



საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების
სამინისტრო

**ქიმიის 57-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისთვის საქართველოს ნაკრები გუნდის წევრების
შესარჩევი კონკურსი**

II ტური

ამოცანები



ამოცანის ავტორები და შემდგენლები:

ელიზბარ ელიზბარაშვილი
თინათინ ბუთხუზი
სოფიკო ფაცაცია
ვახტანგ კურცხალია

ძვირფასო მონაწილეებო

ამოცანების ამოხსნისას გთხოვთ გახსოვდეთ:

- ტურის ხანგრძლივობა შეადგენს 5 (ხუთ) ასტრონომიულ საათს.
- ტესტის მაქსიმალური 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

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	$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{a_{\text{prod}}}{a_{\text{reag}}}$ $a = c / (1 \text{ mol/L})$ ხსნარის სუბსტანციებისათვის, $a = p / (1 \text{ bar})$ გაზებისათვის
ჯიბსის ენერგიის ცვლილება დროში ერთეულ მოცულობაში სისტემისათვის, რომელიც მოიცავს ორ ქიმიურ რეაქციას 1 და 2 შესაბამისი რეაქციის სიჩქარეებით r_1 და r_2	$\frac{\Delta G_{\text{Syst}}}{\Delta t} = \Delta G_1 r_1 + \Delta G_2 r_2$

ელემენტების პერიოდულობის ცხრილი

მაგიდის #: _____

	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	VIII	VIII	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA		
1	1 H წყალბადი 1.008	ატომური ნომერი სიმბოლო დასახელება დაუხვეწილი ატომური მასა																	2 He ჰელიუმი 4.003	
2	3 Li ლითიუმი 6.94	4 Be ბერილიუმი 9.01																		
3	11 Na ნატრიუმი 22.99	12 Mg მაგნიუმი 24.30	H ბაზი Li მჟარი Br სითხე																	
4	19 K კალიუმი 39.10	20 Ca კალციუმი 40.08	21 Sc სკანდიუმი 44.96	22 Ti ტიტანი 47.87	23 V ვანადიუმი 50.94	24 Cr კრომი 52.00	25 Mn მანგანუმი 54.94	26 Fe რკინა 55.85	27 Co კობალტი 58.93	28 Ni ნიკელი 58.69	29 Cu საინდო 63.55	30 Zn ცინკი 65.38	31 Ga გალიუმი 69.72	32 Ge გერმანიუმი 72.63	33 As არსენი 74.92	34 Se სელენი 78.97	35 Br ბრომი 79.90	36 Kr კრიპტონი 83.80		
5	37 Rb რუბიდიუმი 85.48	38 Sr სტრონციუმი 87.62	39 Y იტრიუმი 88.91	40 Zr ზირკონიუმი 91.22	41 Nb ნიობიუმი 92.91	42 Mo მოლიბდენი 95.95	43 Tc ტექნიციუმი 97.91	44 Ru რუთენიუმი 101.07	45 Rh როდიუმი 102.91	46 Pd პალადიუმი 106.42	47 Ag ვერცხვი 107.87	48 Cd კადმიუმი 112.41	49 In ინდიუმი 114.82	50 Sn კალა 118.71	51 Sb ანტიმონი 121.76	52 Te ტელური 127.60	53 I იოდი 126.90	54 Xe ქსენონი 131.29		
6	55 Cs ცეზიუმი 132.91	56 Ba ბარიუმი 137.33	57-71 La-Lu ლანთანოიდები	72 Hf ჰაფნიუმი 178.49	73 Ta ტანგსტი 180.95	74 W ვოლფრამი 183.84	75 Rn რადონი 186.21	76 Os ოსმიუმი 190.23	77 Ir ირიდიუმი 192.22	78 Pt პლტინა 195.08	79 Au ოქრო 196.97	80 Hg ვარცხნილი 200.59	81 Tl თალიუმი 204.38	82 Pb ბიზმუტი 207.2	83 Bi ბისმუტი 208.98	84 Po პოლონიუმი 209	85 At ასტატი 209.99	86 Rn რადონი 222.02		
7	87 Fr ფრანსიუმი 223.02	88 Ra რადიუმი 226.03	89-103 Ac-Lr აქტინოიდები	104 Rf რეზერფორდიუმი 261.12	105 Db დუბნიუმი 267.13	106 Sg სიგზგუმი 269.13	107 Bh ბოჰრიუმი 270.13	108 Hs ჰასიუმი 269.13	109 Mt მიტანევიუმი 278.16	110 Ds დავსბიუმი 281.17	111 Rg რეგენსბიუმი 281.17	112 Cn კოპერნიციუმი 285.18	113 Nh ნიჰონიუმი 286.18	114 Fl ფლეროვიუმი 289.19	115 Mc მოსკოვიუმი 289.20	116 Lv ლუვენიუმი 293.20	117 Ts ტანესინი 293.21	118 Og ოგანესონი 294.21		
ლანთანოიდები			57 La ლანთანი 138.91	58 Ce ცერიუმი 140.12	59 Pr პრომიტიუმი 140.91	60 Nd ნეოდუმი 144.24	61 Pm პრომიტიუმი 144.91	62 Sm სამარიუმი 150.36	63 Eu ევროპიუმი 151.96	64 Gd გადოლინიუმი 157.25	65 Tb ტერბიუმი 158.93	66 Dy დისპროსიუმი 162.50	67 Ho ჰოლიმიუმი 164.93	68 Er ერბიუმი 167.26	69 Tm თულუმი 168.93	70 Yb იტერბიუმი 173.05	71 Lu ლუთეციუმი 175.0			
აქტინოიდები			89 Ac აქტინიუმი 227.03	90 Th თორიუმი 232.04	91 Pa პროტაქტინიუმი 231.04	92 U ურანი 238.03	93 Np ნეპტუნიუმი 237.05	94 Pu პლუტონიუმი 244.06	95 Am ამერიციუმი 243.06	96 Cm კიურიუმი 247.07	97 Bk ბერკელიუმი 247.07	98 Cf კალეფორნიუმი 251.08	99 Es აინშტაინიუმი 252.08	100 Fm ფერმიუმი 257.10	101 Md მენდელევიუმი 258.10	102 No ნოবেლიუმი 259.10	103 Lr ლორენსიუმი 262			



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



დაბეჭდილია კოალისიის „განათლება ყველასათვის - საქართველო“ ორგანიზაციის მიერ. გვერდის მართვადი მიზნით გრანტის ფარგლებში

ამოცანა 1. ქიმიური წონასწორობა - სამი მჟავა

დავალება	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	სულ
ქულა	4	3	3	3	3	2	18

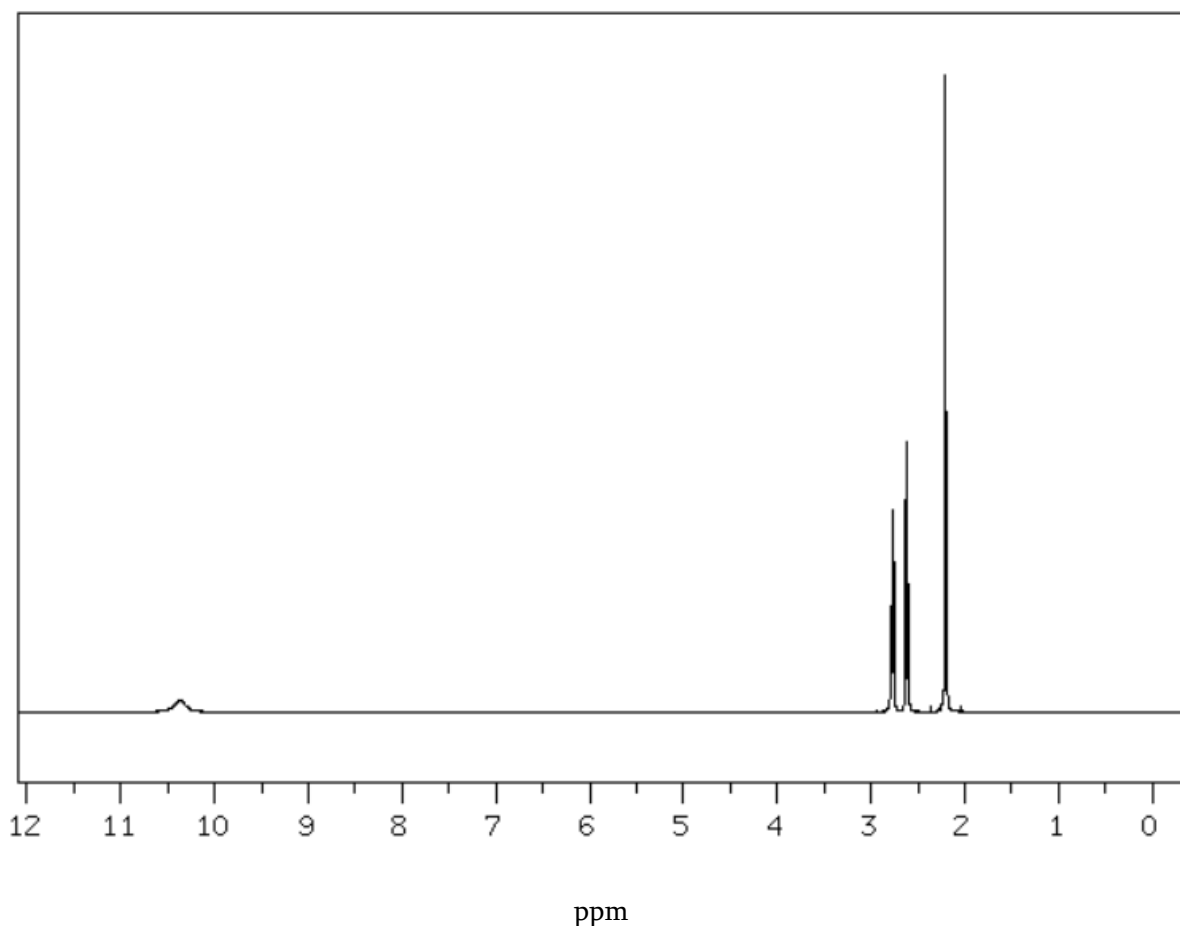
ნაწილი 1. პირველი მჟავა

უცნობი ორგანული სუსტი მჟავას სტრუქტურული ფორმულის დადგენის მიზნით ჩატარდა ორი ექსპერიმენტი, რომელშიც გამოიყენეს ამ მჟავას ნატრიუმის უწყლო მარილი, მყარ მდგომარეობაში.

1-ლი ექსპერიმენტი: 10.00 გ მარილი გახსნეს წყალში და მიღებული ხსნარი შეავსეს 1.000 ლ-მდე. შემდეგ მიღებული ხსნარის 10.00 მლ-ს დაამატეს 3.0 მოლი/ლ კონცენტრაციის მარილმჟავა. მიღებული ხსნარის pH = 4.7903.

მე-2 ექსპერიმენტი: 10.00 გ მარილი გახსნეს წყალში და მიღებული ხსნარი შეავსეს 1.000 ლ-მდე. შემდეგ მიღებული ხსნარის 15.00 მლ-ს დაამატეს 3.0 მოლი/ლ კონცენტრაციის მარილმჟავა. მიღებული ხსნარის pH = 4.4246.

ქვემოთ მოცემულია ამ მჟავას 1H NMR სპექტრი:



პიკი 2.2 ppm-ზე არის სინგლეტი, ხოლო ორი პიკი 2.6 და 2.8 ppm-ზე არის ტრიპლეტები.

1.1. გამოთვალეთ ამ მჟავას pK_A და მისი მოლური მასა.

$$(I) 4.7903 = pK_A - \log \left(\frac{0.03}{\frac{10}{M} - 0.03} \right)$$

$$(II) 4.4246 = pK_A - \log \left(\frac{0.045}{\frac{10}{M} - 0.045} \right)$$

$$(I) - (II): 0.3657 = \log \left(\frac{0.045}{\frac{10}{M} - 0.045} \right) - \log \left(\frac{0.03}{\frac{10}{M} - 0.03} \right)$$

$$0.3657 = \log \left(\frac{\left(\frac{0.045}{\frac{10}{M} - 0.045} \right)}{\left(\frac{0.03}{\frac{10}{M} - 0.03} \right)} \right)$$

$$2.3211 = \frac{\left(\frac{0.045}{\frac{10}{M} - 0.045} \right)}{\left(\frac{0.03}{\frac{10}{M} - 0.03} \right)} = \left(\frac{0.045}{\frac{10}{M} - 0.045} \right) \cdot \left(\frac{\frac{10}{M} - 0.03}{0.03} \right)$$

$$1.5474 \cdot \left(\frac{10}{M} - 0.045 \right) = \frac{10}{M} - 0.03$$

$$1.5474 \cdot \frac{10}{M} - \frac{10}{M} = 1.5474 \cdot 0.045 - 0.03$$

$$\frac{10}{M} = \frac{0.03963}{0.5474} = 0.0724$$

$$M = 138.12 \text{ გ} \cdot \text{მოლი}^{-1}$$

$$\ln(I): 4.785 = pK_A - \log \left(\frac{0.03}{\frac{10}{139.23} - 0.03} \right)$$

$$pK_A = 4.64$$

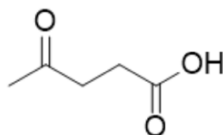
1.2. დაადგინეთ მჟავას მოლეკულური და სტრუქტურული ფორმულები. პასუხი დაასაბუთეთ გამოთვლებით და NMR სპექტრით.

$$M(\text{HA}) = M(\text{NaA}) - M(\text{Na}) + M(\text{H}) = 138.12 - 22.99 + 1.01 = 116.14 \text{ გ/მოლი}$$

$$M(\text{HA}) - M(\text{COOH}) = 71.12 \text{ გ/მოლი}$$

პირველი ვარიანტი C_5H_{11} , ვერ გაიზომება NMR-ზე (არ ეტევა NMR-ს)

მეორე ვარიანტი : C_4H_7O – 4-ოქსოპენტანმჟავა, შეესაბამება NMR მონაცემებს (CH_3-X , $X-CH_2-CH_2-X$)
სხვა იზომერები არ შეესაბამება NMR მონაცემებს (სპინის სისტემები, სიგნალების რაოდენობები...)



4-ოქსოპენტანმჟავა, მოლეკულური მასა : 116.12

ნაწილი 2. მეორე მჟავა

მალეინის მჟავა ((Z-ბუტ-2-ენდიმჟავა) ოთახის ტემპერატურაზე არის მყარი, ორფუძიანი მჟავა. ამ მჟავას დისოციაციის მუდმივების განსაზღვრის მიზნით ჩაატარეს ორი ექსპერიმენტი.

პირველი ექსპერიმენტი: 20.00 გ მჟავა გახსნეს წყალში და ხსნარი შეავსეს 1.000 ლ-მდე. მიღებული ხსნარი $pH = 1.408$.

1.3. გამოთვალეთ pK_{A1} .

მალეინის მჟავა $C_4H_4O_4$

$M = 116.08$ გ/მოლი

$pH = 1.408$

$[H_3O^+] = 10^{-1.408} = 0.03908$ მოლი/ლ $= [HMal^{-1}]$

$n = \frac{20g}{116.08g/მოლი} = 0.1723$ მოლი

$c = 0.1723$ მოლი/ლ

$[H_2Mal] = c - [HMal^{-1}] = 0.1723 - 0.03908 = 1.3321$ მოლი/ლ

$K_{A1} = \frac{[H_3O^+] \times [HMal^{-1}]}{[H_2Mal]} = (0.03908 \times 0.03908) / 1.3321 = 1.1467 \times 10^{-2}$

$pK_{A1} = -\log(1.1467 \times 10^{-2}) = 1.94$

მეორე ექსპერიმენტი: მომზადებულ ხსნარს დაამატეს 10.00 გ ნატრიუმის ჰიდროქსიდი. მიღებული ხსნარის $pH = 6.135$

1.4. გამოთვალეთ pK_{A2} .

$n_{NaOH} = \frac{10}{40} = 0.25$ მოლი

საფეხური 1:

დაასრულეთ რეაქცია: $H_2Mal + NaOH \rightleftharpoons HMal^{-1} + Na^+ + H_2O$

$n(H_2Mal) \approx 0$

$n(HMal^{-1}) = 0.1723$

$n(Mal^{2-}) \approx 0$

$n_{NaOH}^{პირველი საფეხურის შემდეგ} = 0.25 - 0.1723 = 0.0777$ მოლი

საფეხური 2:

ნაწილობრივი რეაქცია, სანამ მთლიანი NaOH დაიხარჯება :

$HMal^{-1} + NaOH \rightleftharpoons Mal^{2-} + H_2O$

$n(H_2Mal) \approx 0$

$n(HMal^{-1}) = 0.1723 - 0.0777 = 0.0946$ მოლი

$$n(\text{Mal}^{2-}) = 0.0777 \text{ მოლი}$$

$$n_{\text{NaOH}}^{\text{მეორე საფეხურის შემდეგ}} \approx 0$$

$$\text{pH} = \text{pK}_{a2} - \log([\text{HMal}^-]/[\text{Mal}^{2-}])$$

$$6.135 = \text{pK}_{a2} - \log(0.0946 / 0.0777)$$

$$\text{pK}_{a2} = 6.22$$

ნაწილი 3. მესამე მჟავა

უცნობი კონცენტრაციის განზავებული გოგირდმჟავას ხსნარის $\text{pH} = 1.00$.

1.5. გამოთვალეთ ამ ხსნარში თითოეული ფორმის მოლური კონცენტრაცია. $\text{pK}_{a1} = -3.00$; $\text{pK}_{a2} = 1.92$. ჩათვალეთ რომ გოგირდმჟავას დისოციაცია პირველ საფეხურზე სრულად მიმდინარეობს.

აღნიშვნები:

C - გოგირდმჟავის მთლიანი კონცენტრაცია; $s = [\text{H}_2\text{SO}_4]$; $h = [\text{HSO}_4^-]$; $a = [\text{SO}_4^{2-}]$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.100 \text{ მოლი/ლ}$$

დავუშვათ, რომ : $s \approx 0$

$$(I) \quad 0.1 = h + 2 \cdot a; (II) \quad 10^{-1.92} = (a \cdot 0.1) / h \Rightarrow h = a \cdot 10^{0.92}$$

$$(II) \text{ შევიტანოთ } (I) - \text{ში: } 0.1 = a \cdot 10^{0.92} + 2a = 10.318 \cdot a$$

$$a = [\text{SO}_4^{2-}] = 0.00969 \text{ მოლი/ლ}$$

$$(II) - \text{ში : } h = [\text{HSO}_4^-] = 0.0806 \text{ მოლი/ლ}$$

1.6. დაასაბუთეთ რომ დაშვება (პირველ საფეხურზე სრული დისოციაცია) სწორია და გამოთვალეთ გოგირდის შემცველი ნაწილაკების კონცენტრაციათა ჯამი.

$$10^3 = \frac{(h \cdot 0.1)}{s}$$

$$s = \frac{(0.0806 \cdot 0.1)}{10^3} = 8.06 \cdot 10^{-6}$$

დარჩენილი გოგირდმჟავას კონცენტრაცია 3 რიგით უფრო ნაკლებია დანარჩენ ორ ნაწილაკთა შედარებით, ამიტომ დაშვება $s \approx 0$ გამართლებულია.

$$c = a + h + s = 0.00969 + 0.0806 + 8.06 \cdot 10^{-6} = 0.0903 \text{ მოლი/ლ}$$

ამოცანა 2. თერმოდინამიკა

დავალება	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	სულ
ქულა	2	2	3	3	5	1	2	4	2	1	4	2	31

კალციუმის ქლორიდი მნიშვნელოვანი რეაგენტია წარმოებაში. გარდა ამისა გამოიყენება როგორც კარგი გამშრობი ნივთიერება, უწყლო CaCl_2 -ის ძლიერი ჰიგროსკოპულობის გამო. მისი მიღება შეიძლება კალციუმის კარბონატის მარილმჟავასთან ურთიერთქმედებით.



50 გ CaCO_3 -ის მარილმჟავასთან ურთიერთქმედებით გამოიყოფა 7.3 კჯ ენერგია. თავდაპირველად ხსნარიდან გამოიყოფა ჰექსაჰიდრატი, რომელსაც აშრობენ სტანდარტულ წნევაზე და 300°C -ზე უწყლო ფორმის მისაღებად. 1 მოლ კალციუმის ქლორიდისთვის საჭიროა 362 კჯ ენერგია.

ცხრილში ნაჩვენებია ენთალპიები:

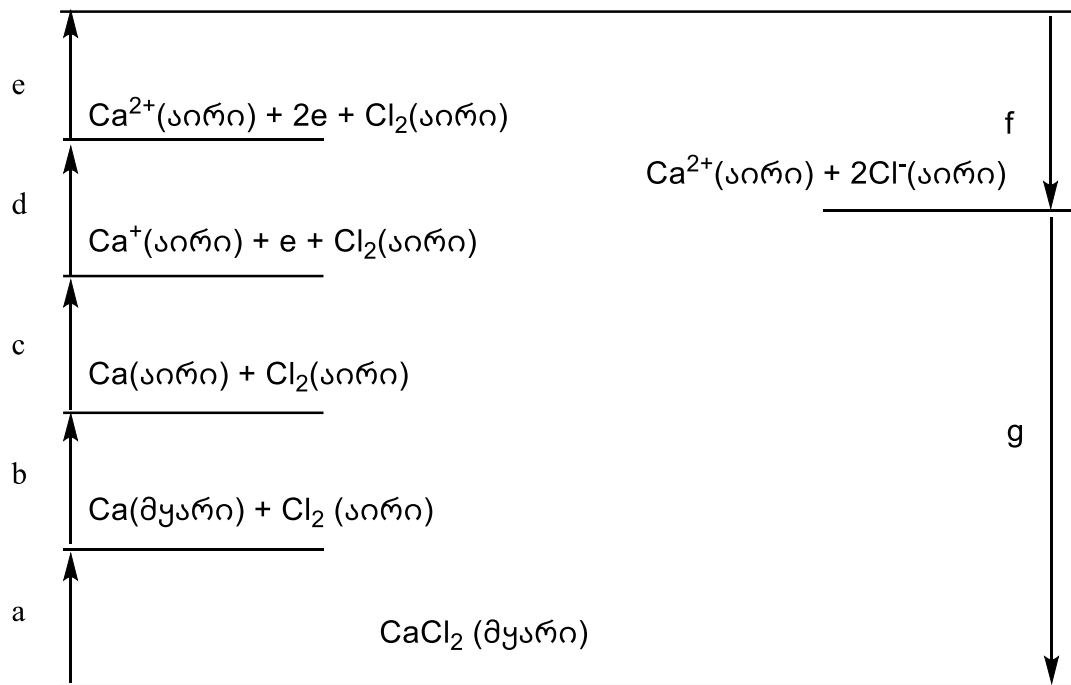
	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{მყ})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{თხ})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{ა})$	$\text{CO}_2(\text{ა})$	$\text{HCl}(\text{ა})$	$\text{HCl}(\text{წყ. ხს})$
$\Delta_f H^\circ / \text{კჯ/მოლი}$	- 2608	- 285.8	-241.8	-393.5	-92.31	-167.2

2.1. გამოთვალეთ კალციუმის ქლორიდის წარმოქმნის ენთალპია.

$$\Delta_R H = \Delta_f H(\text{CaCl}_2) + 6 \cdot \Delta_f H(\text{H}_2\text{O}(\text{ა})) - \Delta_f H(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$$

$$\Delta_f H(\text{CaCl}_2) = 362 - 6 \cdot (-241.8) + (-2608) = -795.2 \text{ კჯ/მოლი}$$

უწყლო კალციუმის ქლორიდის მიღება შესაძლებელია მარტივი ნივთიერებების ურთიერთქმედებით ქვემოთ მოცემული ბორნ-ჰაბერის ციკლის შესაბამისად:

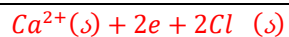
X

ქვემოთ ცხრილში მოცემული ინფორმაცია ენთალპიების შესახებ

		ΔH° , კჯ/მოლი
(1)	Ca-ის პირველი იონიზაციის ენერგია	590.0
(2)	Ca-ის მეორე იონიზაციის ენერგია	1145.0
(3)	Cl ₂ -ის ბმის დისოციაციის ენერგია	242.6
(4)	CaCl ₂ -ის კრისტალური მესრის ენერგია	?
(5)	CaCl ₂ -ის წარმოქმნის ენერგია	?
(6)	კალციუმის სუბლიმაციის ენერგია	177.8
(7)	Cl-ის ორმაგი ელექტრონისადმი სწრაფვა ($\Delta_{\text{Ea}}H$)	-698.0

თუ 2.1 კითხვაში ვერ მიიღეთ პასუხი, ამ გამოთვლებში გამოიყენეთ $\Delta_f H^\circ(\text{CaCl}_2) = -1000$ კჯ/მოლი.

2.2. დაწერეთ პროცესი (მუხტების და აგრეგატული მდგომარეობის მითითებით), რომელიც დიაგრამაზე X-ით არის მონიშნული.



2.3. ცხრილში მოცემული ნომრები (1)-დან (7)-მდე შეუსაბამეთ დიაგრამაზე მოცემულ სიმბოლოებს (a)-დან (g)-მდე.

$$a - (5); b - (6); c - (1); d - (2); e - (3); f - (7); g - (4).$$

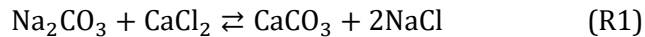
2.4. გამოთვალეთ კალციუმის ქლორიდის კრისტალური მესრის ენერგია, რომელიც ცხრილში აღნიშნულია (4)-ით.

$$a + b + c + d + e + f + g = 0$$

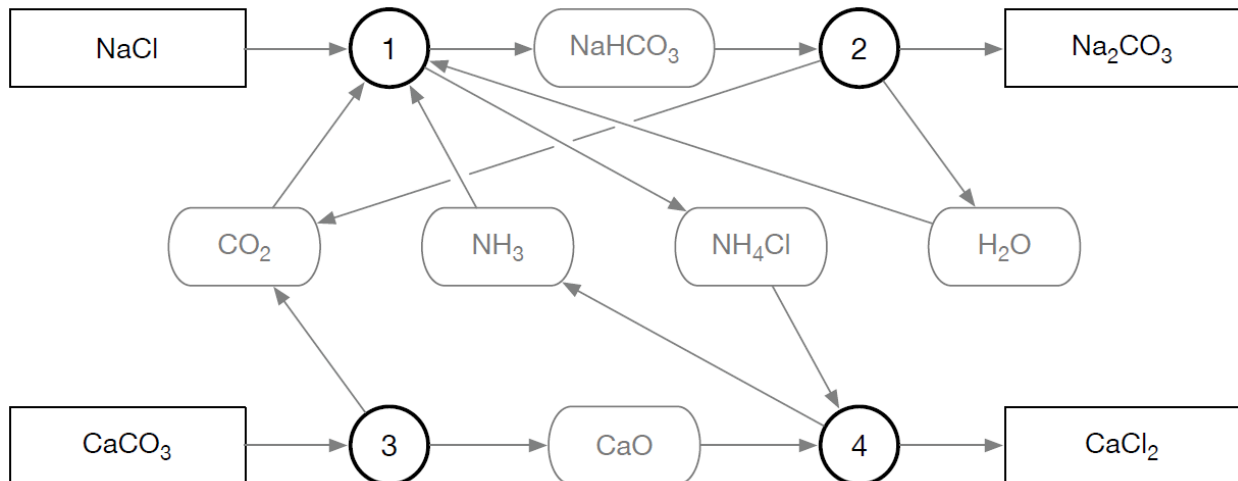
$$g = -a - b - c - d - e - f = -(5) - (6) - (1) - (2) - (3) - (7) = -795.2 - 177.8 - 590 - 1145 - 242.6 + 698.0 = -2252.6 \text{ კჯ/მოლი}$$

კალციუმის ქლორიდი არის სოლვეის მეთოდით სოდის წარმოების პროცესის მნიშვნელოვანი ნაწილი.

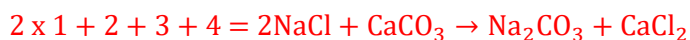
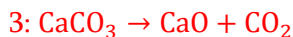
სოლვეის მეთოდით ნატრიუმის კარბონატის (სოდის) წარმოების პროცესში არის ნატრიუმის ქლორიდი და კალციუმის კარბონატი. წყალხსნარში ეს რეაქცია მიდის შებრუნებული მიმართულებით შემდეგნაირად:



ამ სიტუაციიდან გამოსავალი მოცემულია მრავალსაფეხურიანი პროცესის დანერგვით, რომელიც ნაჩვენებია შემდეგ სქემაში. იგი შექმნილია Earnest SOLVAY-ის მიერ. სქემაში წრეები წარმოადგენენ რეაქციებს, ნივთიერებები წარმოდგენილია მათი ფორმულებით კვადრატებში.



2.5. დაწერეთ სქემაში ციფრებით აღნიშნული რეაქციის ტოლობები და დაწერეთ საბოლოო შეჯამებული სოლვეის პროცესის რეაქციის ტოლობა, რომელიც შეესაბამება R1 რეაქციის შებრუნებულ რეაქციას.

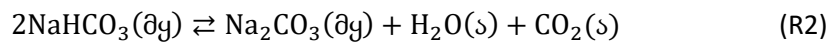


2.6. სქემაში გამოტოვებულია ერთი ისარი. დაწერეთ საიდან სად უნდა იყოს მიმართული ეს ისარი.

მე-4 რეაქტიიდან H_2O -სკენ

	$\Delta_f H^\circ$ /კჯ/მოლი	$\Delta_f G^\circ$ /კჯ/მოლი	S° /ჯ/მოლი·K	C_p /ჯ/მოლი·K
$H_2(ა)$	0.0		130.7	28.80
$H_2O(ა)$	-241.8	(A)	188.8	33.60
$O_2(ა)$	0.0		205.2	29.40
$CHNaO_3(მყ)$	-950.8	(B)	101.7	87.60
$CNa_2O_3(მყ)$	-1131.0	-1045	138.9	112.30
$CO_2(ა)$	-393.5	-394.4	213.8	37.10

წარმოების პროცესში მნიშვნელოვანი ეტაპია ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის დაშლა:



298 K-ზე (R2) რეაქციის წონასწორობის მუდმივა $K_p = 1.016 \cdot 10^{-6}$

2.7. გამოთვალეთ $\Delta_R G_{298}^\circ$

$$\Delta_R G^\circ = -RT \ln K = (-8.3145 \text{ ჯ/კ·მოლი})(298K) \ln 1.016 \cdot 10^{-6} = 34.19 \text{ კჯ/მოლი}$$

2.8. გამოთვალეთ ცხრილში გამოტოვებული (A) და (B) -თი აღნიშნული მნიშვნელობები.

$$\Delta_f G^\circ(H_2O(ა)) = \Delta_f H^\circ - T \Delta_f S^\circ = -241.8 - 0.298 \left(188.8 - 130.7 - \frac{1}{2} \cdot 205.2 \right) = -228.5 \text{ კჯ/მოლი}$$

$$\Delta_f G^\circ(NaHCO_3(მყ)) = \frac{1}{2}(-1045 - 228.5 - 394.4 - 34.19) = -851.0 \text{ კჯ/მოლი}$$

წარმოების პროცესში რეაქციის მიდის 180 °C-ზე (453 K). ამ ტემპერატურაზე წყლის ნაჯერი ორთქლის წნევა უკვე არის 1001.9 კპა, რაც ნიშნავს რომ კონდენსაცია იწყება როგორც კი წყლის პარციალური წნევა გადაჭარბებს ამ წნევას.

2.9. გამოთვალეთ K_p 453 K-ზე. ჩათვალეთ რომ $\Delta_R H^\circ$ მუდმივია

$$\Delta_R H_{298}^\circ = -1131 - 393.5 - 241.8 + 2 \cdot 950.8 = 135.3 \text{ კჯ/მოლი}$$

$$\ln K_{453} = \ln K_{298} - \frac{\Delta_R H^\circ}{R} \left(\frac{1}{453} - \frac{1}{298} \right) = 4.885$$

$$K_{p453} = 132$$

- 2.10. გამოთვალეთ წონასწორული პარციალური წნევა p_{CO_2} , ამ ტემპერატურაზე მშრალი სარეაქციო ნარევის თავზე, ანუ როცა წყლის ორთქლი მიაღწევს მის ნაჯერ წნევას.

$$p_{CO_2} = \frac{k_p}{p_{H_2O}} = \frac{132.0}{10.019} = 13.2 \text{ ბარი}$$

წარმოიდგინეთ რომ სოლვეის პროცესი მიმდინარეობს პლანეტა ვენერაზე, სადაც სრულიად განსხვავებული პირობებია. ვენერას ატმოსფერო შეიცავს მხოლოდ 20 ppm H_2O -ს, მაგრამ მოცულობის მიხედვით ნახშირორჟანგი არის 96.5%, და მთლიანი წნევა არის $p(\text{არი}) = 92$ ბარი. საშუალო ტემპერატურა არის 737 K.

- 2.11. გამოთვალეთ R2 რეაქციის $\Delta_R H^\circ$ და $\Delta_R S^\circ$ პლანეტა ვენერაზე, ჩათვალეთ რომ C_p არ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე.

$$\Delta_R S_{298} = 138.9 + 188.8 + 213.8 - 2 \cdot 101.7 = 338.1 \text{ ჯ/მოლი}\cdot\text{K}$$

$$\Delta_R C_p = 112.3 + 37.10 + 33.60 - 2 \cdot 87.60 = 7.8 \text{ ჯ/მოლი}\cdot\text{K}$$

$$\Delta_R H_{737} = \Delta_R H_{298} + \Delta_R C_p (737 - 298) = 135.3 + 0.0078 \cdot 439 = 138.7 \text{ კჯ/მოლი}$$

$$\Delta_R S_{737} = \Delta_R S_{298} + \Delta_R C_p \ln \frac{737}{298} = 338.1 + 7.8 \cdot 0.905 = 345.2 \text{ ჯ/მოლი}\cdot\text{K}$$

- 2.12. გამოთვლებით დაადგინეთ დაიშლება თუ არა ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი სპონტანურად პლანეტა ვენერაზე R2 რეაქციის მიხედვით.

$$\Delta_R G^\circ = 138700 - 737 \cdot 345.2 = -115700 \text{ ჯ/მოლი}$$

$$K_p = e^{-\frac{\Delta_R G^\circ}{RT}} = 1.59 \cdot 10^8$$

ვენერას ატმოსფეროს პარციალური წნევა:

$$p_{CO_2} = 92 \cdot 0.965 = 88.78 \text{ ბარი}$$

$$p_{H_2O} = 92 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 0.00184 \text{ ბარი}$$

$$Q = p_{CO_2} \cdot p_{H_2O} = 0.163 \ll K_p$$

იშლება სპონტანურად

ამოცანა 3. ჰალოგენნაერთების კინეტიკა

დავალება	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	სულ
ქულა	0.5	1	3	3	2.5	9	19

მოცემული ამოცანები ეხება სხვადასხვა ჰალოგენნაერთებს.

ა. სულფურილქლორიდი

სულფურილქლორიდი არის უფერო, მაღალი სიმკვრივის მქონე ნივთიერება, რომელიც იშლება ტენიან გარემოში. მას იყენებენ საწყის რეაგენტად არომატული სულფონმჟავას ქლორიდების მისაღებად.

გარკვეულ ტემპერატურაზე, SO_2Cl_2 იშლება, რეაქცია პირველი რიგისაა და $k = 2.81 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$.

3.1. დაადგინეთ რეაქციის ნახევარდაშლის პერიოდი

$$\tau = \frac{\ln 2}{k} = 246,67 \text{ min}$$

0.5 ქულა

3.2. დაადგინეთ დროის პერიოდი, რომლის შემდეგაც SO_2Cl_2 -ის კონცენტრაცია საწყისი მნიშვნელობის 10%-ს შეადგენს.

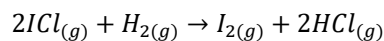
$$0,1 = e^{-2.81 \cdot 10^{-3} \cdot t}$$

$$t = \frac{\ln 0,1}{-0,00281} = 819,42 \text{ min}$$

1 ქულა

ბ. ქლორწყალბადი

მოცემული რეაქციის



შესწავლით მიღებულ იქნა შემდეგი მონაცემები:

ექსპერიმენტი	$[ICl]_0/(mmol\ dm^{-3})$	$[H_2]_0/(mmol\ dm^{-3})$	$v_0/(mmol\ dm^{-3}\ s^{-1})$
1	1.5	1.5	3.7×10^{-7}
2	3.0	1.5	7.4×10^{-7}
3	3.0	4.5	22×10^{-7}
4	4.7	2.7	?

3.3. დაადგინეთ რეაქციის რიგი ICl -ისა და H_2 -ის მიმართ და დაწერეთ რეაქციის სიჩქარის კინეტიკური განტოლება.

$$v = k \cdot [ICl] \cdot [H_2]$$

3 ქულა

3.4. გამოიყენეთ რეაქციის სიჩქარის მუდმივა სწორი ერთეულის მითითებით და გამოთვალეთ რეაქციის საწყისი სიჩქარე მე-4 ექსპერიმენტისთვის.

$$\begin{aligned}
 k_1 &= 1,64 \cdot 10^{-4} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} & k_2 &= 1,64 \cdot 10^{-4} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\
 k_3 &= 1,63 \cdot 10^{-4} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\
 k &= 1,6395 \cdot 10^{-4} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\
 v &= 1,6395 \cdot 10^{-4} \cdot 4,7 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 \cdot 10^{-3} = 2,0805 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}
 \end{aligned}$$

3 ქულა

გ. ფენილდიაზონიუმის ქლორიდი

ფენილდიაზონიუმის ქლორიდი ძლიერი, არამდგრადი ელექტროფილია. მისი წყალთან ურთიერთქმედებისას გამოიყოფა აზოტი და წარმოიქმნება ფენოლი. რეაქციის აქტივაციის ენერგიაა 99.1 კჯ/მოლი

3.5. გამოთვალეთ ტემპერატურა, რომელზეც რეაქციის სიჩქარე 10% ით მეტია რეაქციის სიჩქარეზე 25°C-ზე.

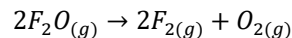
$$\ln \frac{k(T_1)}{k(T_2)} = -\frac{E_A}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\ln \frac{k}{k \cdot 1,1} = -\frac{99100}{8,314} \cdot \left(\frac{1}{298,15} - \frac{1}{T_2} \right) \rightarrow T_2 = 298,86 \text{ K}$$

2.5 ქულა

დ. ჟანგბადის დიფუზორიდი

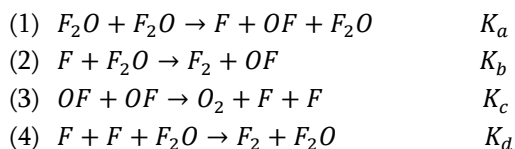
ჟანგბადის დიფუზორიდი არის უფერო აირი და ერთ-ერთი ძლიერი მჟანგავი. ის ქსენონთანაც კი შედის რეაქციაში. მისი თერმული დაშლით მიიღება ფტორი და ჟანგბადი:



რეაქციის სიჩქარე დადგენილია ექსპერიმენტულად:

$$-\frac{d[F_2O]}{dt} = K_R[F_2O]^2 + K'_R[F_2O]^{3/2}$$

მეცნიერების გზარნოვსკისა (J. Czarnowski) და შუმახერის (H. J. Schumacher) მიერ მოწოდებულ იქნა რეაქციის შემდეგი მექანიზმი:



გაითვალისწინეთ:

პირველ რეაქციაში უცნობი აირი X შეიძლება ასევე მონაწილეობდეს შეჯახებებში. თუმცა აქ განიხილება ის პროცესი, როდესაც მხოლოდ F_2O მონაწილეობს.

3.6. სტაბილური (steady- state model) მდგომარეობის მოდელის გამოყენებით, აჩვენეთ, რომ ეს მექანიზმი შეესაბამება ექსპერიმენტულად განსაზღვრულ რეაქციის სიჩქარეს.

გამოსახეთ ემპირიული მუდმივები k_R და k'_R $k_a, \dots, k_d$ საშუალებით.

$$\frac{d[OF]}{dt} = k_a \cdot [F_2O]^2 + k_b \cdot [F][F_2O] - 2 \cdot k_c \cdot [OF]^2 = 0$$

$$\frac{d[F]}{dt} = k_a \cdot [F_2O]^2 - k_b \cdot [F][F_2O] + 2 \cdot k_c \cdot [OF]^2 - 2 \cdot k_d \cdot [F]^2[F_2O] = 0$$

Combination of this terms lead to:

$$k_a \cdot [F_2O]^2 + k_a[F_2O]^2 - 2 \cdot k_d \cdot [F]^2[F_2O] = 0$$

This leads to:

$$[F] = \sqrt{\frac{k_a}{k_d}} [F_2O]$$

Inserting into

$$-\frac{d[F_2O]}{dt} = k_a[F_2O]^2 + k_b[F][F_2O]$$

gives

$$-\frac{d[F_2O]}{dt} = k_a[F_2O]^2 + k_b \sqrt{\frac{k_a}{k_d}} [F_2O] \cdot [F_2O]$$

and thus

$$-\frac{d[F_2O]}{dt} = k_a[F_2O]^2 + k_b \cdot k_a^{\frac{1}{2}} \cdot k_d^{-\frac{1}{2}} \cdot [F_2O]^{\frac{3}{2}}$$

$$k_R = k_a$$

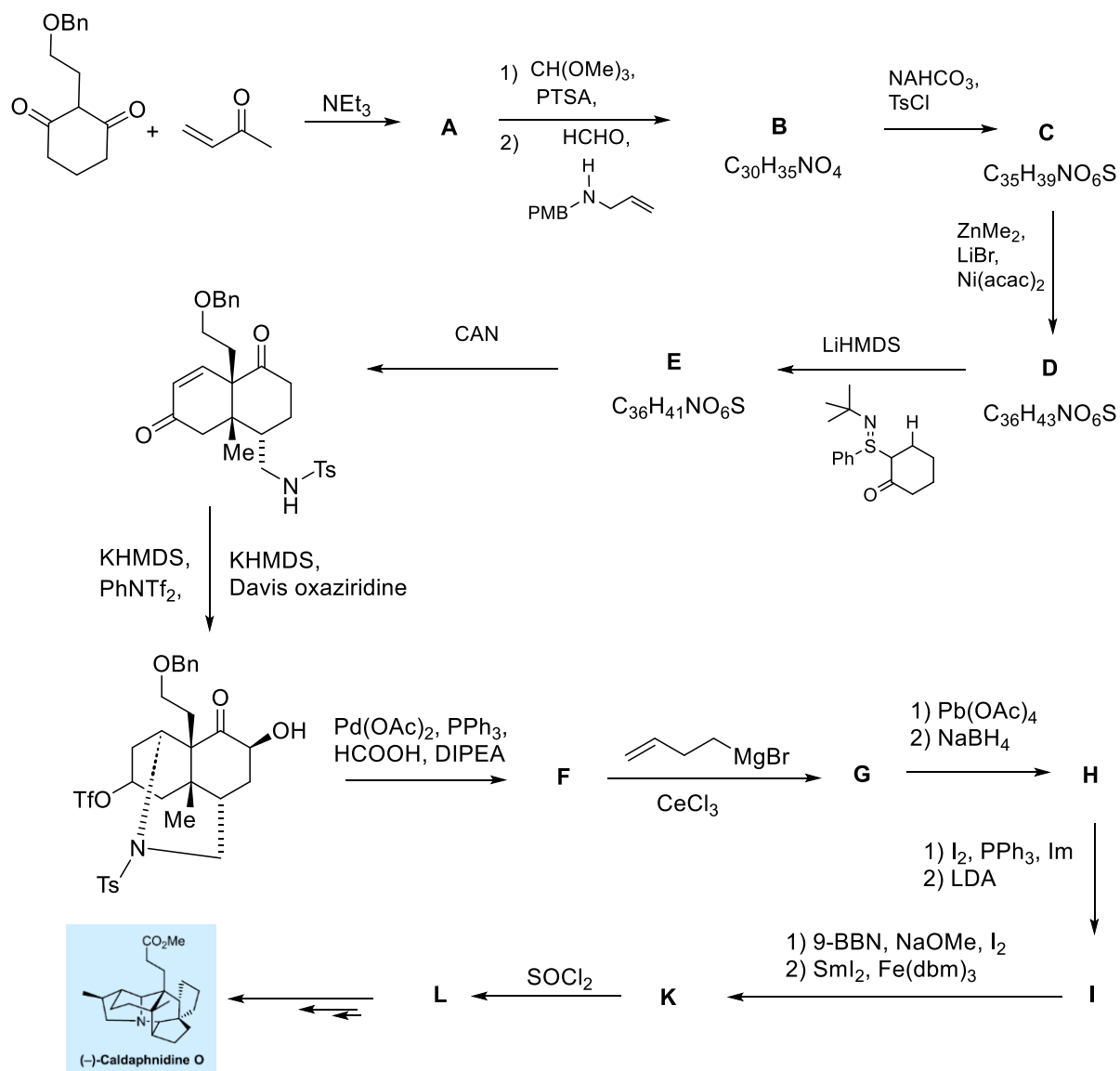
$$k'_R = k_b \cdot \left(\frac{k_a}{k_d}\right)^{\frac{1}{2}}$$

9 ქულა

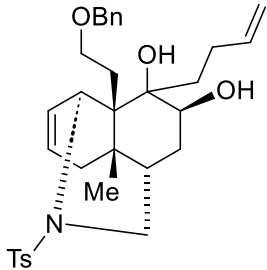
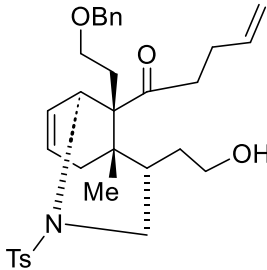
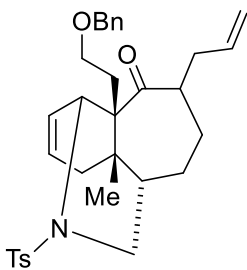
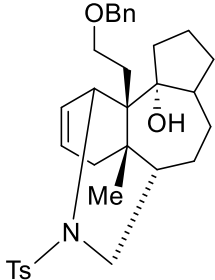
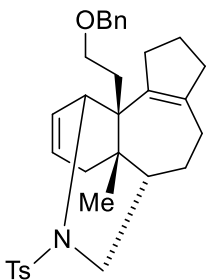
ამოცანა 4. დალფოლდჰამინი B

დავალება	4.1	სულ
ქულა	44	44

Daphniphyllum-ის გვარი მოიცავს მარადმწვანე ხეებს და ბუჩქებს, რომლებიც გავრცელებულია აზია-წყნარი ოკეანის რეგიონში. ისინი დიდი ხანია გამოიყენება ტრადიციულ ჩინურ მედიცინაში. დაფნიფილუმალკალიდებს დღემდე იღებენ *Daphniphyllum*-ის გვარის მცენარეებიდან და მიეკუთვნებიან სტრუქტურულად საინტერესო და მრავალფეროვან ბუნებრივ ნაერთებს. ქიმიური სტრუქტურის თვალსაზრისით სტრუქტურული ჩონჩხის საფუძველზე ეს ალკალიდები შეიძლება დაიყოს ათზე მეტ ქვეჯგუფად. მოცემული ამოცანა ეხება ერთ-ერთი მათგანის დალფოლდჰამინი B-ს სტერეოსელექციურ სინთეზს.



სადაც:

 G	 H	 I
 K	 L	

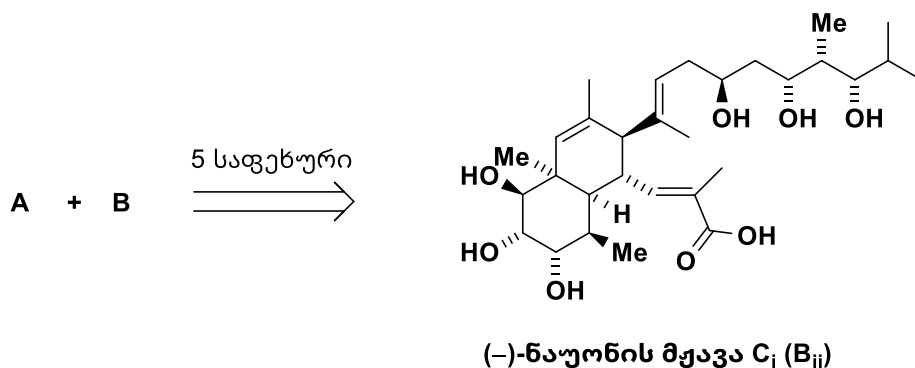
ამოცანა 5. ნაუონის მჟავა

დავალება	5.1	5.2	სულ
ქულა	28	40	68

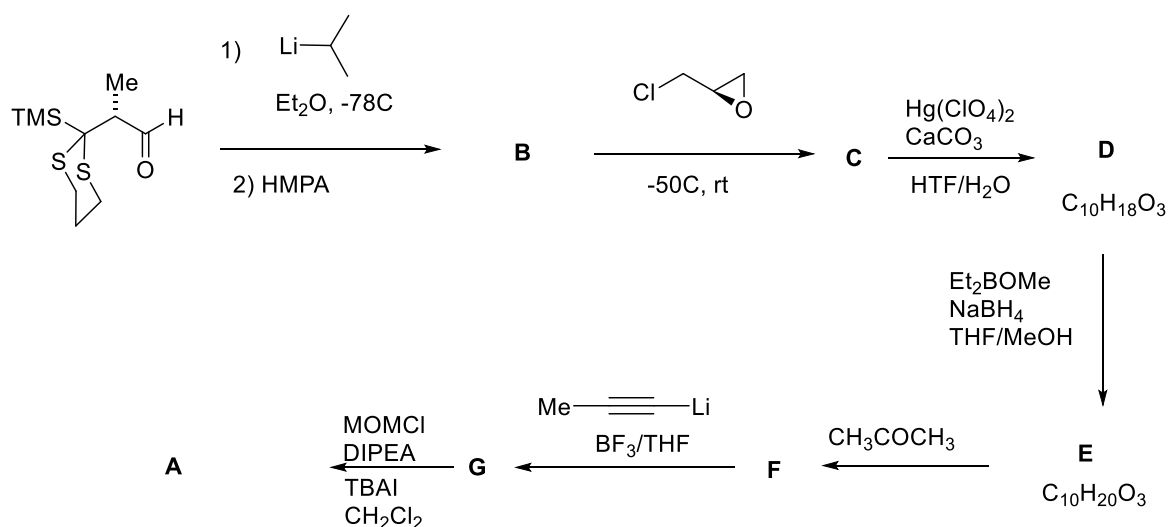
ლიზინ მეთილტრანსფერაზა SETD8 ერთადერთი ცნობილი მეთილტრანსფერაზაა, რომელიც აკატალიზებს ჰისტონ H4 ლიზინ 20 (H4K20) მონომეთილაციას. H4K20-ის მონომეთილირება ჩართული იყო სხვადასხვა ბიოლოგიური პროცესების რეგულირებაში, მათ შორის დნმ-ის დაზიანების რეაქციაში. H4K20-ის გარდა, SETD8 იწვევს არაჰისტონის სუბსტრატების, მათ შორის გამრავლებული უჯრედის ბირთვული ანტიგენის (PCNA), მონომეთილირებას, და ხელს უწყობს კანცეროგენეზს PCNA ექსპრესიის დერეგულირებით.

SETD8-ის ერთადერთი ცნობილი სელექციური ინჰიბიტორი დღემდე არის ნაუონის მჟავა A, ზღვის ბუნებრივი პროდუქტი, რომელიც კონკურენტუნარიანია კოფაქტორთან. მისი სინთეზი პირველად 2013 წელს განახორციელა ანდერსონმა და თანამშრომლებთან ერთად.

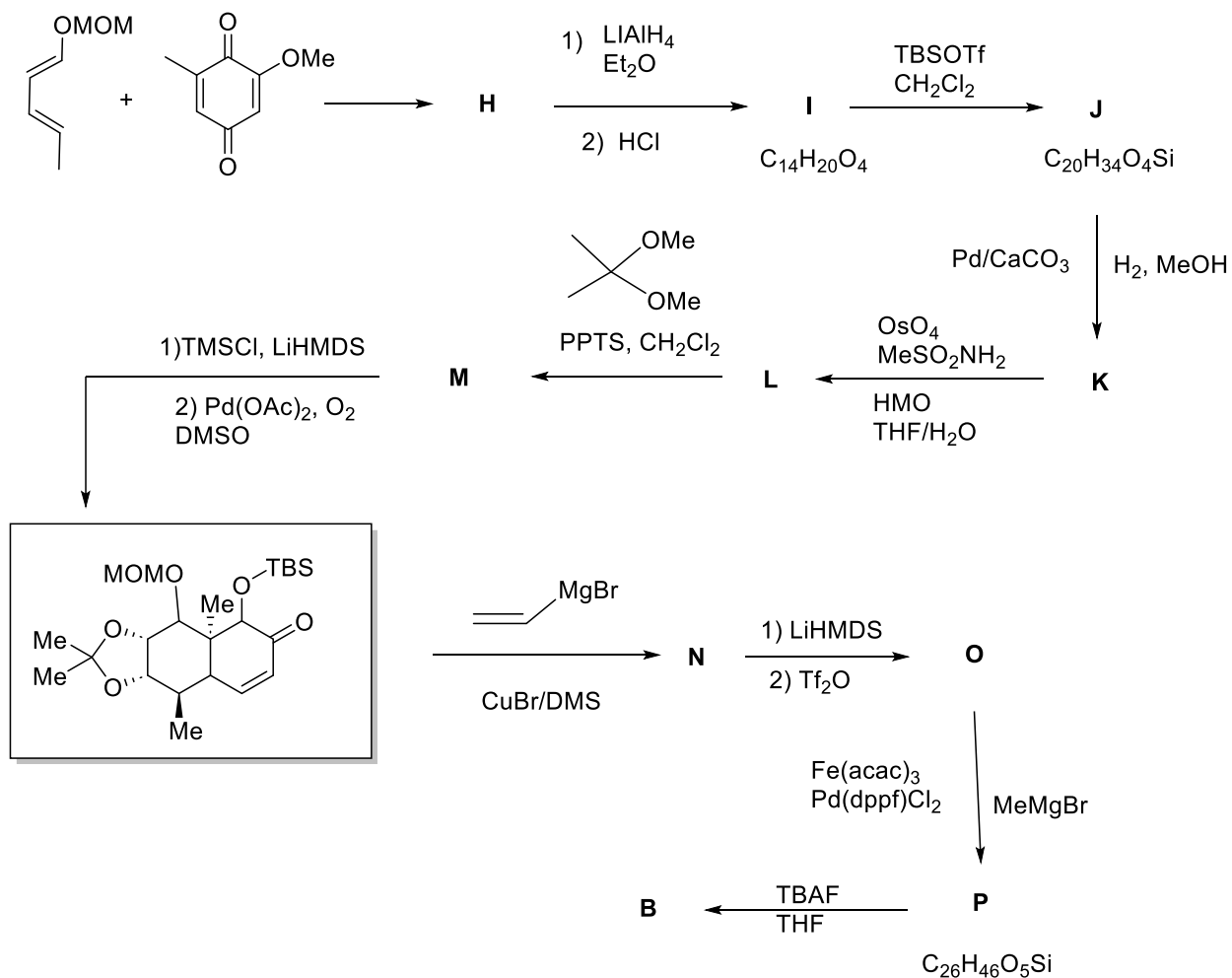
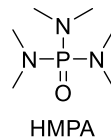
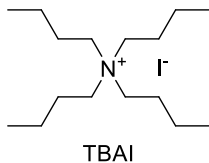
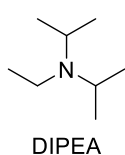
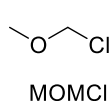
ბუნებრივი წყაროებიდან გამოყოფილი პროდუქტის რეტროგრადული ანალიზით დადგინდა, რომ მისი სინთეზი შესაძლებელი იყო ორი საკვანძო ნაერთის გამოყენებით.



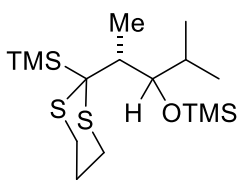
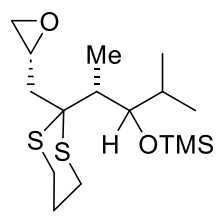
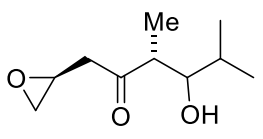
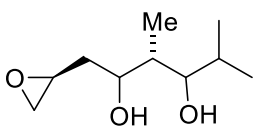
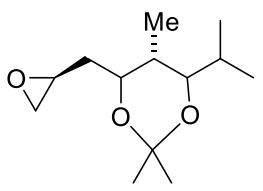
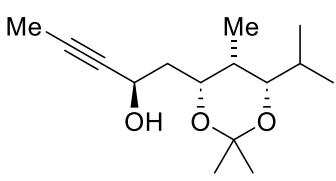
ქვემოთ მოცემულ სქემებზე ნაჩვენებია ამ საკვანძო ნაერთების სინთეზი.

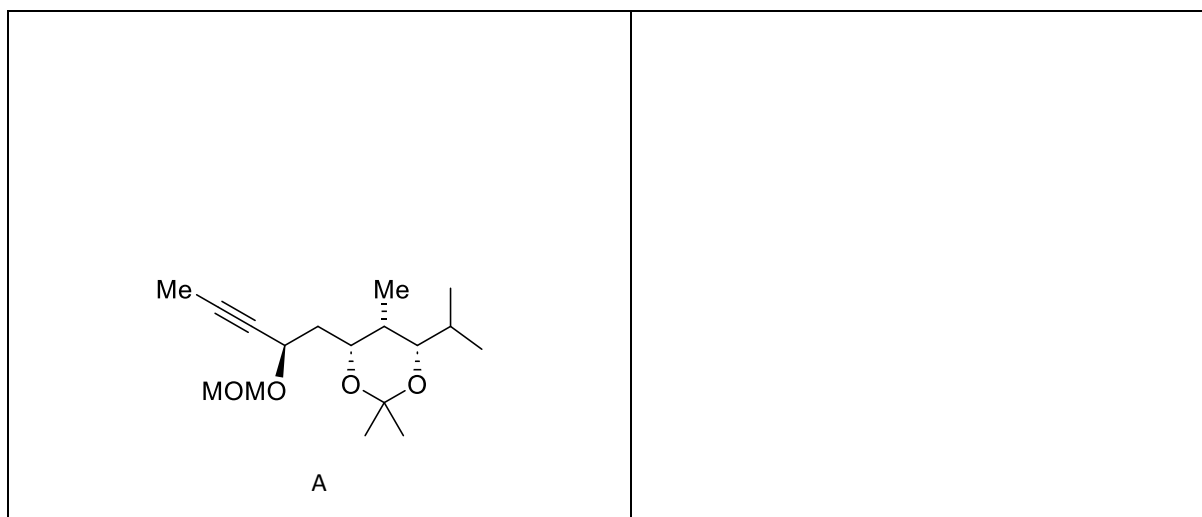


სადაც

TBSOTf = CF₃SO₃Si(CH₃)₂C(CH₃)₃TMSCl = (CH₃)₃SiClLiHMDS = LiN(Si(CH₃)₃)₂PPTS = C₆H₅N⁺·C₇H₇SO₃⁻Fe(acac)₃ = Iron(III) acetylacetonatePd(dppf)Cl₂ = Palladium(II) dichloride complex with 1,1'-Bis(diphenylphosphino)ferrocene

5.1. დაწერეთ **B-G** ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები

 Chemical structure B: A bicyclic sulfide (bicyclo[2.2.1]heptane-2,3-dithiane) with a TMS group at C1, a methyl group at C2, and an OTMS group at C3.	 Chemical structure C: A bicyclic sulfide (bicyclo[2.2.1]heptane-2,3-dithiane) with an epoxide ring at C1-C2, a methyl group at C2, and an OTMS group at C3.
 Chemical structure D: A linear molecule with an epoxide ring at C1-C2, a methyl group at C3, and a hydroxyl group at C4.	 Chemical structure E: A linear molecule with an epoxide ring at C1-C2, a methyl group at C3, and two hydroxyl groups at C4 and C5.
 Chemical structure F: A linear molecule with an epoxide ring at C1-C2, a methyl group at C3, and a cyclic acetal at C4-C5.	 Chemical structure G: A linear molecule with an alkyne at C1, a methyl group at C2, a hydroxyl group at C3, and a cyclic acetal at C4-C5.



5.2. დაწერეთ **H-O** ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები

