდუქტი **I1**. დახატეთ **I1**-ის სტრუქტურული ფორმულა.



4.9. დაწერეთ იმ ნაერთის სტრუქტურული ფორმულა, რომელიც თეორიულად მიიღებოდა **I**-დან, თუ LiAlH_4 გამოიყენებოდა $\text{DIBAL-H}/\text{NaBH}_4$ -ის ადღგენითი სისტემის ნაცვლად.



4.10. განისაზღვრეთ ნაერთში J 3-ით მონიშნული ნახშირბადის ატომის სტერეოქიმია R/S ნომენკლატურის გამოყენებით (შემოხაზეთ სწორი პასუხი).

R	S
---	---

0.5 ქულა

4.11. რა თვისებებს ავლენს სტრიქინი? (მონიშნეთ სწორი პასუხი.)

- a) მჟავური;
- b) ფუძე;
- c) ამფოტერული;
- d) არცერთი.

1 ქულა

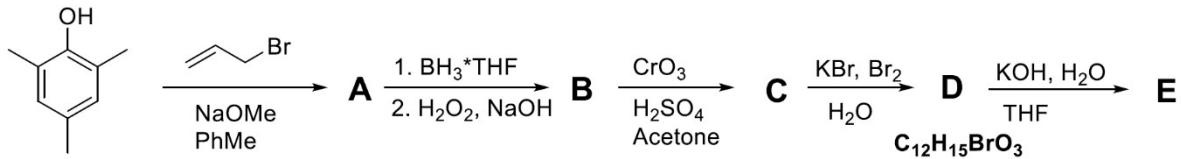
ამოცანა 5. ერთრონოლიდ B-ს სინთეზი (22%)

დავალება	5.1	5.2	სულ
ქულა	26	5	31

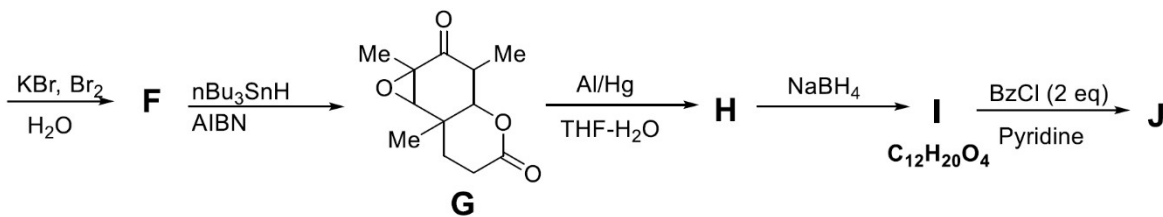
ბუნებრივი პროდუქტების სინთეზი ორგანული ქიმიის მნიშვნელოვანი ნაწილია. ეს ნაერთები, როგორც წესი, გამოირჩევიან მაღალი ბიოლოგიური აქტიურობით და ამიტომაც განსაკუთრებულად საინტერესოა მედიცინის თვალსაზრისით. თუმცა, მათი სინთეზი მარტივი არ არის, რადგან ისინი ხშირად შეიცავენ მრავალ სტერეოცენტრს და ფუნქციური ჯგუფების დიდ მრავალფეროვნებას (რაც მათ მაღალი სელექტიურობის მქონე პოტენციურ პრეპარატებად აქცევს).

ერთ-ერთი ასეთი ნაერთია ერთრონოლიდ B, რომელიც წარმოადგენს ანტიბიოტიკ ერიტრომიცინის ბიოქიმიურ წინამორბედს. მრავალი ცნობილი ორგანიკოს ქიმიკოსი, როგორიცაა ვუდვორდი, ევანსი, კარეირა, ჰოფმანი და დანიშევსკი, წარმატებით ახორციელებდა მის სინთეზს. ამ ამოცანაში განვიხილავთ ელიას კორის მიერ შემოთავაზებულ ერთრონოლიდ B-ის სინთეზს. სრული სინთეზი ქვემოთ არ არის წარმოდგენილი, თუმცა პირველ ეტაპზე ხორციელდება – კორის ტერმინოლოგიით – ე.წ. ფრაგმენტი 11-ის მიღება.

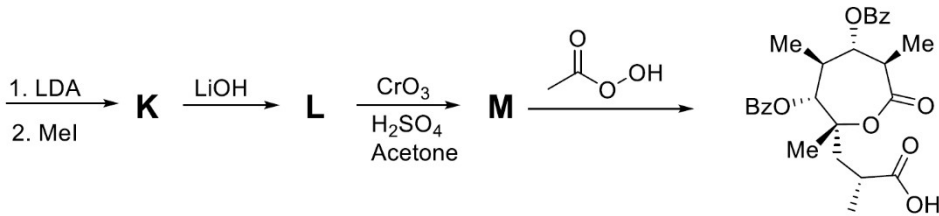
ამ სინთეზში ნაერთები A, B და C არომატული არ არიან და მიეკუთვნებიან მეზო ნაერთებს. ნაერთი D, მიუხედავად იმისა, რომ თავდაპირველად მიიღება რაცემატული ნარევის სახით, საბოლოოდ იწმინდება ერთ ენანტიომერამდე. გარდაქმნა F → G მიმდინარეობს რეაქციის ცენტრში სტერეოქიმიის ინვერსიით, ხოლო გარდაქმნა G → H მიმდინარეობს რეაქციის ცენტრში სტერეოქიმიის შენარჩუნებით.



ერთი ენანტიომერი

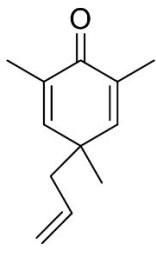
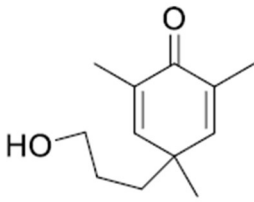
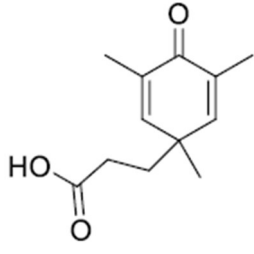
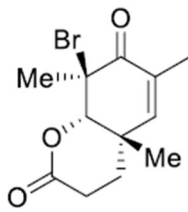
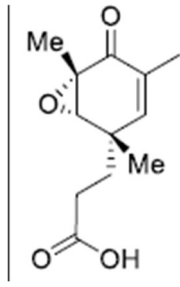
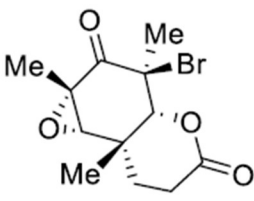
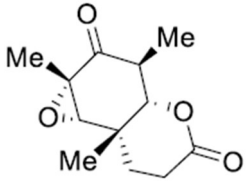
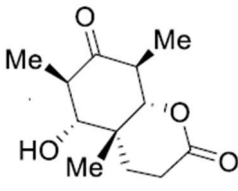


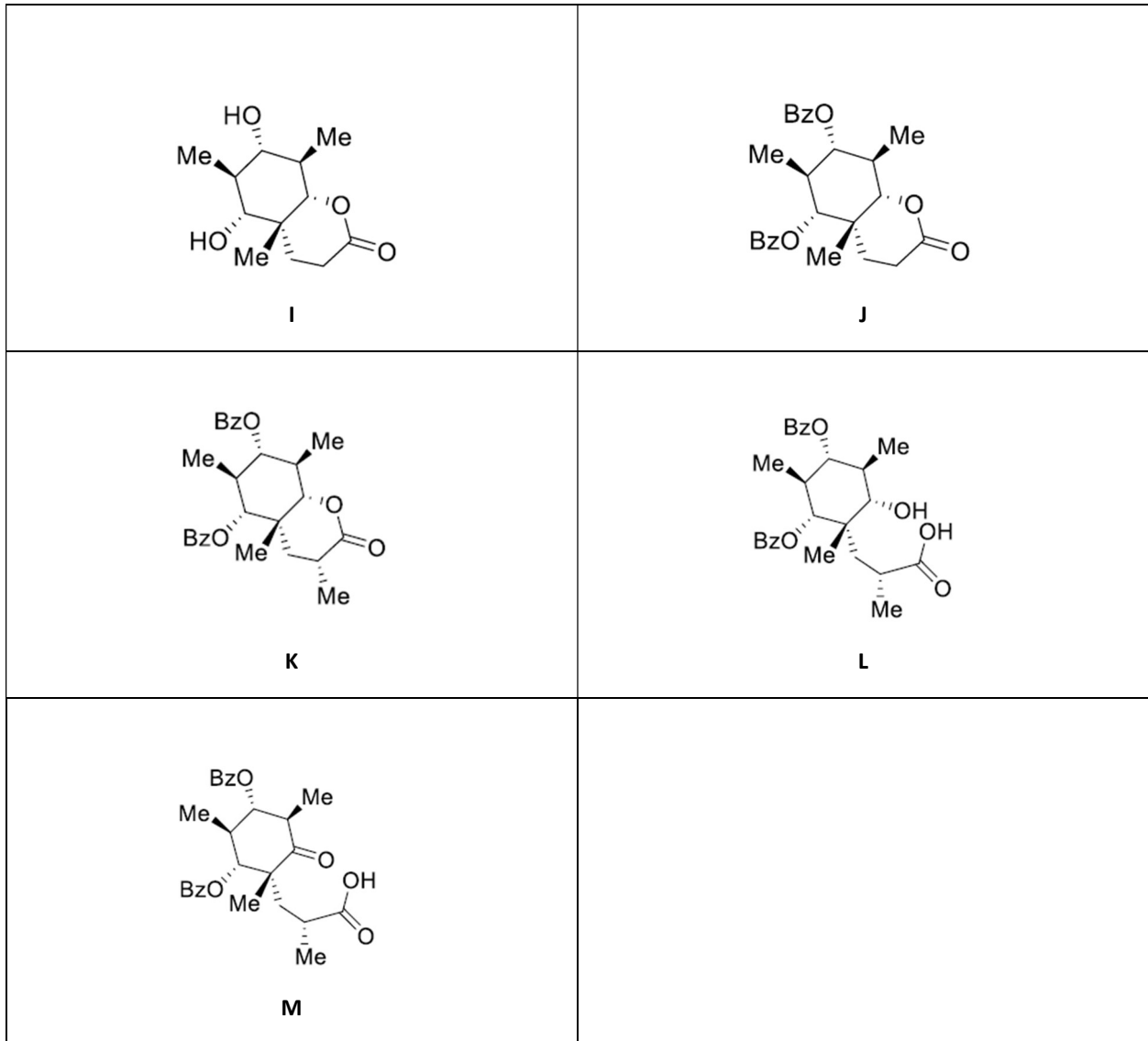
ნაჩვენებია სტერეოქიმიის გარეშე



ფრაგმენტი 11

5.1. დაწერეთ ნაერთების **A–M** სტრუქტურული ფორმულები. **D–M** ნაერთებისთვის დამატებით მიუთითეთ სტერეოქიმია (R და S კონფიგურაციების განსაზღვრა საჭირო არ არის).

 <p style="text-align: center;">A</p>	 <p style="text-align: center;">B</p>
 <p style="text-align: center;">C</p>	 <p style="text-align: center;">D</p>
 <p style="text-align: center;">E</p>	 <p style="text-align: center;">F</p>
 <p style="text-align: center;">G</p>	 <p style="text-align: center;">H</p>



სულ 26 ქულა - თითოეული 2 ქულა

5.2. წარმოადგინეთ მექანიზმი გარდაქმნისთვის $M \rightarrow$ **ფრაგმენტი 11**. შეგიძლიათ გამოიყენოთ სტერეოქემიული (გამარტივებული) მექანიზმი, თუმცა აუცილებელია ნაჩვენები იყოს ყველა მნიშვნელოვანი დეტალი, რომელიც რეაქციის სელექციურობას აღწერს.

