

მაგიდის #: \_\_\_\_\_



საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების  
სამინისტრო

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

I ტური

ამოცანები



ამოცანის ავტორები და შემდგენლები:

ელიზბარ ელიზბარაშვილი  
თინათინ ბუთხუზი  
სოფიკო ფაცაცია  
ვახტანგ კურცხალია

2 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	<b>H</b> წყალბადი 1.008																	<b>He</b> ჰელიუმი 4.003
2	<b>Li</b> ლითიუმი 6.94	<b>Be</b> ბერილიუმი 9.01											<b>B</b> ბორი 10.81	<b>C</b> ნახშირბადი 12.01	<b>N</b> აზოტი 14.00	<b>O</b> ოქსიგენი 15.99	<b>F</b> ფთორი 19.00	<b>Ne</b> ნეონი 20.18
3	<b>Na</b> ნატრიუმი 22.99	<b>Mg</b> მაგნიუმი 24.30											<b>Al</b> ალუმინი 26.98	<b>Si</b> სილიციუმი 28.08	<b>P</b> ფოსფორი 30.97	<b>S</b> ზოლი 32.06	<b>Cl</b> კვლერი 35.45	<b>Ar</b> არგონი 39.95
4	<b>K</b> კალიუმი 39.10	<b>Ca</b> კალციუმი 40.08	<b>Sc</b> სკანდიუმი 44.96	<b>Ti</b> ტიტანი 47.87	<b>V</b> ვანადიუმი 50.94	<b>Cr</b> კრომი 52.00	<b>Mn</b> მანგანუმი 54.94	<b>Fe</b> რკინა 55.85	<b>Co</b> კობალტი 58.93	<b>Ni</b> ნიკელი 58.69	<b>Cu</b> საილუმი 63.55	<b>Zn</b> ცინკი 65.38	<b>Ga</b> გალიუმი 69.72	<b>Ge</b> გერმანიუმი 72.63	<b>As</b> არსენი 74.92	<b>Se</b> სელენი 78.97	<b>Br</b> ბრომი 79.90	<b>Kr</b> კრიპტონი 83.80
5	<b>Rb</b> რუბიდიუმი 85.48	<b>Sr</b> სტრონციუმი 87.62	<b>Y</b> იტრიუმი 88.91	<b>Zr</b> ზირკონიუმი 91.22	<b>Nb</b> ნიობიუმი 92.91	<b>Mo</b> მოლიბდენი 95.95	<b>Tc</b> ტექნიციუმი 97.91	<b>Ru</b> რუთენიუმი 101.07	<b>Rh</b> როდუმი 102.91	<b>Pd</b> პალადიუმი 106.42	<b>Ag</b> ვერცხვი 107.87	<b>Cd</b> კადმიუმი 112.41	<b>In</b> ინდიუმი 114.82	<b>Sn</b> კასპი 118.71	<b>Sb</b> ანტიმონი 121.76	<b>Te</b> ტელური 127.60	<b>I</b> იოდი 126.90	<b>Xe</b> ქსენონი 131.29
6	<b>Cs</b> ცეზიუმი 132.91	<b>Ba</b> ბარიუმი 137.33	<b>La-Lu</b> ლანთანოიდები	<b>Hf</b> ჰაფნიუმი 178.49	<b>Ta</b> ტანტალი 180.95	<b>W</b> ვოლფრამი 183.84	<b>Rn</b> რადონი 186.21	<b>Os</b> ოსმიუმი 190.23	<b>Ir</b> ირიდიუმი 192.22	<b>Pt</b> პლატინა 195.08	<b>Au</b> ვერცხვი 196.97	<b>Hg</b> მერკური 200.59	<b>Tl</b> თალიუმი 204.38	<b>Pb</b> ბიზმუტი 207.2	<b>Bi</b> ბისმუტი 208.98	<b>Po</b> პოლონიუმი 209	<b>At</b> ასტატი 209.99	<b>Rn</b> რადონი 222.02
7	<b>Fr</b> ფრანსიუმი 223.02	<b>Ra</b> რადიუმი 226.03	<b>Ac-Lr</b> აქტინოიდები	<b>Rf</b> რეფენიუმი 267.12	<b>Db</b> დუბნიუმი 270.13	<b>Sg</b> სიგმა-გუგენი 269.13	<b>Bh</b> ბორელიუმი 270.13	<b>Hs</b> ჰასიუმი 269.13	<b>Mt</b> მითერიუმი 278.16	<b>Ds</b> დუბნიუმი 281.17	<b>Rg</b> რეგენიუმი 281.17	<b>Cn</b> კუნდინიუმი 285.18	<b>Nh</b> ნიჰონიუმი 286.18	<b>Fl</b> ფლუორინი 289.19	<b>Mc</b> მოსკოვიუმი 289.20	<b>Lv</b> ლუვივიუმი 293.20	<b>Ts</b> ტანსინი 293.21	<b>Og</b> ოგანესონი 294.21
			<b>La</b> ლანთანი 138.91	<b>Ce</b> ცერანი 140.12	<b>Pr</b> პრომიტიუმი 140.91	<b>Nd</b> ნეოდმიუმი 144.24	<b>Pm</b> პრომიტიუმი 144.91	<b>Sm</b> სამარიუმი 150.36	<b>Eu</b> ევროპიუმი 151.96	<b>Gd</b> გადოლინიუმი 157.25	<b>Tb</b> თერბიუმი 158.93	<b>Dy</b> დისპროსიუმი 162.50	<b>Ho</b> ჰოლიმიუმი 164.93	<b>Er</b> ერბიუმი 167.26	<b>Tm</b> თულმიუმი 168.93	<b>Yb</b> იბერიუმი 173.05	<b>Lu</b> ლუთეციუმი 175.0	
			<b>Ac</b> აქტინიუმი 227.03	<b>Th</b> თორიუმი 232.04	<b>Pa</b> პროტაქტინიუმი 231.04	<b>U</b> ურანი 238.03	<b>Np</b> ნეპტუნიუმი 237.05	<b>Pu</b> პლუტონიუმი 244.06	<b>Am</b> ამერიციუმი 243.06	<b>Cm</b> კურციუმი 247.07	<b>Bk</b> ბერკლიუმი 247.07	<b>Cf</b> კალეფორნიუმი 251.08	<b>Es</b> აინსტაინიუმი 252.08	<b>Fm</b> ფერმიუმი 257.10	<b>Md</b> მედიტინიუმი 258.10	<b>No</b> ნობელიუმი 259.10	<b>Lr</b> ლორენსიუმი 262	

ატომური ნომერი  
**სიმბოლო**  
დასახელება  
დადანილი ატომური მასა

**H** ბაზი  
**Li** მყარი  
**Br** სითხე

არამეტალები  
მეტალო-ნიღები  
არამეტალები  
კალკონენები  
კათილზომილი ბაზები

მეტალები  
ტუტე მებტალები  
ტუტე მებტალები  
ლანთანოიდები  
აქტინოიდები  
ბარდავკალი მებტალები  
პოსტ-ბარდავკალი მებტალები



[WWW.CHEMISTRY.GE](http://WWW.CHEMISTRY.GE)  
[WWW.CHEMCLUB.EDU.GE](http://WWW.CHEMCLUB.EDU.GE)



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



კონცენტრირებული გოგირდმჟავა არის 98%-იანი ხსნარი. სუფთა, უწყლო გოგირდმჟავა შეიცავს არა მხოლოდ  $H_2SO_4$ -ის მოლეკულებს, არამედ წონასწორობის მომენტში, ხსნარში არის ნაწილაკები  $HSO_4^-, HS_2O_7^-, H_2S_2O_7, H_3O^+$  და  $H_3SO_4^+$ .

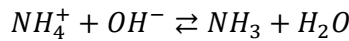
1.3. 1 კგ 98%-იანი  $H_2SO_4$ -ის ხსნარი შეიცავს 8.0 მმოლ  $H_3O^+$  იონებს და 4.4 მმოლ  $HS_2O_7^-$  იონებს. განსაზღვრე რომელი ნაწილაკების ( $HSO_4^-, H_2S_2O_7, H_3SO_4^+$ ) კონცენტრაციებია 14.9, 11.3 და 3.6 მმოლი-ის ტოლი.

$HSO_4^- - 14.9$	$H_3SO_4^+ - 11.3$	$H_2S_2O_7 - 3.6$
<b>2 ქულა</b>		

**ნაწილი 2. დისტილაციის ეტაპი**

დამუშავების ეტაპზე მიღებული ხსნარს, რომელიც შეიცავს ამონიუმის სულფატს, ემატება ქარბად ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი.

ამ დროს მიმდინარე რეაქციის იონური ტოლობაა



1.4. გამოთვალეთ ამ პროცესის წონასწორობის მუდმივა, თუ ცნობილია რომ 0.50 M ამონიუმის სულფატის ხსნარის pH = 4.63.

$c(NH_4^+) = 1,0 \text{ mol/l. pH}=4.63, \text{ so } c(H_3O^+) = 10^{-4.63} = 2.344 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$   
 $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$

$$K_a = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]} = \frac{[H_3O^+]^2}{[NH_4^+]} = \frac{(2.344 \times 10^{-5})^2}{1} = 5.5 \times 10^{-10}$$

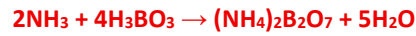
$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-, K_b = \frac{1 \times 10^{-14}}{K_a} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_3 + H_2O, K = \frac{1}{K_b} = \frac{1}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.5 \times 10^4$$

**3 ქულა**

გამოყოფილი ამიაკი რეაგირებს ქარბ ბორის მჟავასთან ტეტრაბორატის წარმოქმნით.

## 1.5. დაწერეთ ამ დროს მიმდინარე რეაქციის ტოლობა



1 ქულა

რეაქციის დასრულების შემდეგ ხსნარი იტიტრება ძლიერი მჟავით (მაგ., HCl).

## 1.6. დაწერეთ ამ დროს მიმდინარე რეაქციის ტოლობა



1 ქულა

რძის ნიმუშში აზოტის შემცველობის განსაზღვრის მიზნით გამოიყენეს ზემოთ აღწერილი მეთოდი. 2.00 გ რძის ნიმუშში დაამუშავეს და საბოლოოდ მიღებული ხსნარის გატიტრებაზე დაიხარჯა 7.15 მლ 0.100 M HCl-ის ხსნარი.

## 1.7. გამოთვალეთ აზოტის მასური წილი (ω(N) %) რძის საწყის ნიმუშში.

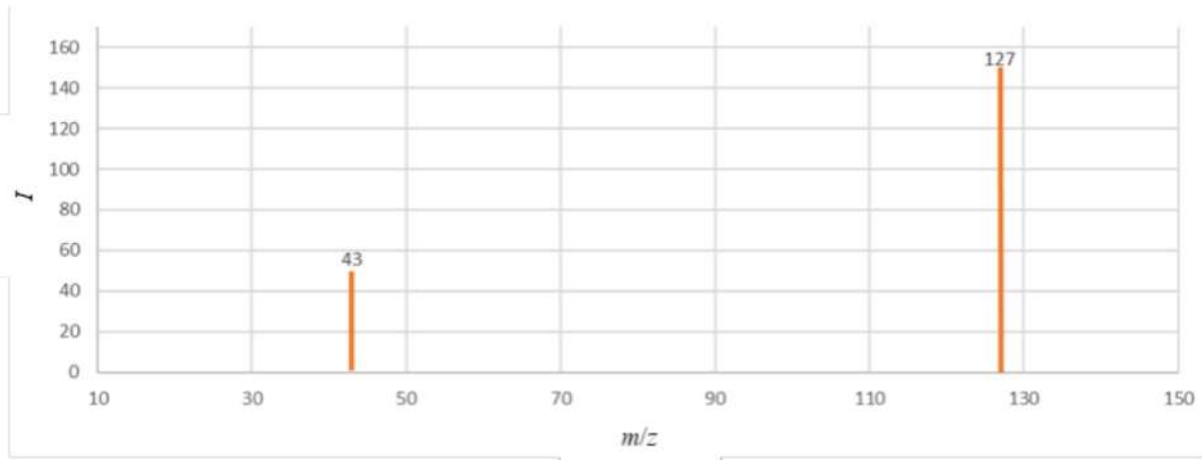
$$n(\text{N}) = n(\text{HCl}) = 0.00715 \cdot 0.100 = 7.15 \cdot 10^{-4} \text{ მოლი}$$

$$m(\text{N}) = 14.0 \cdot 7.15 \cdot 10^{-4} = 0.0100 \text{ გ}$$

$$\omega(\text{N}) \% = 0.0100 / 2.00 \cdot 100 \% = 0.500 \%$$

2 ქულა

რძის პროდუქტებში ცილის შემცველობის ხელოვნურად გაზრდის მიზნით, ამატებდნენ A ნივთიერებას, რომელმაც გამოიწვია პრობლემები, იმ ბავშვებში რომელიც ამ რძით იკვებებოდნენ. A ნივთიერება შეიცავს სამ ექვივალენტურ ამინო ჯგუფს. A ერთ-ერთი ელემენტის მასური წილი ნაერთში არის 66.67%. A ნივთიერების მასს-სპექტრი ნაჩვენებია ქვემოთ (ელექტროგასხურების იონიზაცია, დადებითი იონის აღმოჩენის რეჟიმი, I არის ფარდობითი ინტენსივობა).



1.8. განსაზღვრე A-ს მოლეკულური და სტრუქტურული ფორმულა და დაწერე იმ ნაწილაკების სტრუქტურული ფორმულები, რომელიც შეესაბამება  $m/z$  43 და  $m/z$  127 სიგნალებს.

**$m/z$  127 არის პროტონირებული იონი, შესაბამისად A-ს მოლეკულური მასა იქნება 126. (1 ქულა)**

**$m/z$  43 შეესაბამება A-ის 1/3-ს დამატებული პროტონით. ეს იმაზე მიუთითებს რომ A არის ტრიმერი, სამი ექვივალენტური ამინოჯგუფით. 126-ის 66.67% არის 84, რაც შეესაბამება ან 7 ნახშირბადას ან 6 აზოტს. რადგან A**

**არის ტრიმერი ამიტომ ის უნდა შეიცავდეს 6 აზოტის ატომს. დარჩენილი მასა (126-84) შეესაბამება 3 ნახშირბადას და 6 წყალბადის ატომს. შესაბამისად მოლეკულური ფორმულა იქნება  $(CH_2N_2)_3$  ან  $C_3H_6N_6$ . (2 ქულა).**

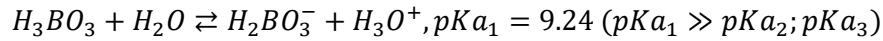
$m/z = 127$

$m/z = 143$

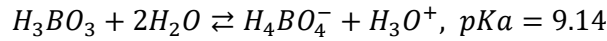
(1 ქულა)

**სულ 6 ქულა**

კვლადლის მეთოდში გამოიყენება ბორის მჟავა, რომლის გამოყენება მოსახერხებელია რადგან არ საჭიროებს ზუსტი კონცენტრაციის განსაზღვრას. წყალში ბორის მჟავა განიცდის იონიზაციას შემდეგი რეაქციის მიხედვით:



თუმცა, კვლევებმა აჩვენა რომ ხსნარი ასევე შეიცავს  $H_4BO_4^-$  იონებს, რომელიც წარმოიქმნება ქვემოთ მოცემულ რეაქციაში:



1.9. ჩათვალეთ რომ ბორის მჟავას ხსნარში მიმდინარეობს ორივე რეაქცია და გამოთვალეთ pH-ის მნიშვნელობა 0.10 M  $H_3BO_3$ -ის ხსნარში.

$$H_3BO_3 + H_2O \rightarrow [H_2BO_3]^- + H_3O^+, K_1 = \frac{[[H_2BO_3]^-][H_3O^+]}{[H_3BO_3]} \approx \frac{[[H_2BO_3]^-][H_3O^+]}{0.1}$$

$$H_3BO_3 + 2H_2O \rightarrow [H_4BO_4]^- + H_3O^+, K_2 = \frac{[[H_4BO_4]^-][H_3O^+]}{[H_3BO_3]} \approx \frac{[[H_4BO_4]^-][H_3O^+]}{0.1}$$

$$0.1K_1 = [[H_2BO_3]^-][H_3O^+] \quad 0.1K_2 = [[H_4BO_4]^-][H_3O^+] \quad [H_3O^+] = [[H_2BO_3]^-] + [[H_4BO_4]^-]$$

$$[[H_2BO_3]^-] = [H_3O^+] - [[H_4BO_4]^-]$$

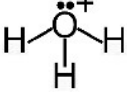
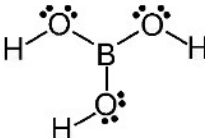
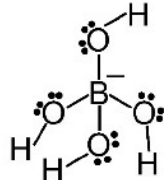
$$0.1K_1 = ([H_3O^+] - [[H_4BO_4]^-])[H_3O^+] = [H_3O^+]^2 - [[H_4BO_4]^-][H_3O^+] = [H_3O^+]^2 - 0.1K_2$$

$$[H_3O^+]^2 = 0.1K_1 + 0.1K_2$$

$$pH = -\log \log \sqrt{0.1K_1 + 0.1K_2} = -\log \sqrt{0.1 \times 10^{-9.24} + 0.1 \times 10^{-9.14}} = 4.94$$

4 ქულა

1.10. დაწერეთ  $H_3O^+$ ,  $H_3BO_3$  და  $H_4BO_4^-$ -ის ლუისის სტრუქტურები და მიუთითეთ თითოეულის გეომეტრიული ფორმა (VSEPR-ის მიხედვით).

	$H_3O^+$	$H_3BO_3$	$H_4BO_4^-$
ლუისის სტრუქტურა			

გეომეტრიული ფორმა	სამკუთხა პირამიდა	ბრტყელი სამკუთხედი	ტეტრაედრი
----------------------	-------------------	-----------------------	-----------

4 ქულა

**ამოცანა 2. X ელემენტი და მისი ზოგიერთი თვისება (20%)**

დავალება	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	სულ
ქულა	6	8	3	22	4	43

ელემენტი X-ს დიდი მნიშვნელობა აქვს მრეწველობაში, სადაც იგი ძირითადად გამოიყენება ნახევარგამტარული ელექტრონული მოწყობილობების დასამზადებლად და ტყვიის შენადნობების დანამატად. არც ისე დიდი ხნის წინ, X-ის სხვადასხვა ნაერთები გამოიყენებოდა პესტიციდებად და მწვანე პიგმენტებადაც კი საღებავებში, თუმცა ის აღარ გამოიყენება X-ის ტოქსიკურობის გამო. ამ ელემენტის სხვადასხვა მინერალები გვხვდება დედამიწის ქერქში და მათი უმეტესობა ჩინეთში მოიპოვება.

ერთ-ერთი ასეთი მინერალია ტენანტიტი (tennantite), რომელიც შედგება სამი ელემენტისგან: Cu, X და Y. ელემენტები X და Y პერიოდული სისტემის შესაბამისად მე-15 და მე-16 ჯგუფებში მდებარეობენ.

ტენანტიტის ელემენტარული უჯრედის კრისტალოგრაფიული მონაცემები: მესრის პარამეტრი  $a = 10.186 \text{ \AA}$ , ფორმალური ერთეულების რაოდენობა ერთეულოვან უჯრედში  $Z=2$ , სიმკვრივე  $\rho=4.6479 \text{ გ/სმ}^3$ . ჩათვალეთ, რომ ერთეულოვანი უჯრედი არის კუბური. მინერალის ელემენტური შედგენილობა მასის მიხედვით:  $w(\text{Cu}) = 51.56\%$ ,  $w(\text{X}) = 20.26\%$ ,  $w(\text{Y}) = 28.18\%$ .

2.1. განსაზღვრეთ X და Y ელემენტები და დაადგინეთ ტენანტიტის ფორმულა.

$$M = \frac{\rho N_A V}{Z} = \frac{\rho N_A a^3}{Z} = 1479.06 \text{ გ/მოლი (1 ქულა)}$$

ტენანტიტი –  $\text{Cu}_a\text{X}_b\text{Y}_c \Rightarrow a = \frac{1479.06 \times 0.5156}{63.55} = 12 \text{ (1 ქულა)}$

$$M(\text{X}_b) = 1479.06 \times 0.2026 = 299.66 \text{ გ/მოლი}$$

$$M(\text{Y}_c) = 1479.06 \times 0.2818 = 416.80 \text{ გ/მოლი}$$

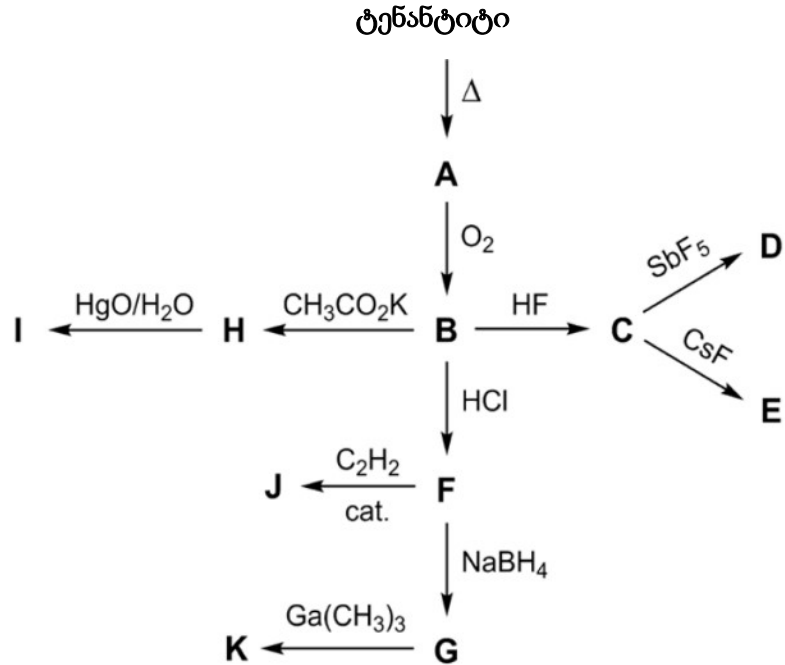
რადგან X ელემენტი მდებარეობს მე-15 ჯგუფში, ტოქსიკურია ეს ელემენტი იქნება As – 74.91 გ/მოლი, ხოლო  $b = 4 \text{ (2 ქულა)}$

რადგან Y ელემენტი მდებარეობს მე-16 ჯგუფში, ეს იქნება S,  $c = 13$ . დარიშხანი ყველაზე ხშირად გავრცელებული სულფიდური მადნების სახით. (2 ქულა)

**ტენანტიტი –  $\text{Cu}_{12}\text{X}_4\text{Y}_{13}$**

ქულა 6

განვიხილოთ X-ის შემცველი ნაერთების მიღება ამ მინერალიდან:



- ტენანტიტის თერმული დაშლა იწვევს სხვა მინერალის, A-ს წარმოქმნას, რომელსაც აქვს მადალსიმეტრიული სტრუქტურა და შედგება მხოლოდ X და Y ელემენტებისგან. რეაქციის დროს გვერდითი პროდუქტების სახით წარმოიქმნება  $Cu_2Y$  და Y-ის ორთქლი
- A-ს შემდგომი დაჟანგვა იძლევა ოქსიდ B-ს ( $\omega(X) = 75.7\%$ ), რომელიც წარმოადგენს თითქმის ყველა X-ის შემცველი ნაერთის სინთეზისთვის საწყის ნივთიერებას.
- ნაერთი C რეაგირებს  $SbF_5$ -თან 1:1 თანაფარდობით და წარმოქმნის მარილს D, რომელიც შეიცავს X-ის შემცველ კატიონს და Sb-ს შემცველ ანიონს.
- J არის F-ის აცეტილენთან ანტი-მიერთების პროდუქტი. ეს არის ორგანული X-ნაერთი, ცნობილი როგორც **ლუიზიტი (Lewisite)**, რომელიც იწარმოებოდა ქიმიურ იარაღად გამოსაყენებლად.
- $F \rightarrow G$  რეაქციაში ნატრიუმის ბოროჰიდრიდი მოქმედებს როგორც ჰიდრიდის დონორი.
- K არის ნახევარგამტარი.
- ნაერთი H ( $\omega(C) = 21.26\%$ ,  $\omega(H) = 5.35\%$ ,  $\omega(X) = 66.31\%$ ,  $\omega(O) = 7.08\%$ ) ცნობილია როგორც კაკოდილის ოქსიდი. მის მისაღებად კალიუმის აცეტატი რეაგირებს B-სთან. რეაქციის დროს შეინიშნება აირის გამოყოფა და გვერდითი პროდუქტის სახით წარმოიქმნება კალიუმის მარილი.
- H-ის 1 ეკვივალენტის დაჟანგვით მიიღება 2 ეკვივალენტი კაკოდილის მჟავა I.

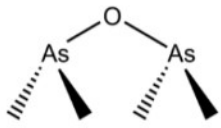
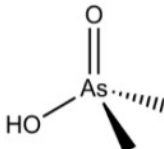
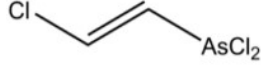
2.2. დაადგინეთ A-G და K ნაერთების ქიმიური ფორმულები.

<b>As<sub>4</sub>S<sub>4</sub></b>	<b>As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ან As<sub>4</sub>O<sub>6</sub></b>	<b>AsF<sub>3</sub></b>
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>

<b>[AsF<sub>2</sub><sup>+</sup>][SbF<sub>6</sub><sup>-</sup>]</b> D	<b>[Cs<sup>+</sup>][AsF<sub>4</sub><sup>-</sup>]</b> E	<b>AsCl<sub>3</sub></b> F
<b>AsH<sub>3</sub></b> G	<b>GaAs</b> K	

8 ქულა

2.3. დაწერეთ H–J ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები

 H	 I	 J
--	--	--

3 ქულა

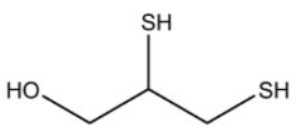
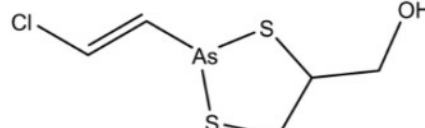
2.4. დაწერეთ აღწერილი რეაქციების გათანაბრებული ტოლობები.

ტენანტიტი→A	<b>Cu<sub>12</sub>As<sub>4</sub>S<sub>13</sub> → 6Cu<sub>2</sub>S + As<sub>4</sub>S<sub>4</sub> + 3S</b>
A→B	As <sub>4</sub> S <sub>4</sub> + 7 O <sub>2</sub> → 2 As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 4 SO <sub>2</sub>
B→C	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 6 HF → 2 AsF <sub>3</sub> + 3 H <sub>2</sub> O
C→D	AsF <sub>3</sub> + SbF <sub>5</sub> → [AsF <sub>2</sub> ][SbF <sub>6</sub> ]
C→E	AsF <sub>3</sub> + CsF → Cs[AsF <sub>4</sub> ]

B→F	$As_2O_3 + 6 HCl \rightarrow 2 AsCl_3 + 3 H_2O$
F→G	$4 AsCl_3 + 3 NaBH_4 \rightarrow 4 AsH_3 + 3 NaCl + 3 BCl_3$
F→J	$AsCl_3 + C_2H_2 \rightarrow ClCHCHAsCl_2$
G→K	$AsH_3 + Ga(CH_3)_3 \rightarrow GaAs + 3 CH_4$
B→H	$As_2O_3 + 4 CH_3CO_2K \rightarrow [(CH_3)_2As]_2O + 2 K_2CO_3 + 2 CO_2$
H→I	$[(CH_3)_2As]_2O + 2 HgO + H_2O \rightarrow 2 (CH_3)_2As(=O)OH + 2 Hg$
<p>22 ქულა</p> <p>თითოეული სწორად დაწერილი და გათანაბრებული რეაქცია 2 ქულა.</p>	

მძიმე მეტალებით მოწამვლის მსგავსად, პაციენტებს, რომლებსაც ჰქონდათ კონტაქტი J-სთან, უტარდებათ ხელატური თერაპია. **ლუიზიტით** მოწამვლისას სპეციფიკური კოვალენტური მედიკამენტის ცნობილი მაგალითია 2,3-დიმერკაპტოპროპან-1-ოლი (იგივე **BAL**).

2.5. დაწერე **BAL**-ის სტრუქტურა და პროდუქტი (M = 258.62 გ/მოლი), რომელიც მიიღება მისი ურთიერთქმედებით J-სთან.

	
<b>BAL</b>	<b>J-სთან ურთიერთქმედების პროდუქტი</b>
<p>4 ქულა</p>	

**ამოცანა 3. იოდი (17%)**

დავალება	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	სულ
ქულა	4	4	2	2	2	14

ბევრი ნივთიერება გათბობისას შეიძლება განიცდიდეს როგორც ფიზიკურ, ასევე ქიმიურ გარდაქმნებს. ამის მაგალითია მყარი იოდის გათბობა. აქ და შემდგომ ვივარაუდოთ, რომ რეაქციებსა და ფაზურ გადასვლებში ენთროპიისა და ენთალპიის ცვლილება ტემპერატურაზე არ არის დამოკიდებული. ვაკუუმირებულ 0.2 ლ მოცულობის ჭურჭელში შეიტანეს 2.54 გ კრისტალური იოდი და ნელა გააცხელეს 1000 °C-მდე, პარალელურად იზომებოდა წნევა ჭურჭელში.

დაბალ ტემპერატურებზე მიღებული მონაცემებია:

t°C	33	67	128	182
P/პა	100	1000	20000	100000

ცნობილია, რომ პირველ ორ ტემპერატურაზე ჭურჭელში მყარი იოდი იყო, ხოლო დარჩენილ ორზე – უკვე თხევადი.

**3.1. გამოთვალეთ იოდის სუბლიმაციისა და აორთქლების ენთალპიები.**

$$\Delta_r G_1^0 = -RT_1 \ln K_1 = \Delta_r H^0 - T_1 \Delta_r S^0$$

$$\Delta_r G_2^0 = -RT_2 \ln K_2 = \Delta_r H^0 - T_2 \Delta_r S^0$$

$$\Delta_r H^0 = \frac{RT_1 T_2}{T_1 - T_2} \ln \left( \frac{K_1}{K_2} \right) = \frac{RT_1 T_2}{T_1 - T_2} \ln \left( \frac{P_1}{P_2} \right)$$

$$\Delta_{\text{სუბ}} H^0 = \frac{8.314 \cdot 306 \cdot 340}{306 - 340} \ln \left( \frac{10^{-3}}{10^{-2}} \right) = 58.6 \text{ კჯ/მოლი (2 ქულა)}$$

$$\Delta_{\text{აორ}} H^0 = \frac{8.314 \cdot 401 \cdot 455}{401 - 455} \ln \left( \frac{0.2}{1} \right) = 45.2 \text{ კჯ/მოლი (2 ქულა)}$$

სულ 4 ქულა, 1 ქულა თითოეულ ანგარიშში, თუ გზა სწორია, მაგრამ მნიშვნელობა არა.

## 3.2. გამოთვალეთ დნობის ენთალპია და იოდის დნობის ტემპერატურა.

$$\Delta_{\text{დნ}}H^0 = \Delta_{\text{სუბ}}H^0 - \Delta_{\text{აორ}}H^0 = 58.6 - 45.2 = 13.4 \text{ კჯ/მოლი}$$

$$\Delta_{\text{დნ}}H^0 = \Delta_{\text{დნ}}S^0 \cdot T_{\text{დნ}}$$

$$\Delta_{\text{სუბ}}G^0 = -RT \ln P = \Delta_{\text{სუბ}}H^0 - T \Delta_{\text{სუბ}}S^0$$

$$\Delta_{\text{სუბ}}G^0 = -8.314 \cdot 306 \ln 10^{-3} = 17600 = 58600 - 306 \Delta_{\text{სუბ}}S^0$$

$$\Delta_{\text{სუბ}}S^0 = 134 \text{ ჯ/მოლი/K}$$

$$\Delta_{\text{აორ}}S^0 = 99.3 \text{ ჯ/მოლი/K}$$

$$\Delta_{\text{დნ}}S^0 = \Delta_{\text{სუბ}}S^0 - \Delta_{\text{აორ}}S^0 = 34.7 \text{ ჯ/მოლი/K}$$

$$T_{\text{დნ}} = \frac{13400}{34.7} = 386.2 \text{ K}$$

სულ 4 ქულა, 1 ქულა თითოეულ ანგარიშში, თუ გზა სწორია, მაგრამ მნიშვნელობა არა.

750 °C-ზე მაღალ ტემპერატურებზე ხდება იოდის ნაწილობრივი დისოციაცია:  $I_2(g) = 2I(g)$

850 °C ტემპერატურაზე ჭურჭელში წნევა იყო 481 კპა.

## 3.3. გამოთვალეთ წნევა ამ ტემპერატურაზე იოდის დისოციაციის გარეშე

$$P = \frac{0.01 \cdot 8.314 \cdot 1123}{0.2} = 467 \text{ კპა} = 457 \text{ ბარი}$$

2 ქულა

3.4. გამოთვალეთ იოდის დისოციაციის რეაქციის წონასწორობის კონსტანტა 850 °C-ზე.

რეაქციის  $I_2(g) = 2I(g)$  მიმდინარეობისას მოლეკულური იოდის წნევა შემცირდა  $x$ -ით და წარმოიქმნა ატომური იოდი წნევით  $2x$ . საერთო წნევამ შეადგინა:  $4.67 - x + 2x = 4.81$ , აქედან  $x = 0.14$  ბარი, მაშინ წონასწორობის კონსტანტა 1123K-ზე:

$$K(1123) = \frac{0.28^2}{4.67 - 0.14} = 0.0173$$

2 ქულა

ცნობილია, რომ  $I_2$  მოლეკულაში ბმის ენერჯიაა 151 კჯ/მოლ.

3.5. გამოთვალეთ რა ტემპერატურაზე გაიზრდება ამ რეაქციის წონასწორობის კონსტანტა ორჯერ.

$$151000 = \frac{8.314 \cdot 1123 \cdot T}{1123 - T} \ln\left(\frac{1}{2}\right)$$

$$T = 1173K$$

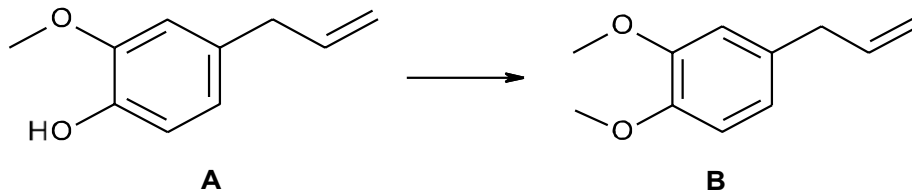
2 ქულა

### ამოცანა 4. ევგენოლის წარმოებულების სინთეზი (23%)

დავალება	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	სულ
ქულა	1	6.5	1	3.5	2	1	15

ევგენოლი (A) არის ნაერთი, რომელიც გვხვდება მიხაკში, ტულსიში და ბევრ სხვა მცენარეში. იგი გამოიყენება ბუნებრივი ხნას ფერის უფრო მუქი ტონალობის მისაღებად. ასევე გამოიყენება საკვებში, კოსმეტიკაში და ფარმაცევტულ პროდუქტებში, როგორც ანტიმიკრობული, ტკივილგამაყუჩებელი და ანტიოქსიდანტური საშუალება.

ევგენოლი მარტივად შეიძლება გარდაიქმნას 1-ალილ-3,4-დიმეთოქსიბენზოლში (B).



4.1. მოცემული რეაგენტების ნაკრებებიდან განსაზღვრეთ, რომელი შეიძლება გამოვიყენოთ ნაერთის A ნაერთში B გარდაქმნისთვის. (მონიშნეთ X შესაბამის უჯრაში/უჯრებში)

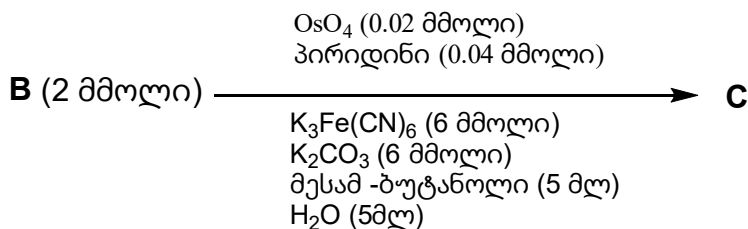
- (a)  $\text{CH}_3\text{I}/\text{K}_2\text{CO}_3$      
  (b)  $\text{CH}_3\text{I}_2\text{SO}_4/\text{KOH}$      
  (c)  $\text{CH}_3\text{I}/\text{H}_2\text{SO}_4$   
 (d)  $\text{Me}_2\text{SO}/\text{KOH}$      
  (e)  $\text{Me}_2\text{S}/\text{H}_2\text{SO}_4$

(1 ქულა)

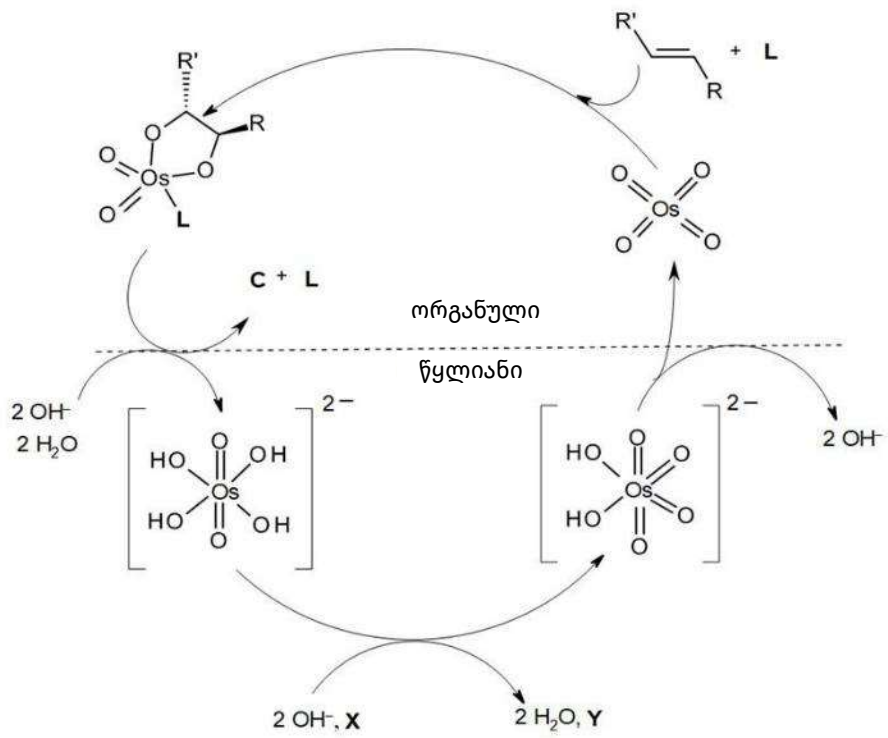
ევგენოლის რამდენიმე წარმოებული შესწავლილია და აღმოჩნდა, რომ მათ გააჩნიათ სასარგებლო ფარმაცევტული თვისებები. აქ განვიხილავთ ორი ასეთი წარმოებულის მიღების მეთოდებს.

ნაერთი B შეიძლება დაიქანგოს ოსმიუმის ტეტრაოქსიდით წყალხსნარში მოლური ეკვივალენტური რაოდენობით, რის შედეგად მიიღება ნაერთი C. თუმცა,  $\text{OsO}_4$ -ის ტოქსიკურობა და მაღალი ღირებულება ზღუდავს მის ფართო გამოყენებას, მიუხედავად მაღალი გამოსავლიანობისა და სელექციურობისა.

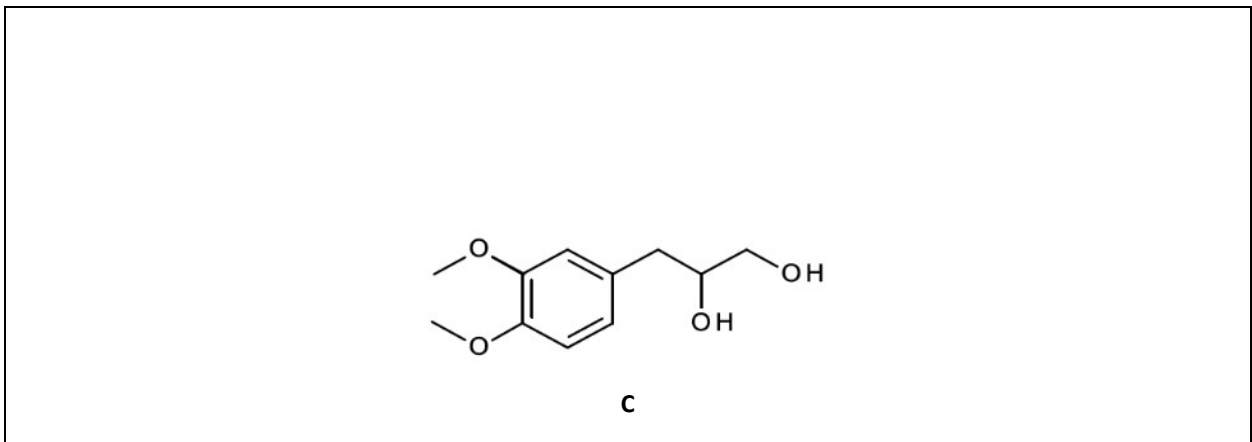
იმავე გარდაქმნისთვის ალტერნატიული გზა შეიმუშავა ამერიკელმა ქიმიკოსმა Barry Sharpless-მა. ეს მეთოდი ითვალისწინებს  $\text{OsO}_4$ -ის მცირე (კატალიზურ) რაოდენობის (ოლეფინის მიმართ) გამოყენებას რამდენიმე სხვა რეაგენტთან ერთად, რომლებიც ქვემოთ ისრის თავზეა მითითებული.



ნარევი ოდნავ მღვრია, რაც განპირობებულია სისტემაში უწყლო ფაზის მცირე რაოდენობის არსებობით. ამ რეაქციის ზოგადი მექანიზმი ქვემოთ არის მოცემული. L არის ისეთი ნაერთი, რომელიც კოორდინირდება ოსმიუმის ცენტრთან და ხელს უწყობს რეაქციის მიმდინარეობას, ხოლო X და Y წარმოადგენენ სარეაქციო ნარევიში არსებულ ორ სხვა კომპონენტს.



4.2. (i) დაწერეთ ნაერთის **C** სტრუქტურული ფორმულა:



(0.5 ქულა)

(ii) ჩამოთვლილთაგან რომელი რეაქციის ტიპს შეიძლება მივაკუთვნოთ **B** → **C** გარდაქმნა? პასუხისათვის მონიშნე შესაბამისი უჯრა/უჯრები.

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> (ა) ჟანგვა-აღდგენა     | <input type="checkbox"/> (ბ) დამატების (შეერთების) რეაქცია |
| <input type="checkbox"/> (გ) ჰიდროლიზის რეაქცია | <input type="checkbox"/> (დ) მჟავა-ფუძე რეაქცია            |

(1 ქულა)

(iii) ჩამოთვალეთ ყველა ის ნაწილაკი (როგორც იონური, ასევე არაიონური), რომლებიც გვექნება სარეაქციო კოლბაში რეაქციის დასრულების შემდეგ, გარდა:  $H_2O$ ,  $H^+$ ,  $OH^-$  და პროდუქტისა **C**.

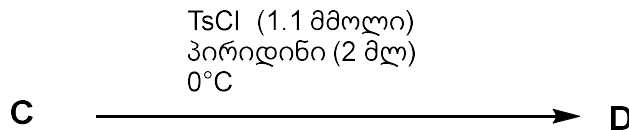
**$[Fe(CN)_6]^{4-}$ ,  $[Fe(CN)_6]^{3-}$ , t-ბუტანოლი,  $OsO_4$  (ან ჰიდროქსილირებული ფორმები),  $K^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,**

**პირიდინი**

(5 ქულა)

პროდუქტის **C** და პ-ტოლუოლსულფონილქლორიდის ( $TsCl$ ) ურთიერთქმედებით ქვემოთ მოცემული მეთოდის მიხედვით მიიღება მონოესტერი **D**, როგორც ერთადერთი მთავარი პროდუქტი.

**ნაბიჯი I:** ნაერთის **C** (1 მმოლი) პირიდინში ხსნარს (2 მლ)  $0^\circ C$ -ზე დაემატა p-ტოლუოლსულფონილქლორიდი ( $TsCl$ , 1.1 მმოლი). სარეაქციო ნარევი მორევის პირობებში დააყოვნეს  $0^\circ C$ -ზე (დაახლოებით 20–30 წუთის განმავლობაში) ქრომატოგრაფიულ ანალიზში ნაერთის **C** კვალის გაქრობამდე.

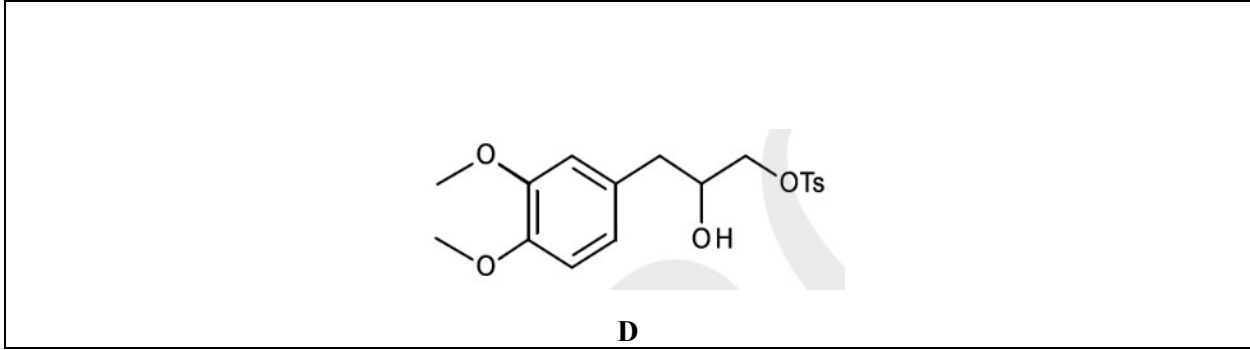


**ნაბიჯი II:** სარეაქციო ნარევის დაემატა წყალი (10 მლ), შემდეგ კი დიეთილის ეთერი (5 მლ), რის შედეგადაც კოლბაში წარმოიქმნა ორი ფაზა.

**ნაბიჯი III:** ეთერის ფენა გამოყვეს გამყოფი ძაბრით. ეთერის ექსტრაქტი რამდენჯერმე დამუშავდა 5%-იანი  $HCl$ -ის წყალხსნარით (10 მლ), რის შემდეგაც მკავე ფენა მოიშორეს.

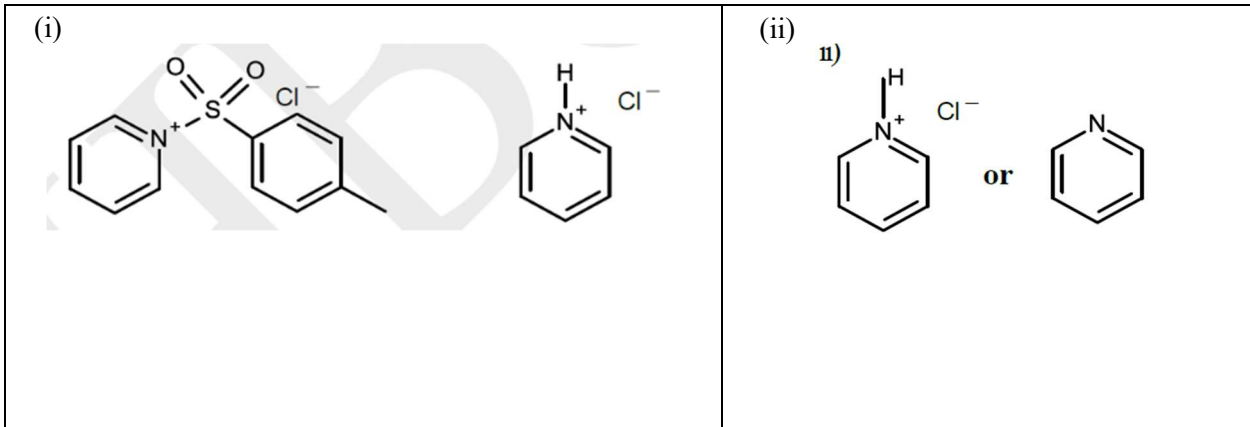
**ნაბიჯი IV:** ბოლოს, ეთერის ფენა გარეცხეს 10%-იანი  $NaHCO_3$ -ის წყალხსნარით და შემდეგ დაამუშავეს უწყლო ნატრიუმის სულფატით (ხსნარიდან წყლის მოსაშორებლად). გამხსნელი ააორთქლეს და მიიღეს ნაერთი **D**, როგორც ერთადერთი პროდუქტი.

4.3. დაწერეთ ნაერთის **D** სტრუქტურული ფორმულა



(1 ქულა)

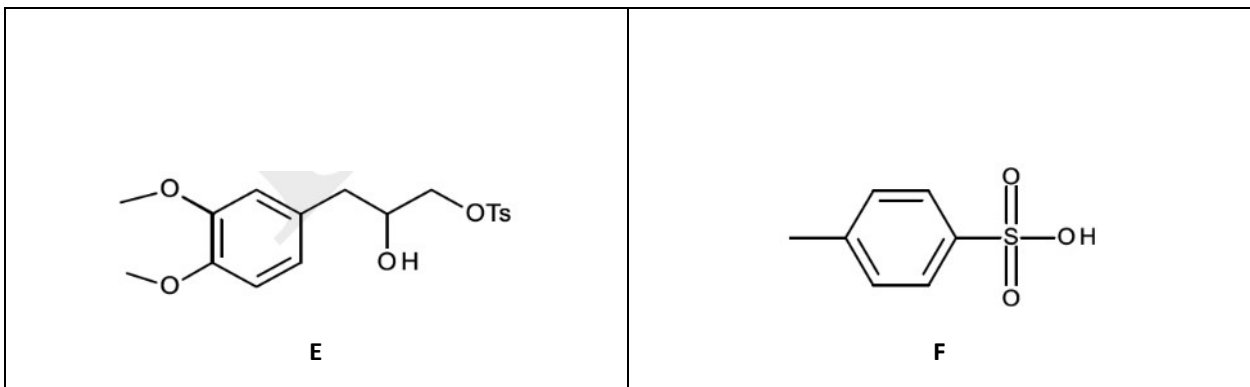
4.4. რომელი ორგანული ნაერთ(ებ)ი სცილდება ორგანული ფენიდან (i) წყლისა და (ii) და HCl-ის ხსნარით.



(3.5 ქულა)

თუმცა, მოცემული პროცედურის შესრულებისას ქიმიკოსს დაავიწყდა II ეტაპში წყლის დამატება და პირდაპირ დაამატა დიეთილის ეთერი, რის შემდეგაც განაგრძო III და IV ეტაპებით. შედეგად, ქიმიკოსმა ეთერულ ფაზაში აღმოაჩინა ორი ნაერთი - **E** და **F**.

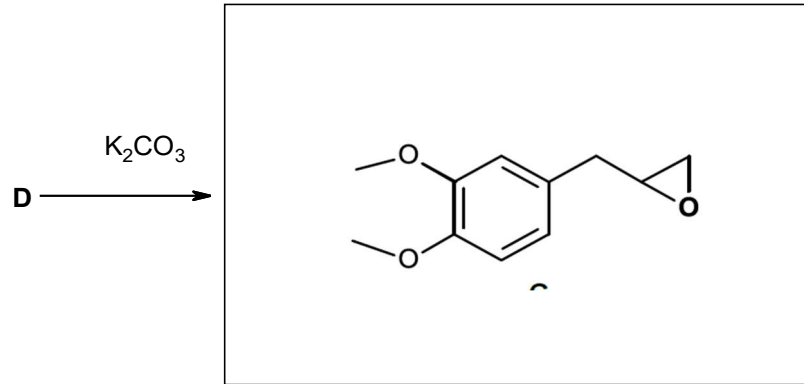
4.5. დაწერეთ ნაერთების **E** და **F** სტრუქტურული ფორმულები.



(2 ქულა)

ნაერთის **D** ურთიერთქმედებით  $K_2CO_3$ -თან მიიღება ნაერთი **G**.

4.6. დაწერეთ ნაერთის **G** სტრუქტურული ფორმულა.



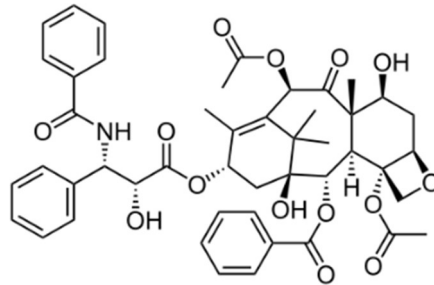
(1 ქულა)

**ამოცანა 5. ტაქსოლი (20%)**

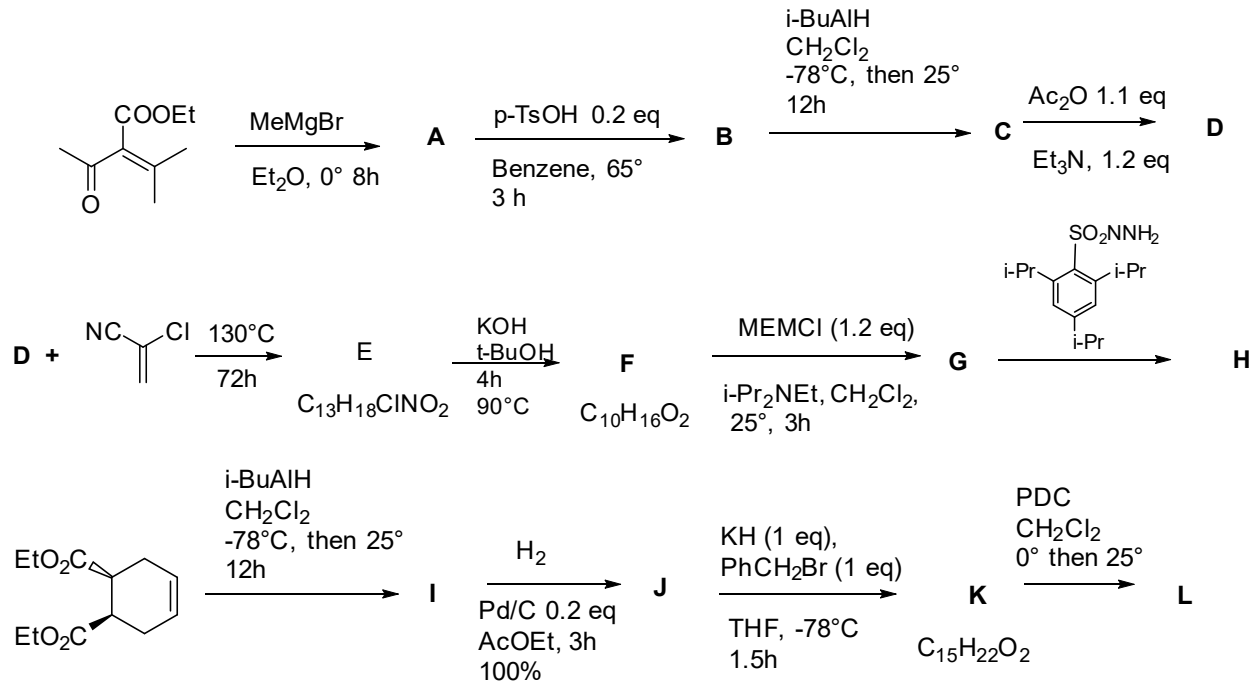
დავალება	5.1	სულ
ქულა	38	38

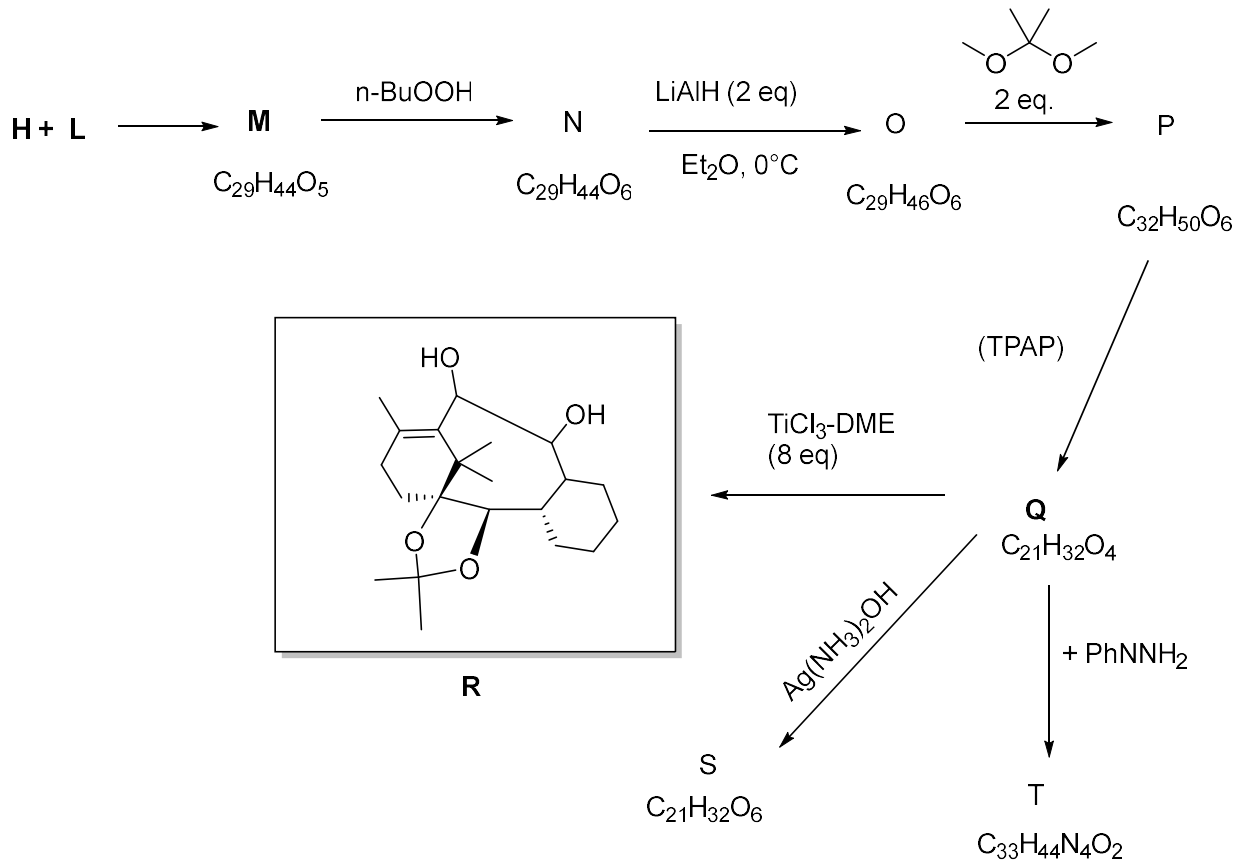
სამიშ და ლეტალურ დაავადებების ნუსხაში ერთ-ერთი მოწინავე ადგილი უკავია სიმსივნოვან დაავადებებს. სამწუხაროდ, დიდი მცდელობის მიუხედავად, ეფექტური სამკურნალო პრეპარატის მიღება ჯერ ვერ მოხერხდა, თუმცა შექმნილია არაერთი ბუნებრივი თუ სინთეზური სამკურნალო საშუალება, რომლებიც აფერხებენ დაავადების გავრცელებას.

ერთ-ერთ ასეთ პრეპარატს წარმოადგენს ტაქსოლი (იგივე პაქსიტაქსელი), რომელიც მიეკუთვნება მცენარეულ ალკალოიდების ჯგუფს.



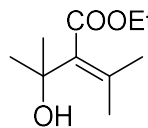
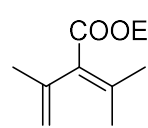
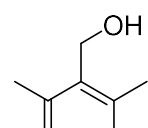
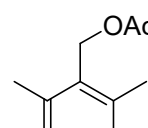
მისი სინთეზური გზით მიღების რამდენიმე მეთოდია შემუშავებული. ერთ-ერთი მეთოდის თანახმად იგი მიიღება შაპირო-მაკმერის სტრატეგიის მიხედვით, რომლის დროსაც საკვანძო ნაერთს წარმოადგენს დიოლი R.

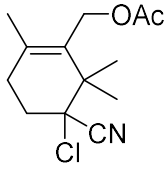
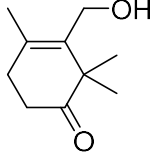
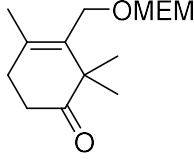
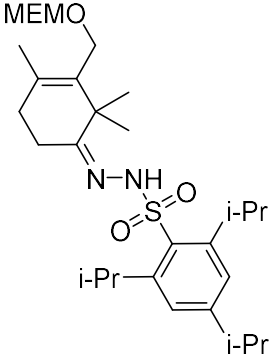
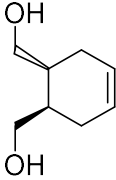
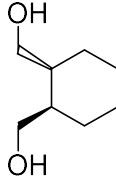
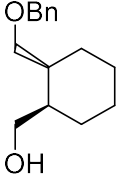
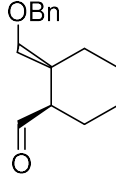


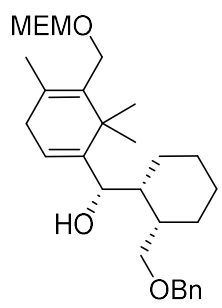
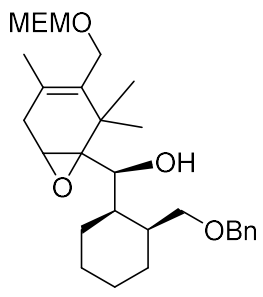
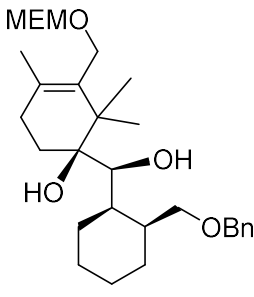
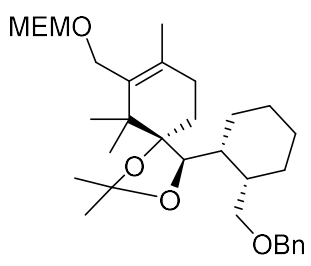
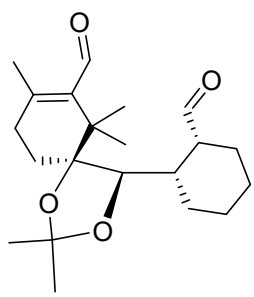
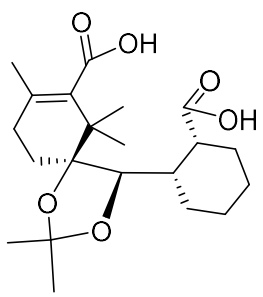
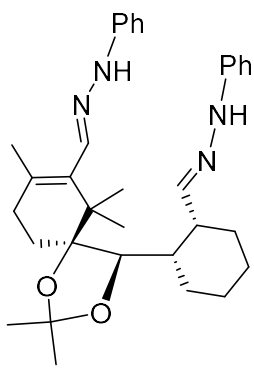


5.1. დაწერეთ **A – Q** მოლეკულების სტრუქტურული ფორმულები:

- ნაერთი **M** აუფერულებს 2 მოლი სიჭარბით ადებულ ბრომიან წყალს, მეტალურ ნატრიუმთან ურთიერთქმედებით გამოათავისუფლებს წყალბადს ეკვიმოლური რაოდენობით.
- MEMCl – 2-მეთოქსიეთოქსიმეთილ ქლორიდი
- TPAP - ტეტრაპროპილ ამონიუმ პერრუთენატი

 <p><b>A</b></p>	 <p><b>B</b></p>
 <p><b>C</b></p>	 <p><b>D</b></p>

 <p style="text-align: center;"><b>E</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>F</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>G</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>H</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>I</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>J</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>K</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>L</b></p>

 <p style="text-align: center;"><b>M</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>N</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>O</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>P</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>Q</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>S</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>T</b></p>	