



შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების
სამინისტრო

ქიმიის 52-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისთვის საქართველოს
ნაკრები გუნდის წევრების შესარჩევი კონკურსი

II ტური

პასუხები



52nd IChO 2020
International Chemistry Olympiad

Istanbul, Turkey

ამოცანების ავტორები:

თინათინ ბუთხუზი

ლაშა ხუციშვილი

ელიზბარ ელიზბარაშვილი

13 ივლისი, 2020

ძვირფასო მონაწილეებო

ამოცანების ამოხსნისას გთხოვთ გახსოვდეთ:

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

გისურვებთ წარმატებებს!

ფიზიკური კონსტანტები, ერთეულები, ფორმულები და განტოლებები

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

შექცევადი ადიაბატური პროცესი იდეალური გაზისათვის	$pV^{1+R/C_V} = \text{const}$
იდეალური გაზის მიერ შესრულებული მუშაობა ადიაბატურ პროცესში	$W = nC_V(T_2 - T_1)$
შინაგანი ენერჯიის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე	$U(T_2) = U(T_1) + C_V(T_2 - T_1)$
კავშირი მოლურ იზობარულ და იზოქორულ თბობუნებებს 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 ენერჯიის 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 ენერჯიის ცვლილება დროში ერთეულ მოცულობაში სისტემისათვის, რომელიც მოიცავს ორ ქიმიურ რეაქციას 1 და 2 შესაბამისი რეაქციის სიჩქარეებით r_1 და r_2	$\frac{\Delta G_{\text{Syst}}}{\Delta t} = \Delta G_1 r_1 + \Delta G_2 r_2$
არენიუსის განტოლება რეაქციის სიჩქარი მუდმივისთვის	$k = A \exp(-E_a/RT)$
პლანკის დამოკიდებულება [$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ ჯ}\cdot\text{წმ}$]	$E = h\nu = hc/\lambda$

ელემენტების პერიოდულობის ცხრილი

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18														
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B	VIII B	VIII B	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA														
1	H საბუნი 1.008	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>პირველი სერიის სიმბოლო შეკადრება დასაშუალო პირველი მასა</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>არამეტალები</p> </div> </div>																2	He ჰელიუმი 4.003													
2	Li ლითონი 6.94	Be ბერილიუმი 9.01	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>H გაზი Li მყარი Br სითხე</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>მეტალები</p> </div> </div>																6	B ბორი 10.81	7	C ნახშირბადი 12.01	8	N აზოტი 14.00	9	O ოქსიგენი 15.99	10	F ფთვობი 19.00	11	Ne ნეონი 20.18		
3	Na ნატრიუმი 22.99	Mg მაგნიუმი 24.30	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>ტუტა მეტალები</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>ტანდემი მეტალები</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>ლათონოიდები პოტიციური</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>ნარკოტიკული მეტალები</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>პოსტ- ნარკოტიკული მეტალები</p> </div> </div>																13	Al ალუმინი 26.98	14	Si სილიციუმი 28.09	15	P ფოსფორი 30.97	16	S სერენი 32.06	17	Cl ქლორი 35.45	18	Ar არგონი 39.95		
4	K პოტაშნი 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 ჰაიზნი 55.85	Co კობალტი 58.93	Ni ნიკელი 58.69	Cu საბუნი 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 ზირკონიუმი 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 აგონი 107.87	Cd კადმიუმი 112.41	In ინდიუმი 114.82	Sn სტანიუმი 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 180.96	W ვოლფრამი 183.84	Rn რადონი 186.21	Os ოსმიუმი 190.23	Ir ირიდიუმი 192.22	Pt პლატინა 195.08	Au აუროსი 196.97	Hg მერკური 200.59	Tl თალიუმი 204.38	Pb პლუმბი 207.2	Bi ბისმუტი 208.98	Po პოლონიუმი 209	At ასტატი 209.99	Rn რადონი 222.02														
7	Fr ფრანსიუმი 223.02	Ra რადიუმი 226.03	Ac-Lr აქტინიდები	Rf რეფრენიუმი 261.12	Db დუბნიუმი 270.13	Sg სეგნიუმი 269.13	Bh ბერკელიუმი 270.13	Hs ჰასიუმი 277.10	Mt მითნიუმი 276.16	Ds დარვინიუმი 281.17	Rg რეგენიუმი 281.17	Cn კოპერნიციუმი 285.18	Nh ნიჰონიუმი 286.18	Fl ფლორიდინი 289.19	Mc მოსკოვიუმი 289.20	Lv ლუვენიუმი 293.20	Ts ტენესი 293.21	Og ოგანესონი 294.21														
ლათონოიდები			57	La ლანთანი 138.91	58	Ce ცერინი 140.12	59	Pr პრომიტიუმი 140.91	60	Nd ნეოდიმუმი 144.24	61	Pm პრომიტიუმი 144.91	62	Sm სამარიუმი 150.36	63	Eu ევროპიუმი 151.96	64	Gd გადოლინიუმი 157.25	65	Tb თერბიუმი 158.93	66	Dy დისპროსიუმი 162.50	67	Ho ჰოლიმიუმი 164.93	68	Er ერბიუმი 167.26	69	Tm თულმიუმი 168.93	70	Yb იბერიუმი 173.05	71	Lu ლუთეციუმი 175.0
აქტინიდები			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 ამერიკიუმი 243.06	96	Cm კურნიუმი 247.07	97	Bk ბერკელიუმი 247.07	98	Cf კალიფორნიუმი 251.08	99	Es ეისენბერგნიუმი 252.08	100	Fm ფერმიუმი 257.10	101	Md მადონიუმი 258.10	102	No ნობელიუმი 259.10	103	Lr ლუვენიუმი 262



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



- **N** არის მკვეთრი სუნის აირი რომელიც დიდი რაოდენობით იხსნება წყალში და წარმოქმნის ძლიერ ელექტროლიტს.
- **Q** არის სუსტი მჟავა.

პასუხების შესაბამის უჯრებში დაწერეთ A – Q ნივთიერებების ფორმულები.

A Li	B N ₂	C Li ₃ N
D H ₂	E LiNH ₂	F LiH
G LiNO ₃	H LiOH	I LiN ₃
J NH ₃	K AlCl ₃	L LiAlH ₄
M LiCl	N HCl	Q HN ₃

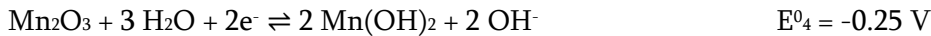
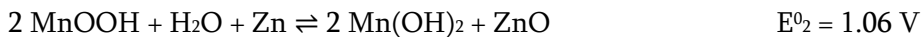
2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	სულ
1	1	1	1	1	1	1	4	1	12

ამოცანა 2. თანამედროვე ელემენტები (17%)

ნაწილი 1.

თანამედროვე ელემენტებში მიმდინარე პროცესების დროს ხდება მანგანუმის დიოქსიდის აღდგენა კათოდზე. ეს რეაქცია მიმდინარეობს ძლიერ ტუტე არეში და აერთიანებს რამდენიმე რეაქციას, რომელშიც მონაწილეობს მანგანუმის შემცველი ნაწილაკები. ქვემოთ მოცემული რეაქციები არის რეალურად მიმდინარე რეაქციების გამარტივებული აღწერა.

მოცემული რეაქციებისთვის გაზომილია პოტენციალები და ნაჩვენებია თითოეული პროცესისთვის.



აღდგენის პირველ ეტაპზე წარმოიქმნება მანგანუმის შემცველი ნაერთი, სადაც მანგანუმის ჟანგვის ხარისხი არის +3. სხვადასხვა ლიტერატურაში აღწერილია +3 მანგანუმის შემცველი სხვადასხვა ნაერთი: Mn_2O_3 , MnOOH და Mn(OH)_3 .

2.1. დაწერეთ MnOOH და Mn(OH)_3 წარმოქმნის რეაქციის ტოლობები, Mn_2O_3 და წყლის მონაწილეობით.



2.2. გამოთვალეთ ΔG^0 რეაქციისთვის $Mn_2O_3 \rightarrow Mn(OH)_3$.

$\Delta G^0 = 77 \text{ kJ}$		
გამოთვლები:		
$2 Mn(OH)_3 + 2e^- \rightleftharpoons 2 Mn(OH)_2 + 2 OH^-$		$E^0_3 = 0.15 \text{ V}$
$Mn_2O_3 + 3 H_2O + 2e^- \rightleftharpoons 2 Mn(OH)_2 + 2 OH^-$		$E^0_4 = -0.25 \text{ V}$
$Mn_2O_3 + 3 H_2O \rightleftharpoons 2 Mn(OH)_3$		$E^0_7 = E^0_4 - E^0_3 = -0.40 \text{ V}$
		$\Delta G^0_7 = -z \cdot F \cdot E^0_7 = 77 \text{ kJ}$

2.3. გამოთვალეთ ΔG^0 რეაქციისთვის $Mn_2O_3 \rightarrow MnOOH$

$\Delta G^0 = 5.8 \text{ kJ}$		
გამოთვლები:		
$2 MnOOH + H_2O + Zn \rightleftharpoons 2 Mn(OH)_2 + ZnO$		$E^0_2 = 1.06 \text{ V}$
$Zn + 2 OH^- \rightleftharpoons ZnO + H_2O + 2e^-$		$E^0_1 = 1.28 \text{ V}$
$2 MnOOH + 2 H_2O + 2e^- \rightleftharpoons 2 Mn(OH)_2 + 2 OH^-$		$E^0_8 = E^0_2 - E^0_1 = -0.22 \text{ V}$
$Mn_2O_3 + 3 H_2O + 2e^- \rightleftharpoons 2 Mn(OH)_2 + 2 OH^-$		$E^0_4 = -0.25 \text{ V}$
$Mn_2O_3 + H_2O \rightleftharpoons 2 MnOOH$		$E^0_9 = E^0_4 - E^0_8 = -0.03 \text{ V}$
		$\Delta G^0_9 = -z \cdot F \cdot E^0_9 = 5.8 \text{ kJ}$

2.4. გამოთვალეთ $Mn(OH)_2$ -ის ხსნადობის ნამრავლი.

$K_{sp} = 1.42 \cdot 10^{-13}$		
გამოთვლები:		
$Mn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mn$	$E^0_5 = -1.18 \text{ V}$	$\Delta G^0_5 = -z \cdot F \cdot E^0_5 = 228 \text{ kJ}$
$Mn(OH)_2 + 2e^- \rightleftharpoons Mn + 2 OH^-$	$E^0_6 = -1.56 \text{ V}$	$\Delta G^0_6 = -z \cdot F \cdot E^0_6 = 301 \text{ kJ}$
$Mn(OH)_2 \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2 OH^-$		$\Delta G^0_{10} = \Delta G^0_6 - \Delta G^0_5 = 73.3 \text{ kJ}$
		$K_L = e^{\frac{\Delta G^0_{10}}{-R \cdot T}} = 1.42 \cdot 10^{-13}$

ნაწილი 2.

გარემოზე მავნე ზემოქმედების გამო ოკეანის pH შესაძლოა თანდათან შემცირდეს, რაც გამოიწვევს ზღვის წყლის შემჟავებას. ამას შესაძლოა მოჰყვეს კირქვის შემცველი მარჯნის რიფების დაზიანება. მათი შენარჩუნება შესაძლებელია მხოლოდ მაღალი pH-ის პირობებში.

CaCO₃, წარმოადგენს ორთორომბულ არაგონიტს. კალციუმის იონების კონცენტრაცია ზღვის წყალში საშუალოდ შეადგენს 0.42 გ/ლ, არაორგანული ნახშირბადის შემცველობა რომელიც არსებობს H₂CO₃; HCO₃⁻ და CO₃²⁻ სახით ზღვის წყალში, შეადგენს 2.3 · 10⁻³ მოლი/ლ.

$$K_{sp}(\text{CaCO}_3) = 8.7 \cdot 10^{-9}$$

$$\text{H}_2\text{CO}_3: K_{a1} = 4.3 \cdot 10^{-7}; K_{a2} = 5.6 \cdot 10^{-11}$$

2.5 გამოთვალეთ კარბონატ იონების მინიმალური რაოდენობა, რომელიც საჭიროა კირქვის წარმოქმნისთვის.

$[\text{CO}_3^{2-}] = 8.3 \cdot 10^{-7}$ მოლი/ლ
გამოთვლები:
$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{0.42}{40.08} = 0.0105$ მოლი/ლ
$[\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = 8.7 \cdot 10^{-9} \quad \rightarrow \quad [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{8.7 \cdot 10^{-9}}{[\text{Ca}^{2+}]} = \frac{8.7 \cdot 10^{-9}}{0.0105} = 8.3 \cdot 10^{-7}$ მოლი/ლ

2.6 გამოთვალეთ მაქსიმალური pH, რომელზეც კირქვა დაიწყებს გახსნას.

pH = 6.92
გამოთვლები:
$\frac{[\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} = 5.6 \cdot 10^{-11} \quad \rightarrow$
$[\text{HCO}_3^-] = \frac{[\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{5.6 \cdot 10^{-11}} = \frac{8.302 \cdot 10^{-7}}{5.6 \cdot 10^{-11}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] = 14826 \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]$
$[\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] = 2.3 \cdot 10^{-3}$ მოლი/ლ \rightarrow
$[\text{H}_2\text{CO}_3] = 2.3 \cdot 10^{-3} - 14826 \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] - 8.302 \cdot 10^{-7}$
$\frac{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{14826 \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]^2}{2.299 \cdot 10^{-3} - 14826 \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]} = 4.3 \cdot 10^{-7} \quad \rightarrow \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 1.21 \cdot 10^{-7}$
$\rightarrow \quad \text{pH} = 6.92$

ნაწილი 3.

მოცემული გაქვთ ძმარმჟავა, რომლის საწყისი კონცენტრაცია არის $c = 0.100$ მოლი/ლ

ძმარმჟავა: $pK_a = 4.76$

2.7 გამოთვალეთ მოცემული ხსნარის pH. წყლის ავტოპროტოლიზი შეიძლიათ უგულებელყოთ.

pH = 2.88
გამოთვლები: pH = $0.5 \cdot (4.76 - \log(0.1)) = 2.88$

ზემოთ მოცემულ ხსნარს დაამატეს იგივე მოცულობის განზავებული გოგირდჟავა, რის შედეგადაც pH-ის მნიშვნელობა შემცირდა 0.3 ერთეულით, 2.7 კითხვაში გამოთვლილ მნიშვნელობასთან შედარებით.

გოგირდმჟავა: $pK_{a1} = -2.00$; $pK_{a2} = 1.92$

2.8 გამოთვალეთ ნარევიში არსებული თითოეული ნაწილაკის კონცენტრაცია. სადაც საჭიროა ისარგებლეთ საჭირო დაშვებით, იმ ნაწილაკებისთვის რომელთა უგულებელყოფაც შესაძლებელია.

$[HAc] \approx 0.05$	$[Ac^-] = x$	$[H_2SO_4] \approx 0$	$[HSO_4^-] = a$	$[SO_4^{2-}] = b$
$[H_3O^+] = 10^{-(2.88-0.300)} = 10^{-2.58} = 0.00263$ მოლი/ლ				
$\frac{x \cdot 0.00263}{0.05} = 10^{-4.76}$	\rightarrow	$x = 0.0003303$ მოლი/ლ		
$[H_3O^+] = x + a + 2b$	\rightarrow	$0.00263 = 0.0003303 + a + 2b$		
$\frac{b \cdot 0.00263}{a} = 10^{-1.92}$	\rightarrow	$b = \frac{10^{-1.92} \cdot a}{0.00263} = 4.571 \cdot a$		
	\rightarrow	$0.00263 = 0.0003303 + a + 2 \cdot 4.571 \cdot a$		
	\rightarrow	$a = 0.000227$ მოლი/ლ		
	\rightarrow	$b = 0.00104$ მოლი/ლ		

2.9 გამოთვალეთ განზავებული გოგირდმჟავას კონცენტრაცია, რომელიც დაამატეს საწყის ძმარმჟავას ხსნარს.

$c = 0.00251$ მოლი/ლ
გამოთვლები: სრული $c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = a + b = 0.001253$ მოლი/ლ განზავებამდე: $c = 0.00251$ მოლი/ლ

3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	სულ
4	5	5	2	2	18

ამოცანა 3. კინეტიკურ-იზოტოპური ეფექტი. (19%)

ატომთა იზოტოპები ერთნაირ ქიმიურ პრინციპებს ემორჩილება, რასაც ვერ ვიტყვით მათ დინამიკაზე, კერძოდ, იზოტოპთა სხვადასხვა მასა განაპირობებს რეაქციის სიჩქარის განსხვავებულობას. უფრო ზუსტად რომ ვთქვათ, კინეტიკურ-იზოტოპური ეფექტი არის მოვლენა, როდესაც იზოტოპით ჩანაცვლებული მოლეკულები რეაქციაში ავლენენ სხვადასხვა სიჩქარეს. 1933 წელს ამ ფენომენის პოსტულატი წამოაყენეს კარლ პოლანმა და ჰენრი ეირინგმა. მას შემდეგ კინეტიკურ-იზოტოპურმა ეფექტმა გაშიფრა არაერთი ორგანული და ბიოქიმიური რეაქციების მექანიზმები.

დიატომური მოლეკულის რხევა ჰგავს ზამბარით გადაბმული ორი სხეულის ჰარმონიულ ოსცილირებას. შესაბამისად, რხევის სიხშირე გამოითვლება ფორმულით:

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

სადაც v რხევის სიხშირეა [ჰც=1/წმ]; k ძალური მუდმივაა [კგ/წმ²]; μ მერხევ ატომთა დაყვანილი მასაა კგ-ში, რომელიც გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

რასაკვირველია, ამ რხევას ექნება ენერგია. ვიბრაციული დონეები დაკვანტულია და რხევის ენერგია $[x]$ n -ურ დონეზე ($n = 1, 2, \dots$) გამოითვლება შემდეგი ფორმულის საშუალებით:

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) h\nu, \text{ სადაც } h \text{ პლანკის მუდმივაა } [x * \text{წმ}].$$

აღსანიშნავია, რომ, მაგ., ინფრაწითელი სპექტრის ანალიზში სიხშირის მაგივრად გამოიყენება რხევის ტალღური რიცხვი, რომელიც წარმოადგენს ტალღის სიგრძის შებრუნებულ სიდიდეს $1/\lambda$ [1/მ].

3.1. განვიხილოთ მარტივი ორატომიანი მოდელი ¹H¹⁹F. გამოთვალეთ ჰარმონიული რხევის ტალღური რიცხვი სმ⁻¹ ერთეულებში და პირველი ორი დონის ვიბრაციული ენერგია ჯოულებში. ჰარმონიულ-ძალური მუდმივა არის $k = 968$ კგწმ⁻²

დაყვანილი მასა:

$$\mu = \frac{m_F m_H}{m_F + m_H} = \frac{1 \cdot 19}{1 + 19} = 0.95 \text{ ბ.ა.გ.} = 1.578 \cdot 10^{-27} \text{ კგ}$$

**(დაყვანილი მასის გამოთვლა: 1 ქულა.
თუ ბ.ა.გ. თუ კგ-ში არაა გადაყვანილი, მაშინ 0.5 ქულა)**

ტალღური რიცხვი:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c} = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{\mu}} = \frac{1}{2\pi * 2.9979 * 10^8} \sqrt{\frac{968}{1.578 * 10^{-27}}} = 4.159 * 10^5 \text{ } \sigma^{-1} = 4159 \text{ } \text{ს}\sigma^{-1}$$

ტალღური რიცხვის გამოთვლა: 1 ქულა.

თუ σ^{-1} არასწორადაა გადაყვანილი $\text{ს}\sigma^{-1}$ -ში, მაშინ 0.75 ქულა;

ენერგიები:

$$E_0 = \frac{1}{2} h\nu = \frac{1}{2} \frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{2} * 6.626 * 10^{-34} * 2.9979 * 10^8 * 4.159 * 10^5 = 4.13 * 10^{-20} \text{ } \text{ჯ}$$

$$E_1 = \frac{3}{2} \frac{hc}{\lambda} = 1.24 * 10^{-19} \text{ } \text{ჯ}$$

ენერგიების დათვლა: 2 ქულა;

გამოთვლებში/გადაყვანაში/ერთეულებში/ფორმულაში დაშვებულ ყოველ შეცდომაზე აკლდება 0.25 ქულა

3.2. იზოტოპური ჩანაცვლება მოლეკულაში პოტენციური ენერგიის ზედაპირს არ ცვლის. აქედან გამომდინარე, k მუდმივია. მოცემული მოლეკულებისთვის ვიბრაციული რხევების ტალღური რიცხვებია: ${}^1\text{H}^A\text{X}$ ($2439.0 \text{ } \text{ს}\sigma^{-1}$) და ${}^2\text{D}^{A+2}\text{X}$ ($1734.8 \text{ } \text{ს}\sigma^{-1}$). იპოვეთ უცნობი ელემენტი X.

$\frac{\frac{1}{\lambda_1}}{\frac{1}{\lambda_2}} = \frac{\frac{\nu_1}{c}}{\frac{\nu_2}{c}} = \frac{\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu_1}}}{\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu_2}}} = \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}}$	1 ქულა
$\mu_1 = \frac{1 \cdot A}{1 + A}; \mu_2 = \frac{2 \cdot (A + 2)}{2 + A + 2};$	1 ქულა
$\left(\frac{\frac{1}{\lambda_1}}{\frac{1}{\lambda_2}} \right)^2 = \frac{2(A + 2)(A + 1)}{A(A + 4)}$	1 ქულა

$\frac{1}{2} \left(\frac{2439.0}{1734.8} \right)^2 = \frac{A^2 + 3A + 2}{A^2 + 4A},$	1 ქულა
<p>საიდანაც $A=79.4$ მ.ა.ე და $A+2=81.4$ მ.ა.ე., მაშასადამე, $X=Br$. ეს ელემენტია ბრომი.</p> <p>კვადრატული განტოლების მეორე ფესვი $A=2.155$, რომელიც შეესაბამება $A=2$ მ.ა.ე.-ს მქონე ელემენტს. ასეთია დეიტერიუმი, წყალბადის იზოტოპი, მაგრამ $A+2=4$, ხოლო წყალბადის მსგავსი იზოტოპი არ არსებობს. მაშასადამე $A=2.155$ გარეშე ფესვია. პასუხი: ბრომი.</p> <p style="color: red; text-align: center;">გამოთვლაში დაშვებულ ყოველ შეცდომაზე აკლდება 0.25 ქულა</p>	1 ქულა

ნულოვანი რხევის ენერჯიას (Zero-Point Vibrational Energy, i.e. ZPVE) კინეტიკურ-იზოტოპურ ეფექტში გადამწყვეტი როლი აქვს. თუ დავუშვებთ, რომ ბმა სრულიადაა გაწყვეტილი გარდამავალ (შუალედურ) მდგომარეობაში და ამ დროს მხოლოდ ნულოვანი რხევის ენერჯია მუშაობს, მაშინ აქტივაციის ენერჯიებს შორის სხვაობის მოდული უდრის ნულოვანი რხევის ენერჯიებს შორის სხვაობას. ტალღური რიცხვები C-H და C-D ბმებისათვის არის შესაბამისად 2900 სმ^{-1} და 2100 სმ^{-1} .

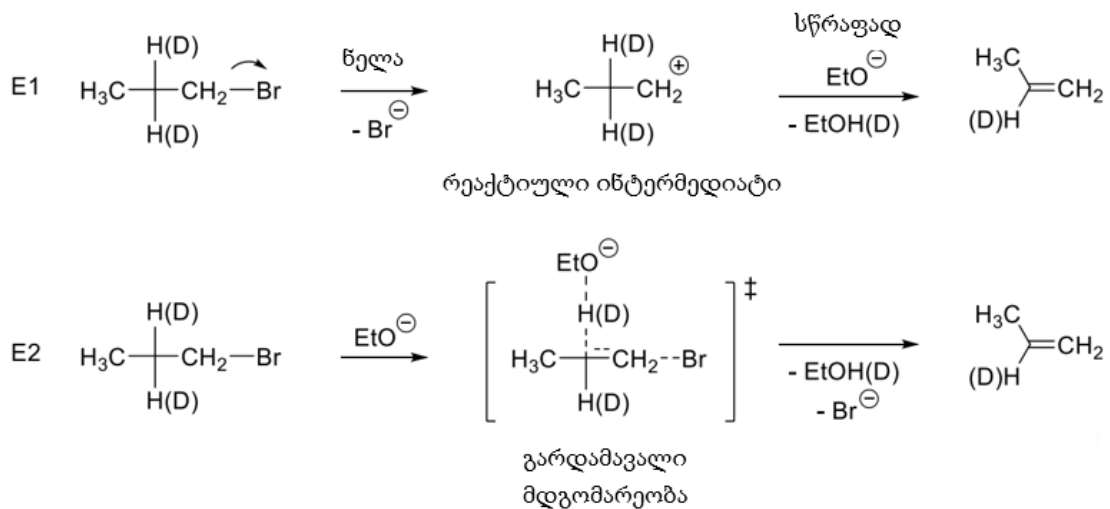
3.3. განიხილეთ მოცემულ ბმათა გაწყვეტის რეაქციები და გამოთვალეთ ამ რეაქციების სიჩქარის მუდმივათა თანაფარდობა $K(C-H)/K(C-D)$ 300 K-ზე. გაითვალისწინეთ მხოლოდ ნულოვანი რხევის ენერჯიები.

<p>არენიუსის განტოლების მიხედვით, საძიებელი თანაფარდობაა:</p> $\frac{K(C-H)}{K(C-D)} = \frac{K_1}{K_2} = e^{\frac{E_{a2}-E_{a1}}{RT}}$	1 ქულა
<p>ამოცანის პირობის თანახმად:</p> $E_{a2} - E_{a1} = E_0(C-H) - E_0(C-D) = E_{01} - E_{02}$	1 ქულა
$E_{01} = \frac{1}{2} \frac{hc}{\lambda_1} N_A = \frac{1}{2} * 2.9979 * 10^8 * 6.626 * 10^{-34} * 6.022 * 10^{23} * 2.9 * 10^5$ $= 17345.12 \text{ კჯ/მოლი}$	1 ქულა

$E_{02} = \frac{1}{2} \frac{hc}{\lambda_2} N_A = \frac{1}{2} * 2.9979 * 10^8 * 6.626 * 10^{-34} * 6.022 * 10^{23} * 2.1 * 10^5$	1 ქულა
$\frac{K_1}{K_2} = e^{\frac{E_{a2}-E_{a1}}{RT}} = e^{\frac{17345.12-12560.26}{8.314*300}} = e^{1.9184} = 6.81$	1 ქულა
გამოთვლაში დაშვებულ ყოველ შეცდომაზე აკლდება 0.25 ქულა	

კინეტიკურ-იზოტოპური ეფექტი რეაქციათა მექანიზმებში მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლევა სიჩქარის განმსაზღვრელი საფეხურის დასადგენად. 1-ბრომპროპანიდან და 1-ბრომ-2,2-დიდეიტერიოპროპანიდან პროპენის წარმოქმნისას ტუტე ხსნარში თანაფარდობა k_H/k_D ტოლია 6.5.

E1 მიმდინარეობს 2 საფეხურად: კარბკატიონის შუალედური პროდუქტის მიღებით, რომლის შემდეგაც წყდება H^+ . E2 რეაქცია ერთ საფეხურად მიმდინარეობს, კერძოდ, ჰალოგენისა და მეზობელი წყალბადის ატომი სინქრონულად (ორკესტრირებულად) ელიმინირდება.



3.4. რომელი რეაქციის მექანიზმით მიდის აღნიშნული პროცესი, E1-ით თუ E2-ით?

E2 ელიმინირებით. კინეტიკურ-იზოტოპური ეფექტის მნიშვნელობა 6.5 მიანიშნებს, რომ C-H/D ბმა წყდება სიჩქარის განმსაზღვრელ საფეხურზე.	2 ქულა
---	--------

განვიხილოთ 2-ბრომ-3,3-დიდეიტერიო-2-მეთილბუტანი და მისი მსუბუქი ანალოგი. მათ ეთანოლში ახურებენ.

3.5. როგორი იქნება კინეტიკურ იზოტოპური ეფექტი ამ შემთხვევაში?

მესამეული სუბსტრატისთვის უნდა ვივარაუდოთ E1 მექანიზმი, რომლის დროსაც C-H/D ბმა არაა გაწყვეტილი პირველ საფეხურზე. აქედან გამომდინარე ფარდობა k_H/k_D ახლოს იქნება 1-თან.	2 ქულა
--	--------

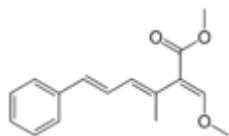
A	B	C	D	E	F	G	H	სულ
2	2	2	2	2	2	2	2	16

ამოცანა 4. აზოქსისტრობინი (25%)

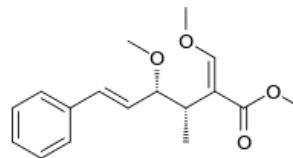


აზოქსისტრობინი აღმოჩენილი იქნა ევროპის კონტინეტზე გავრცელებული თეთრი ან მოყავისფრო სოკოების *Oudemansiella mucida* და *Strobilurus tenacellus* შესწავლისას.

ამ პატარა, სულ რამდენიმე სანტიმეტრი სიმაღლის სოკოებმა მეცნიერთა ყურადღება მიიპყრეს მეტად თავისებური თავდაცვითი მექანიზმით, რომელიც მდგომარეობს ტოქსინების strobilurin A და oudemansin A სეკრეციაში. ორივე ნაერთს შეუძლია მწერების გარკვეულ დისტანციაზე მოკვლა. ამ მექანიზმის შესწავლისას გაირკვა, რომ მწერებზე ლეტალური მოქმედება განპირობებული იყო ამ ორი ნაერთის საფუძველზე აზოქსისტრობინის წარმოქმნით.

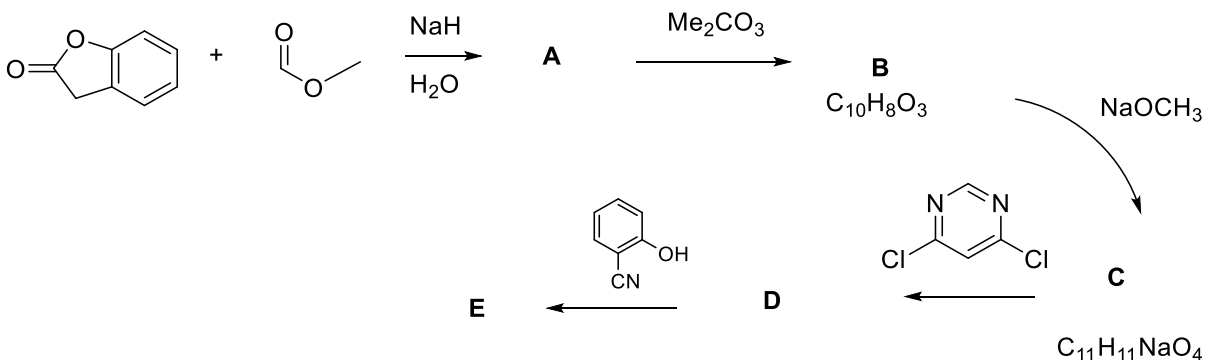


strobilurin A

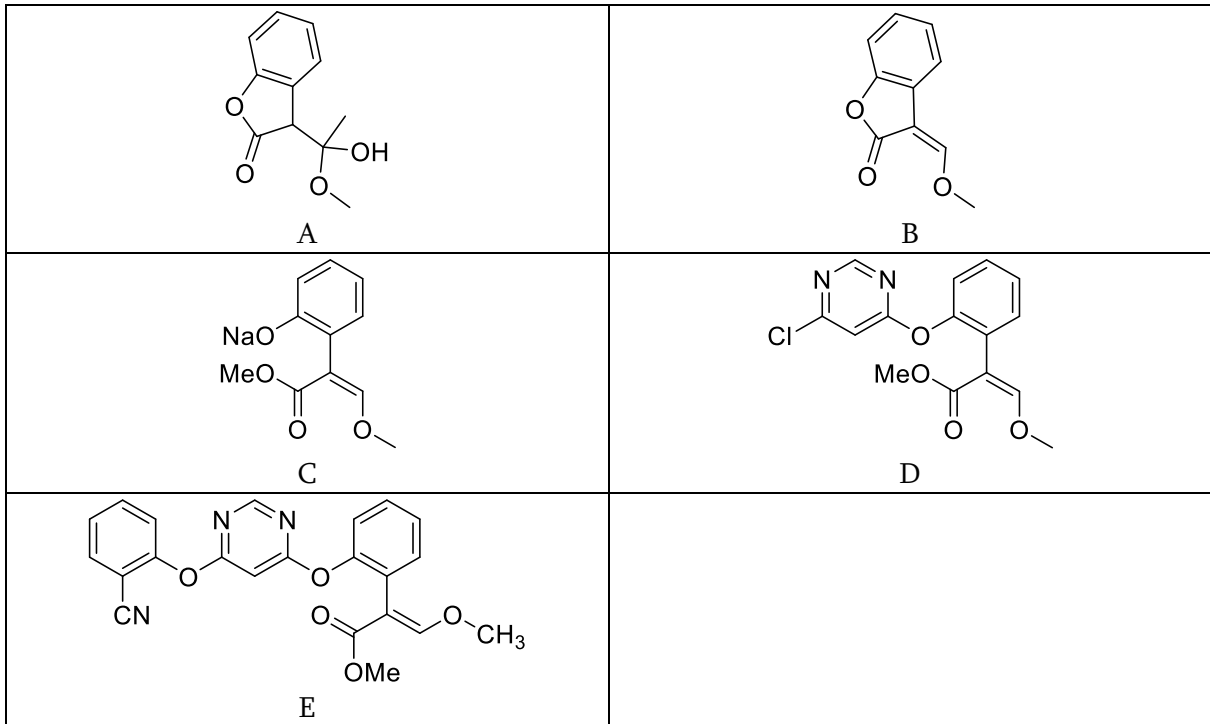


oudemansin A

მისი ეს თვისება გამოყენებული იქნა მცენარეთა დაცვაში, როგორც ინსექტიციდი. აზოქსისტრობინის სინთეზი პირველად განახორციელა კრისტოფერ ჯოდჯრემი (Jealott's Hill International Research Centre in Bracknell, UK) ბენზოფურან-2(3H)-ნისა და მეთილფორმატის გამოყენებით.



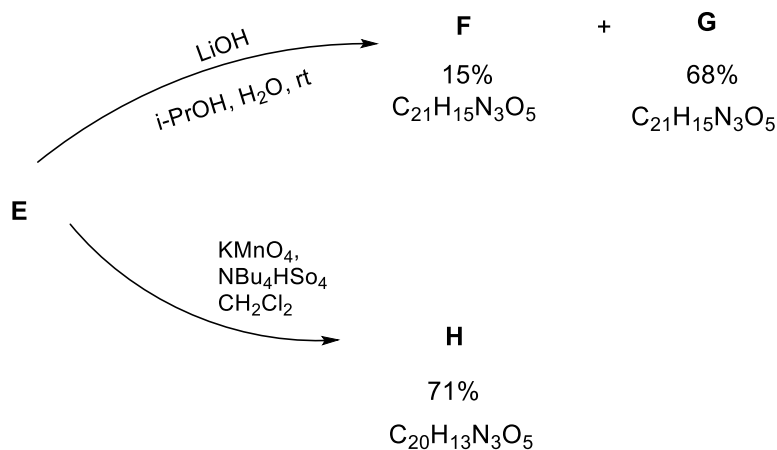
დაწერეთ A-E მოლეკულების სტრუქტურული ფორმულები:



აზოქსისტრობინი იმდენად ეფექტური ინსექტიციდი აღმოჩნდა, რომ იგი ძალიან მალე მთელს მსოფლიოში გავრცელდა. 2009 წელს მისმა წარმოებამ 4000 ტონას გადააჭარბა.

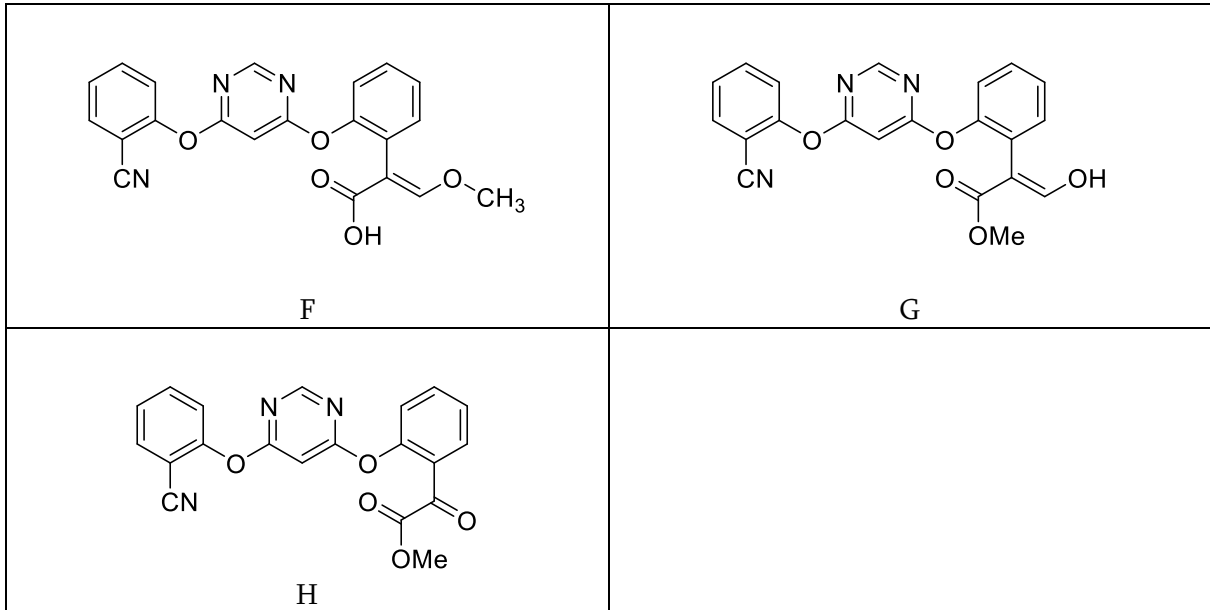
მაგრამ მოგვიანებით აღმოჩენილი იქნა რომ, მისი გარდაქმნის პროდუქტების მაღალი ტოქსიკურობის გამოირჩეოდნენ მდინარეებისა და ოკეანეების ბინადარი ცოცხალი ორგანიზმებისათვის.

აზოქსისტრობინის გარდაქმნის ერთ-ერთი შესაძლო გზა მოცემულია შემდეგ სქემაზე:



დაწერეთ **F-G** ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები, თუ ცნობილია, რომ

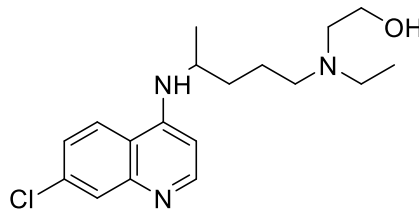
- $pK_a(F) \ll pK_a(G)$
- $pK_a(H) \sim 50$



5.1	5.2	სულ
2x6=12	2x4=8	20

ამოცანა 5. ჰიდროქსიქლოროქინი (22%).

(RS)-2-[[4-[(7-ქლოროქინოლინ-4-ილ)ამინო]პენტილ](ეთილ)ამინო]ეთანოლი - ესაა ზუსტი, IUPAC-ის, დასახელება ჰიდროქსიქლოროქინისა, რომელსაც აფთიაქში პლაქველინის სახელით იცნობენ. იგი მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ დასინთეზდა. “მისი წინამორბედი, ქლოროქინი, 1934 წელს გაჩნდა ბაიერის მამულებში ჰანს ანდერესაგის დახმარებით. სანამ ქვეყნიერების სამსახურში იყო, ბევრ ვირუსსა და ოხრობას მოსჭრა თავი. მაგრამ ცოტა ფიცხი ბუნების მოლექულა გახლდათ, მუშაობისას ზოგჯერ პაციენტებსაც ეუხეშებოდა ხოლმე, ამიტომ ნელ-ნელა აქციეს ზურგი”¹.



ჰიდროქსიქლოროქინი

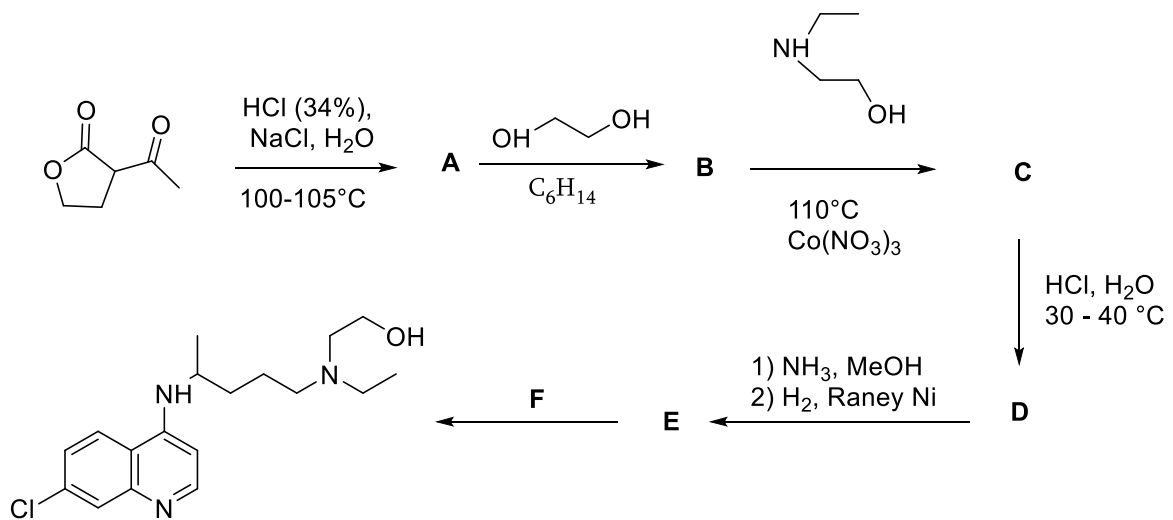
ჰიდროქსიქლოროქინი გამოიყენება პაციენტებში, რომლებსაც აუტოიმუნური დაავადება ან მალარია აქვთ. ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციის მარტის განცხადებით ჰიდროქსიქლოროქინის საცდელი გამოყენება ახალი კორონავირუსის, SARS-CoV-2-ის მიერ გამოწვეულ COVID-19-ის ინფექციის დროს მისაღები იყო, თუმცა, 17 ივნისის განცხადების და ახალი კვლევების/„სამხილების“ მიხედვით („Solidarity“-ის მონაცემები) აღმოჩნდა, რომ იგი სიკვდილიანობას არ ამცირებს COVID-19-ის პაციენტებში².

ჰიდროქსიქლოროქინს ერთი ქირალური ცენტრი აქვს და ორივე ენანტიომერს მსგავსი ბიოლოგიური აქტიურობა გააჩნია. დღეისათვის შემუშავებულია ჰიდროქსიქლოროქინის სინთეზის რამდენიმე გზა. ქვემოთ მოცემული გაქვთ ფ, გუპტონის მიერ შემოთავაზებული მეთოდი³.

¹ ციტატა ბლოგიდან ე. ელიზბარაშვილი, „იქნებ, დამიძახონ“, ინტერნეტ გაზეთი „მასწავლებელი“ 2020 წ., <http://mastsavlebeli.ge/?p=25087>

² <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/q-a-hydroxychloroquine-and-covid-19#>

³ Yu, E.; Mangunuru, H. P. R.; Telang, N. S.; Kong, C. J.; Verghese, J.; Gilliland III, S. E.; Ahmad, S.; Dominey, R. N.; Gupton, B. F. Beilstein J. Org. Chem. 2018, 14, 583–592. doi:10.3762/bjoc.14.45. doi: 10.3762/bjoc.14.45

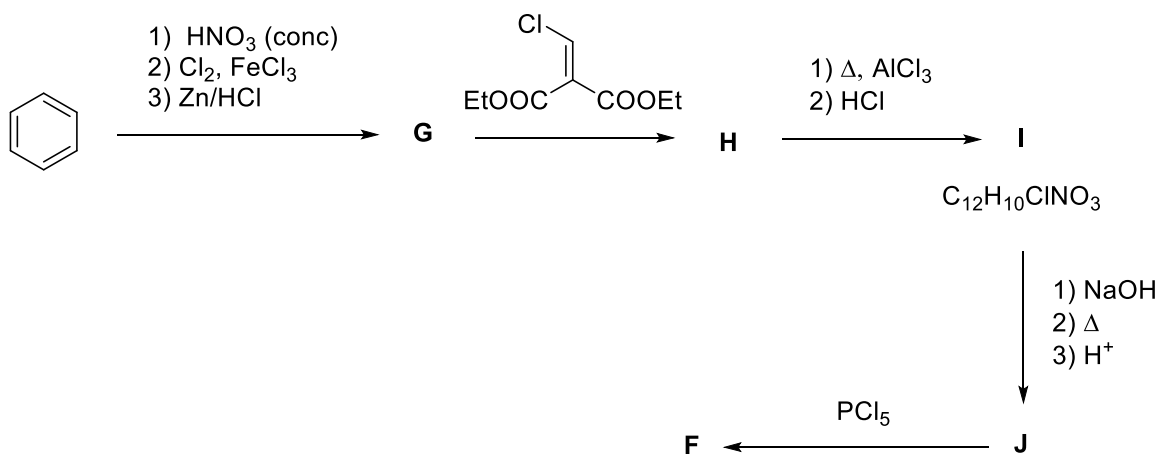


5.1. დაწერეთ A-F ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები, თუ ცნობილია, რომ

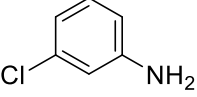
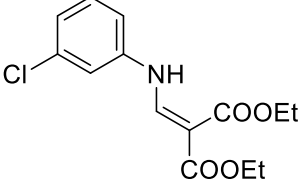
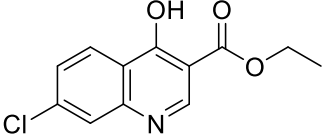
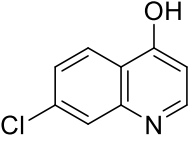
- A ნივთიერება ქლორის ერთ ატომს შეიცავს;
- H → I საფეხურზე მიმდინარეობს ციკლიზაცია;
- F ბიციკლური ნაერთია.

<p>C_5H_9ClO A</p>	<p>$C_7H_{13}ClO_2$ B</p>	<p>$C_{11}H_{23}NO_3$ C</p>
<p>$C_9H_{19}NO_2$ D</p>	<p>$C_9H_{22}N_2O$ E</p>	<p>F</p>

ნაერთი F შესაძლებელია მიღებული იქნეს შემდეგი თანმიმდევრული გარდაქმნების მიხედვით:



5.2. დაწერეთ G-J ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები:

 <p style="text-align: center;">G</p>	 <p style="text-align: center;">$C_{14}H_{16}ClNO_4$</p> <p style="text-align: center;">H</p>	 <p style="text-align: center;">$C_{12}H_{10}ClNO_3$</p> <p style="text-align: center;">I</p>
 <p style="text-align: center;">C_9H_6ClNO</p> <p style="text-align: center;">J</p>		