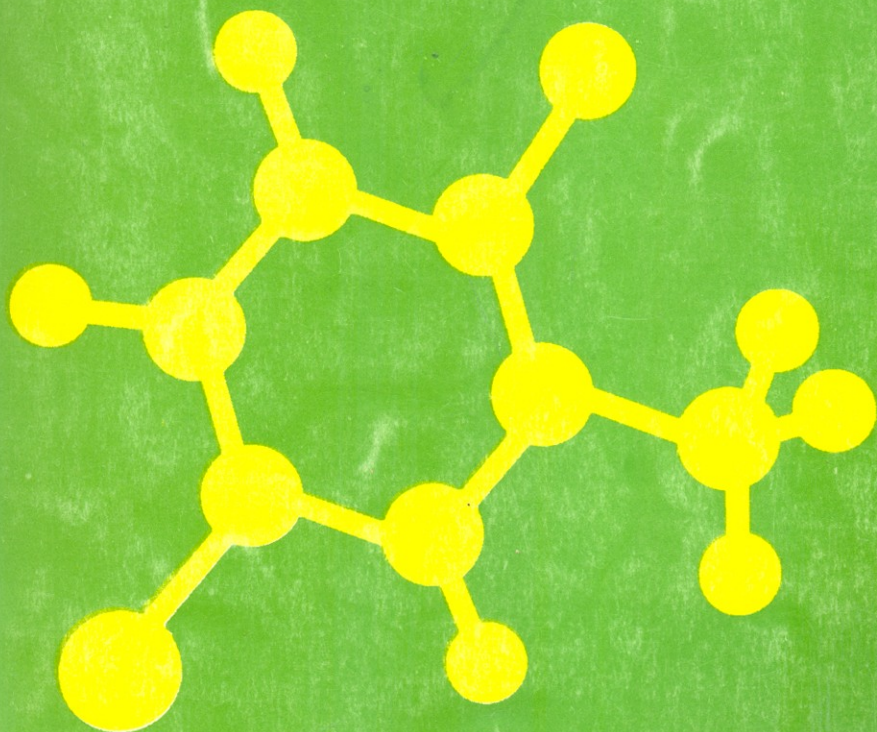


ორბანული



ქიმიკოსთა

XI



ბ. ჭირაქაძე, მ. მამიაშვილი,  
ქ. კეპულარია



# ორგანული ქიმია

საბუნებისმეტყველო პროფილის  
XI კლასის სახელმძღვანელო

მეორე შესწორებული გამოცემა  
დაამტკიცა საქართველოს განათლების სამინისტრომ

პროფ. ბ. ჭირაქაძის რედაქციით

გამომცემლობა „განათლება“  
თბილისი - 1998

*ბუხნიძე*

წიგნი შედგენილია თბილისის I-ლი და 51-ე საშუალო სკოლების გაკვეთილების ციკლისა და აგრეთვე თბილისის მასწავლებელთა დახელოვნების ინსტიტუტის ლექციების კურსის საფუძველზე. იგი განკუთვნილია ზოგადსაგანმანათლებლო საშუალო სკოლების საბუნებისმეტყველო პროფილის XI კლასებისათვის.

I-VI ნაწილები დაწერილია გ. ჭირაქაძისა და მ. მამიაშვილის მიერ.

ლაბორატორიული პრაქტიკუმი შედგენილია გ. ჭირაქაძისა და ფ. კეპულარაიას მიერ.

სახელმძღვანელოს გამოყენება შეიძლება არაპროფილური კლასებისთვისაც (ტექსტის ის ნაწილი, რომელიც აწყობილია ჩვეულებრივი შრიფტით).

**რეცენზენტები:** თსუ-ის ორგანული ქიმიის კათედრის გამგე პროფ. შ. სამსონიძე  
სულხან-საბა ორბელიანის სახ. სახელმწიფო პედაგოგიური  
უნივერსიტეტის ქიმიის კათედრის გამგე პროფ. რ. მანხიშვილი  
თბილისის მასწავლებელთა დახელოვნების ინსტიტუტის  
ქიმიის კაბინეტის გამგე ნ. ჯაფარიშვილი  
ქიმიის მასწავლებლები: მ. გოღრიძეშვილი, მ. მრისთავი,  
ვ. კახანიძე

კ 297.3.892



ორგანული ქიმიის ზოგადი ცნებები

I ტაპი

შესავალი

§ 1. ორგანული ქიმიის სახანი

თქვენ იწყებთ ორგანული ქიმიის შესწავლას.

მიმოიხედეთ ირგვლივ — პური, შაქარი და კვების სხვა პროდუქტები, რეზინის ნაკეთობანი, საწვავი, ტანსაცმელი, სკოლის ჩანთა, წიგნები, ვიდეოფირი, ბურთი, ყვავილები, სისხლი და სხვ. ძირითადად შედგება ორგანული ნაერთებისაგან. ცოცხალი ორგანიზმის ზრდა-განვითარება, დაავადება და სიკვდილი, შთამომავლობითი ნიშნების გადაცემა, რძის პროდუქტების, ღვინის დამზადება და მრავალი სხვა დაკავშირებულია ორგანული ნაერთების გარდაქმნასთან.

გადაქარბებული არ იქნება, თუ ვიტყვით, რომ **ადამიანი არსებობს და მოღვაწეობს ორგანულ ნაერთთა სამყაროში.**

ადამიანი უძველესი დროიდან იყენებდა ორგანულ ნაერთს, როგორც კვების პროდუქტს, საწვავს, ქსოვილს, საღებარს, სამკურნალო და კოსმეტიკურ პრეპარატებს და ა.შ. ორგანული ქიმიის, როგორც დამოუკიდებელი მეცნიერების, ჩამოყალიბება დაიწყო XIX საუკუნის მეორე ნახევრიდან. ეს დაკავშირებული იყო ექსპერიმენტული და თეორიული ქიმიის, ასევე მონათესავე დარგების — ფიზიკის, მათემატიკისა და ბიოლოგიის დიდ მიღწევებთან. ბუნებრივი ნაერთებიდან გამოყოფილ იქნა ბენზინი და კაუჩუკი, სინთეზირებით მიიღეს ცხიმი და აცეტილენი, საღებრები, სამკურნალო პრეპარატები და მრავალი სხვა.

ატომის რთული აღნაგობის შესწავლა, ვალენტობის ცნების ჩამოყალიბება, მრავალი ნაერთის ქიმიური შედგენილობის, აღნაგობისა და რეაქციისუნარიანობის დადგენა XIX—XX საუკუნეთა თეორიული ქიმიის ძირითადი მიღწევებია.

ორგანული სინთეზი მნიშვნელოვნად განვითარდა XX საუკუნეში. ბუნებრივი აირებისაგან, ნავთობისა და ქვანახშირის ფისისაგან მიღებულია მრავალი ორგანული ნივთიერება, რომელიც ბუნებაში არ მოიპოვება, მაგალითად, პლასტმასა, სინთეზური ბოჭკო, სხვადასხვა სახის კაუჩუკი, სამკურნალო პრეპარატები, ფეთქებადი ნივთიერებები, საღებრები და ა.შ.

სინთეზით მიღებულ ნივთიერებათა რაოდენობა ბუნებაში არსებულ ნივთიერებათა რაოდენობაზე მეტია.

ქიმიური მრეწველობის განვითარება ახალი მასალების წარმოების საძლებლობას იძლევა. ეს მასალები ზოგიერთი თვისებებით ხშირად ბუნებრივზე უკეთესია, ამიტომ მათ წარმატებით იყენებენ მრეწველობის სხვადასხვა დარგში.

თანამედროვე ორგანული ქიმია განვითარების ისეთ საფეხურზე ავიდა, რომ უჯრედში მოლეკულებს შორის მიმდინარე პროცესების ღრმად შესწავლის შესაძლებლობას იძლევა. სინთეზურად მიღებულია საკმაოდ რთული აღნაგობის ნაერთები – ზოგიერთი ჰორმონი, ფერმენტი, ვიტამინი, ცილა.

ორგანული ქიმიის განვითარებასა და დამოუკიდებელ მეცნიერებად ჩამოყალიბებაში დიდი ღვაწლი მიუძღვით ფ. კეკულეს და ა. ბუტლეროს, ი. ვანტ-ჰოფს და ჟ. ლე ბელს, მ. ბერტლოს, ნ. ზინინსა და სხვ.

საქართველოში ორგანული ქიმიის განვითარება დაკავშირებულია პ. მელიქიშვილის სახელთან. ამჟამად ქიმიური მრეწველობის მნიშვნელოვანი კერაა ქ. რუსთავი, სადაც ქიმიურ ქარხნებში ღებულობენ სხვადასხვა ორგანულ ნაერთს, რომელთა გამოყენების სფერო ძალიან ფართოა.

ორგანული ქიმია ითვლება სახალხო მეურნეობის ქიმიზაციის, ქვეყნის ეკონომიკური დონის განმსაზღვრელ ერთ-ერთ ფაქტორად.

### ქიმიური ნაერთების ისტორიული კლასიფიკაცია

სხვადასხვა ბუნებრივი ნაერთიდან გამოყოფილ ნივთიერებათა სისტემატიზების ცდა დაიწყო XVIII საუკუნის მეორე ნახევრიდან. ამ დროისათვის უკვე აღმოჩენილი იყო მცენარეთა და ცხოველთა ორგანიზმების შედგენილობაში შემავალი მრავალი ნივთიერება. მკვლევარებმა შესაძლებლად ცნეს ცნობილი ბუნებრივი პროდუქტების სამ კლასად დაყოფა: მინერალურ, მცენარულ და ცხოველურ ნივთიერებად. ამრიგად, ნივთიერებათა კლასიფიკაციას საფუძვლად დაედო მათი წარმოშობა. შვედი მეცნიერის ი. ბერცელიუსის წინადადებით (1808 წ.) ორგანიზმებიდან მიღებულ ნივთიერებებს (მცენარულს და ცხოველურს) ეწოდა ორგანული ნივთიერება, ხოლო მათ შემსწავლელ მეცნიერებას – ორგანული ქიმია. სწორედ ამან განაპირობა, რომ ქიმია გაიყო ორ ნაწილად: არაორგანულ და ორგანულ ქიმიად.

ქიმიური ანალიზის მეთოდების განვითარების შედეგად დადგინდა, რომ ორგანული ნივთიერების შედგენილობაში აუცილებლად შედის ელემენტი ნახშირბადი. ამიტომ ამბობენ, რომ **ორგანული ქიმია არის ნახშირბადის ნაერთების ქიმია**. გამონაკლისია ნახშირბადის ოქსიდი, ნახშირმჟავა, მისი მარილები და ზოგიერთი სხვა ნივთიერება, რომლებიც მიეკუთვნება არა-ორგანულს, რადგან ისინი ავლენენ არაორგანული ნაერთის დამახასიათებელ თვისებებს.

ორგანული ნივთიერება ნახშირბადთან ერთად შეიცავს წყალბადს, ხშირად ჟანგბადს, აზოტს, გოგირდს, ფოსფორს, ჰალოგენებს, უფრო ნაკლებად მეტალსა და პერიოდული სისტემის თითქმის ყველა ელემენტს.

ორი ელემენტისაგან – ნახშირბადისა და წყალბადისაგან – შეიძლება მივიღოთ საოცრად მრავალფეროვანი და მრავალრიცხოვანი ნაერთები; მათ ნახშირწყალბადები ეწოდება. ნახშირწყალბადების თანდათანობითი გარდაქმნის შედეგად კი მიიღება თითქმის ყველა ორგანული ნივთიერება. ამრიგად, **ორგანული ქიმია არის ნახშირწყალბადებისა და მათგან წარმოებულიების ქიმია**.

დღეისათვის სახელი „ორგანული ქიმია“ მოიცავს არამარტო თავდაპირველ შინაარსს. დიდი ხანია ორგანულ ნივთიერებად ითვლება არა მხოლოდ ორგანიზმის შედგენილობაში შემავალი ნივთიერება, არამედ ბუნებაში არარსებული – სინთეზით მიღებული ნივთიერებაც, მაგრამ მეცნიერების ისტორიული სახელწოდება დღესაც შემორჩენილია.

აღმაინი ანსებობს და მოღვაწეობს ორგანულ ნაერთთა სამუშაოში

კეკულე ფრიდრიხ ავეუსტი (1829–1896) გამომჩენილი ვერძანული ქიმიკოს–ორგანიკოსი. თეორიული ორგანული ქიმიის ერთ–ერთი ფუძემდებელი.

ბუტლეროვი ალექსანდრე მისეილის ძე (1828–1886) გამომჩენილი რუსი ქიმიკოს–ორგანიკოსი.

მელიქიშვილი ჰეტერ კრივოლის ძე (1850–1927) გამომჩენილი ქართული ქიმიკოს–ორგანიკოსი.

ბერცელიუსი იენს იაკობი (1779–1848) გამომჩენილი შვედი ქიმიკოსი.

ორგანული ქიმია არის ნახშირწყალბადების და მათი წარმოებულების ქიმია.



**ორგანული ქიმიის ჩამოყალიბების ექსპერიმენტული საფუძვლები**

ორგანული ნივთიერების სინთეზს საფუძველი ჩაეყარა ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში. მაშინ ბუნებისმეტყველებაში ბატონობდა ვიტალისტური შეხედულება, რომლის თანახმად ორგანული ნივთიერება მხოლოდ ორგანიზმში მიიღებოდა „სასიცოცხლო ძალის“ გავლენით. ამ თეორიის მამამთავარი იყო ი. ბერცელიუსი, რომლის ავტორიტეტი იმდენად დიდი იყო, რომ მრავალ მის თანამედროვეს არც კი უცდია სინთეზით ორგანული ნივთიერების მიღება, რამაც დიდად დააბრკოლა სინთეზური ორგანული ქიმიის განვითარება. ამ თეორიის საფუძვლები შეარყია ბერცელიუსის ერთ-ერთმა მოწაფემ ფ. ველერმა. მან 1824 წ. არაორგანული ნივთიერებებისაგან მიიღო ორგანული ნივთიერება მქაუნმქაუვა, 1828 წელს კი – კარბამიდი (შარდოვანა). ამას მოჰყვა სინთეზების მთელი რიგი: 1842 წელს ნ. ზინინის მიერ ანილინის სინთეზი, 1845 წ. ა. კოლბეს მიერ ძმარმქაუვასი, ხოლო 1854 წ. მ. ბერტლოს მიერ ცხიმების სინთეზი.

**ორგანული ქიმიის ჩამოყალიბების თეორიული საფუძვლები**

XIX საუკუნის მეორე ნახევარში ორგანულ ქიმიაში მრავალი საკითხი დაგროვდა, რომლებიც მოითხოვდა მეცნიერულ ახსნას. მაგალითად, გაურკვეველი იყო, რატომ წარმოქმნიდა ელემენტი ნახშირბადი ესოდენ მრავალ ნაერთს; გასარკვევი იყო ორგანულ ნაერთში ნახშირბად-ატომის ვალენტობა; ვერ ხსნიდნენ რატომ ჰქონდა ერთნაირი შედგენილობა სხვადასხვა თვისების მქონე ორგანულ ნივთიერებებს. მეცნიერთა წინაშე სხვა რთული საკითხებიც იდგა. მათი ახსნა და განზოგადება ჩამოყალიბდა ორგანული ნაერთების აღნაგობის თეორიაში.

1861 წელს ა. ბუტლეროვმა ჩამოაყალიბა ახალი თეორიის საფუძვლები. წინამორბედების და თავისი თანამედროვე მეცნიერების ა. კეკულეს, ა. კუპერის და სხვათა შრომებზე დაყრდნობით თავისი თეორიის ძირითადი იდეა ა. ბუტლეროვმა ასე ჩამოაყალიბა: „რთული ნაწილაკების ბუნება განისაზღვრება შემადგენელი ელემენტარული ნაწილაკების ბუნებით, მათი რაოდენობითა და ქიმიური აღნაგობით“.

**ა. მ. ბუტლეროვის თეორიის ძირითადი დებულებები:**

1. მოლეკულაში ატომები ერთმანეთთან დაკავშირებულია განსაზღვრული თანამიმდევრობით, მათი ვალენტობის შესაბამისად.



2. ნივთიერების თვისებები დამოკიდებულია არა მარტო იმაზე, რომელი ელემენტი და მისი რამდენი ატომი შედის მოლეკულის შედგენილებაში, არამედ იმაზეც, თუ როგორია ატომთა შეერთების თანამიმდევრობა და ურთიერთგავლენა.

ნივთიერების აღნაგობის თეორიის საფუძველზე აიხსნა არა მარტო იმდროინდელი პრობლემური საკითხები, არამედ დაისახა გზა მოლეკულის აღნაგობის შეცნობისაკენ, რამაც უზრუნველყო ორგანული ქიმიის უდიდესი წარმატება. ამ დებულების გააზრებული ახსნა და დადასტურება შესაძლებელია მხოლოდ კონკრეტული მასალის შესწავლის საფუძველზე.

**ორგანული და არაორგანული ნაერთების  
ერთიანობა და თავისებურებანი**

არაორგანული ნაერთებისაგან ორგანული ნაერთების მიღების შესაძლებლობა ადასტურებს, რომ მათ შორის მკვეთრი ზღვარი არ არსებობს. ორგანულ და არაორგანულ ქიმიას საფუძველად უდევს ბუნების ერთი და იგივე კანონზომიერებანი. ორგანული ნაერთების მოლეკულების არსებობა და რეაქციისუნარიანობა (მდგრადობა და არამდგრადობა), ისევე როგორც არაორგანული ნაერთებისა, დაკავშირებულია ქიმიური ბმის ბუნებასთან. ცნობილია, რომ ნაერთის ბუნება განპირობებულია მოლეკულის შედგენილობითა და აღნაგობით, აგრეთვე ენერგო შემცველობით, მაგრამ ორგანულ ნაერთებს აქვს ბევრი თავისებურებანი, არაორგანული ნაერთებისაგან განსხვავებული თვისებები. აქ, უპირველეს ყოვლისა, უნდა გამოვყოთ არაორგანულ ნაერთებთან შედარებით ორგანული ნაერთების პრაქტიკულად უსაზღვრო რაოდენობა. დღეისათვის შესწავლილია დაახლოებით 6-7 მილიონი ორგანული ნაერთი, და, რაც მთავარია, თქვენ მომავალში დარწმუნდებით, რომ ორგანული ნაერთების შესაძლებელი რაოდენობა ფაქტურად უსასრულოა. შესწავლილი არაორგანული ნაერთების რაოდენობა კი დაახლოებით 500000-ია. რა თქმა უნდა, მოსალოდნელია ამ რიცხვის გაზრდაც, მაგრამ ზრდა ბევრად უფრო ნელა და არაუხასრულოდ.

ორგანული ნაერთების აღნაგობა ბევრად უფრო რთულია. ამიტომ იგი გარკვეული თავისებურებით ხასიათდება. მაგალითად, ორგანული ნაერთის დუღილისა და დნობის ტემპერატურა მნიშვნელოვნად დაბალია, ვიდრე არაორგანულისა. ბევრი ორგანული ნაერთი 300 - 350°C-ის ზემოთ გახურებისას ნახშირდება. ორგანული ნაერთი, როგორც წესი, ნელა რეაგირებს და რეაქცია მიმდინარეობს საფეხურებად, შუალედური პროდუქტების წარმოქმნით; ხშირად რეაქციები მიმდინარეობს სხვადასხვა მიმართულებით,



რის შედეგადაც სხვადასხვა პროდუქტი წარმოიქმნება; ორგანული ნაერთები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სასიცოცხლო პროცესებში.

ბერტლო ჰიერ ეჟენ მარსელენ (1827-1907) გამოხეილი ფრანგი ქიმიკოს-ორგანიკოსი და სახელმწიფო მოღვაწე.

კუპერი არჩიბალდ სკოტი (1831-1891) გამოხეილი შოტლანდიელი ქიმიკოსი. მისი თეორიის ერთ-ერთი დებულების თანახმად ნახშირბადის ატომი - ოთხვალენტანია.

ორგანული და ანორგანული ნაერთების ქიმია ექვემდებარება ბუნების ერთს და იმავე კანონებს.

### § 3. ორგანული ქიმია და აუზნების ღაცვის საკითხები

კაცობრიობა ისწრაფვის იცხოვროს კომფორტულ, ცივილიზებულ საშუაროში, რისთვისაც ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა ორგანული ნაერთების გამოყენება.

ორგანული ნაერთები გამოიყენება მრავალი სახისა და დანიშნულების კონსტრუქციული მასალების დასამზადებლად. ფართოდ ვიყენებთ სინთეზურ ფარმაკოპრეპარატებს და მცენარეთა დაცვის ქიმიურ საშუალებებს. ქიმიური საწვავის გარეშე წარმოუდგენელია ტრანსპორტის მუშაობა, ყოფა-ცხოვრებაში ვიყენებთ კოსმეტიკურ და სარეცხ საშუალებებს, ჩვენი ტანსაცმელი უმეტეს შემთხვევაში შეკერილია ხელოვნური და ქიმიური ბოჭკოებისაგან დამზადებული ქსოვილით, რომელიც შეღებილია სინთეზური საღებრებით. კვების პროდუქტები შეიცავს სინთეზურ დანამატებს. ორგანულ ნაერთებს ვიყენებთ, როდესაც ვწერთ და ვკითხულობთ, ვუყურებთ ვიდეოფირს და ვუსმენთ მუსიკას...

მაგრამ ორგანული ნაერთების შემოჭრას ჩვენს ცხოვრებაში აქვს უარყოფითი მხარეებიც.

ორგანული ნაერთების წარმოებისას ატმოსფეროში, წყალსაცავებსა და ნიადაგში გამოიყოფა მავნე ნივთიერებები, რაც არღვევს ბუნებრივი პროცესების ნორმალურ მსვლელობას. აი რამდენიმე მაგალითი.

ძრავებისა და ენერგეტიკული დანადგარების ქიმიურ საწვავზე მუშაობისას ატმოსფეროში გამოიფრქვევა ტოქსიკური ნაერთები, მათ შორის ნახშირბად (II)-ის ოქსიდი, დაბალმდულარე და აირადი ნახშირწყალბადები, ზოგიერთ შემთხვევაში კი ტყვიის მტვერიც. ნიტრონაერთების მიღებისას დიდი რაოდენობით გამოიყოფა აზოტის მავნე ოქსიდები. ატმოსფერო



ბინძურდება ადვილად აქროლადი ორგანული ნაერთებითაც. ყოფა-ცხოვრებაში პოპულარობით სარგებლობს აეროზოლები, რომლებშიც იყენებენ ფთორშემცველ ნახშირწყალბადებს. მათი ორთქლი კი ხელს უწყობს მონეტის ოზონის შრის დაშლას.

ყოველწლიურად 5-10 მლნ. ტ ნავთობითა და ნავთობპროდუქტებით ბინძურდება ზღვები და ოკეანეები. ეს ხდება ამ პროდუქტებით ტანკერების დატვირთვის, გადმოტვირთვის, ასევე გარეცხვის და ავარიების დროს.

მრეწველობასა და ყოფა-ცხოვრებაში გამოყენებული სარეცხი საშუალებები ჩამდინარე წყლების მეშვეობით ხვდება ნიადაგსა და მცენარეებში და ცვლის წყლის ფიზიკო-ქიმიურ მაჩვენებლებს, რაც უარყოფითად მოქმედებს მცენარეთა და ცხოველთა სამყაროზე.

სოფლის მეურნეობის განვითარებისათვის აუცილებელია მცენარეთა დაცვის საშუალებების (პესტიციდების) გამოყენება. მათგან ბევრი მავნე აღმოჩნდა.

მაგრამ ორგანული ნაერთების წარმოებისა გამოყენების მავნე შედეგების თავიდან აცილება ისევ და ისევ დაკავშირებულია ორგანულ ქიმიასთან. ვინაიდან კაცობრიობას არ შეუძლია უარი თქვას ორგანული ნაერთების გამოყენებაზე, აუცილებელია ვიზრუნოთ ამ ნაერთების მოხმარების უსაფრთხოებისათვის, ახალი, ბევრად უფრო ეფექტური და უვნებელი პრეპარატების ძიებისა და სინთეზის მეშვეობით. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს მცირენარჩენიანი და უნარჩენო ტექნოლოგიების შექმნას და გასუფთავების ახალი მეთოდების შემუშავებას.

**კითხვები:**

1. რას შეისწავლის ორგანული ქიმია?
2. მიმოიხედეთ ირგვლივ, რომელი საგნები შედგება ბუნებრივი ორგანული ნივთიერებებისაგან და რომელი ორგანული ნივთიერებებია ქიმიურად მიღებული?
3. რა დაელო საფუძვლად ქიმიური ნაერთების ისტორიულ კლასიფიკაციას?
4. დღეისათვის რამდენად მართებულია „ორგანული ქიმია“, როგორც მეცნიერების სახელწოდება?
5. როდის ჩაეყარა საფუძველი ორგანული ნაერთების საწარმოო მნიშვნელობის სინთეზს?
6. რა არის ქიმიური აღნაგობის თეორიის არსი?
7. დაასახელეთ მავალითები, რომლებიც ადასტურებენ ორგანული და არაორგანული ნაერთების ერთიანობას.
8. გაიხსენეთ არაორგანული ნივთიერებები, რომლებიც შეიცავენ ჰიდროქსილის ჯგუფს, მაგრამ თავისი თვისებებით განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან.

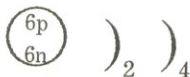
ორბანული ნაერთების ქიმიური  
აღნაგობის საფუძვლები

ორგანული ნაერთები ხასიათდება თვისებების მრავალფეროვნებით. არსებობს დაბალ და მაღალმოლეკულური, ოთახის ტემპერატურაზე ფეთქებადი და ცეცხლგამძლე, წყალში ხსნადი და უხსნადი ნაერთები. ეს თავისებურებანი აიხსნება ნახშირბადატომის აღნაგობით (§4), ჰომოლოგიითა და მრავალრიცხოვანი ფუნქციური ჯგუფებით (§5), იზომერიით (§6).

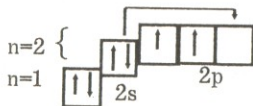
§4. ნახშირბადატომის თავისებურება

ნახშირბადშემცველი ნაერთები ჩვენს პლანეტაზე სიცოცხლის საფუძველია, თუმცა ნახშირბადი არ არის ბუნებაში ყველაზე მეტად გავრცელებული ელემენტი. დედამიწის ქერქში ნახშირბადის შემცველობა 0,14%—ია. იბადება კითხვა, რატომაა ნახშირბადშემცველი ნაერთების რიცხვი მნიშვნელოვნად უფრო მეტი, ვიდრე ყველა სხვა ერთად აღებული ნაერთებისა?

ნახშირბადი II პერიოდის ელემენტია. მისი ბირთვის მუხტია +6; ბირთვის გარშემო ორ ენერგეტიკულ დონეზე განაწილებულია 6 ელექტრონი, აქედან პირველ ენერგეტიკულ დონეზე ორი ელექტრონია, მეორეზე კი — ოთხი.



ნახშირბადის ატომში ელექტრონების ანლაგება ორბიტალებზე ასე გამოისახება



შესაბამისად ელექტრონული კონფიგურაციაა  $1s^2 2s^2 2p^2$ . ნახშირბადატომს სავალენტო შრეზე აქვს ორი გაწყვილებული და ორი გაუწყვილებელი ელექტრონი.

ეს მისი ძირითადი მდგომარეობაა. მაგრამ პრაქტიკულად ყველა ორგანულ ნაერთში, ნახშირბადის ატომი აღზნებულ მდგომარეობაშია  $C^*$ , რომელიც წარმოიქმნება  $2s^2$  ელექტრონის განცალკევებით (აღნიშნულია მოლულურული ისრით).

ამრიგად, ნაერთებში ნახშირბადატომის სავალენტო შრეზე ოთხი ელექტრონი  
ყვლებელი ელექტრონია  $\cdot\overset{\circ}{\text{C}}\cdot$

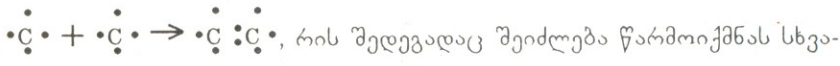
$\text{C}^*$ -ს ელექტრონული კონფიგურაცია სქემატურად ასე გამოისახება:



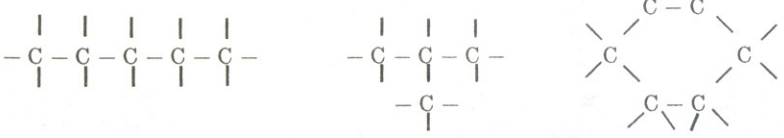
ნახშირბადის ატომის რადიუსი მცირეა, რის გამოც ელექტრონების ბირ-  
თვთან მიზიდულობა დიდია, ამიტომ მას უკირს ელექტრონების გაცემაც და  
მიერთებაც, იგი ძნელად წარმოქმნის იონურ ბმას, მაგრამ ადვილად წარმოქ-  
მნის სხვა ელემენტის გაუწყვილებელ ელექტრონთან საზიარო ელექტრო-  
ნულ წყვილს, ე. ი. ადვილად მონაწილეობს **კოვალენტური ბმის წარმოქმნა-**  
**ში.** კოვალენტური ბმის წარმოქმნაში მონაწილეობს ნახშირბადის ატომის  
ოთხივე სავალენტო ელექტრონი, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ოთხი  
ქიმიური ბმა, ამიტომ ნახშირბადი ორგანულ ნაერთებში ოთხვალენტიანია.

უმარტივესი შედგენილობის ორგანული ნივთიერებაა მეთანი ( $\text{CH}_4$ ), რო-  
მელიც ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში და დიდი გამოყენება აქვს  
(საწვავი აირი, სხვა კლასების ორგანული ნაერთების სინთეზი).

ნახშირბადის ატომები ხასიათდება ერთმანეთთან დაკავშირების უნა-  
რით. მაგალითად:



დასხვა სიგრძის ხაზოვანი, ასევე განტოტვილი, ან ციკლური აღნაგობის  
ნაერთები:



დააკვირდით, ყველა მოცემულ სტრუქტურაში ნახშირბადი ოთხვალენ-  
ტიანია (მის ირგვლივ ოთხი სავალენტო ხაზია).

ცნობილია ისეთი ორგანული ნივთიერებები, რომლებიც ღია ჯაჭვში 70-  
სა და მეტ ნახშირბადატომს, ან უამრავ სხვადასხვა სიგრძის განტოტვას  
შეიცავს.

მრავალრიცხოვანია სხვადასხვა ზომის ციკლური აღნაგობის ნივთიერე-  
ბებიც (ცნობილია ციკლური ნაერთი, რომელიც შეიცავს 80-ზე მეტ ნახშირ-  
ბალატომს).

ნახშირბადმშემცველი ნაერთების მრავალფეროვნებას განაპირობებს  
ნახშირბადატომებს შორის ბმის ხასიათიც. ნახშირბადატომები ერთმანეთს  
უკავშირდება არა მარტო ერთმაგი ბმებით, არამედ ჯერადი ორმაგი და  
სამმაგი ბმებითაც. მაგალითად:

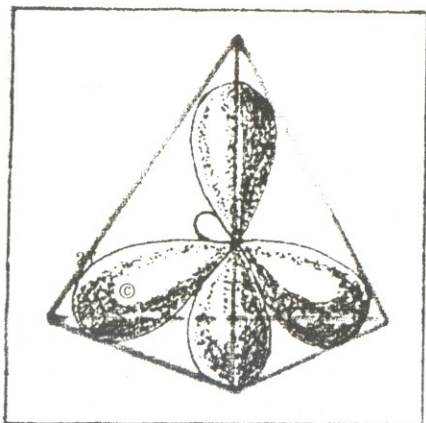


ერთმანეთს უკავშირდება ხაზოვანი, განტოტევილი და სხვადასხვა აღნა-  
გობის ციკლებიც და შედეგად ვიღებთ უამრავ ახალ ნახშირწყალბადს.

ისმის კითხვა: რომელი ორბიტალები მონაწილეობს ქიმიური ბმების წარმოქმნაში?

თქვენთვის უკვე ცნობილია, რომ ნახშირბადის ატომს ავსებულ მღვობარეობაში  
აქვს შემდეგი ელექტრონული კონფიგურაცია:  $1s^2 2s^2 2p^3$ .

ამრიგად, მეორე ენერგეტიკულ დონეზე ოთხი გაუსვლილებელი ელექტრონი ( $2s, 2p_x,$   
 $2p_y, 2p_z$ ), რომლებიც მონაწილეობს ოთხი კოვალენტური ბმის წარმოქმნაში. მაგრამ ოთხი  
ენერგეტიკულად ერთნაირი მარტივი ბმის წარმოსაქმნელად აუცილებელია ოთხი ერთნა-  
ირი ენერგიის შემცველი, ე. ი. ერთნაირი გეომეტრიული ფორმის, ელექტრონული  
ღრუბლის მონაწილეობა. ამ შემთხვევაში ამერიკელი მეცნიერის ლ. პოლინგის თეორიის  
თანახმად (XX საუკუნის 30-იანი წლები) ხდება ოთხივე ელექტრონული ღრუბლის  
წარმოსახებითი შერწყმა და მიღებული მოცულობის ოთხ თანაბარ ნაწილად გაყოფა, რის  
შედეგადაც ვღებულობთ ოთხ ერთნაირ ელექტრონულ ღრუბელს, რომელსაც წაგრძელებ-



ხურ. 1. ნახშირბადის ატომის  $sp^3$  კიბ-  
რიდული ელექტრონული ღრუბლები

ბული მოცულობითი რვიანის ფორმა  
აქვს  $\sigma$  - . ამ ღრუბლის დასახელება  
„წარმოქმნასთან“ დაკავშირებით არის  
 $sp^3$  კიბრიდული ღრუბელი. ამ პროცესს  
კიბრიდული ღრუბელი ფორმით ემ-

სგავსება „მშობლებს“: სფეროსებრი s და  
ჰანტელისებრი - p ელექტრონული  
ღრუბლები; სფეროს წილი შეადგენს  
 $1/4$ -ს, რაც ჩანს მიღებული ღრუბლის  
ფორმიდან. რა თქმა უნდა, ეს არის გა-  
მარტივებული მიდგომა.

ოთხი ერთნაირი  $sp^3$  კიბრიდული  
ღრუბელი სივრცეში ურთიერთგანაზიღ-  
ვის გამო მაქსიმალურად ცილდება ერ-  
თმანეთს და მიმართულია წესიერი ტეტ-  
რაედრის წვეროებისაკენ (სურ. 1), რის  
გამოც ბმის კუთხეა  $109^{\circ}28'$  (ი. ვანტ-ჰო-  
ვი, ე. ლე ბელი).



იმ შემთხვევაში, როდესაც ნახშირბადატომი ჯერად ბმებს წარმოქმნის, ხდება სხვა სახის ჰიბრიდიზაცია, რომელსაც შესაბამისი ნაერთების შესწავლისას გაეცნობით. ჰიბრიდიზაციის თეორია დღეისათვის საყოველთაოდ აღიარებული თეორიაა.

ნახშირბადის ატომის ელექტრონული კონფიგურაცია ორგანულ ნაერთებში  $1s^2 2s^1 2p^2$ .

1s ვ მეთანი (1 მოლი) წვისას გამოყოფს ენერჯიას, რომელიც სკამპრისია წუთში 2კვ ქინულის ასაღვებლად.

ნახშირბადის ატომისათვის დამახასიათებელია და და შეკრული ზონის წარმოქმნა.

დ. ზოლინგი გამოხეილი ამერიკელი ქიმიკოსი, თანამედროვე თეორიულ ორგანული ქიმიის ერთ-ერთი ფუძემდებელი, დაიბადა 1901 წელს.

$sp^3$  ჰიბრიდული დრუბელი წარმოიქმნება ერთი s და სამი p დრუბლის წარმოსახვითი შერწყმით და შემდგომი გაყოფით ოთხ ცალ ნაწილად.

**§5. ჰომოლოგია და ფუნქციური ჯგუფები**

თქვენთვის უკვე ცნობილია, რომ ორი ელემენტის – ნახშირბადისა და წყალბადისაგან – შეიძლება წარმოიქმნას უსაზღვრო რაოდენობის ორგანული ნივთიერება, რომლებსაც ნახშირწყალბადები ეწოდება. ნახშირწყალბადების მოლეკულაში შეიძლება იყოს სხვადასხვა სახის ბმა. მაგალითად, მეთანში ( $CH_4$ ) მხოლოდ ერთმაგი ბმებია. ბუნებაში არსებობს მეთანის მსგავსი აღნაგობისა და თვისებების მრავალი ნივთიერება: ეთანი ( $C_2H_6$ ), პროპანი ( $C_3H_8$ ) და ა. შ., რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება  $CH_2$  – ატომთა ჯგუფით.

ნივთიერებებს, რომლებიც აღნაგობით და თვისებებით მსგავსია, ხოლო მოლეკულური შედგენილობით ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ატომთა ერთი ან რამდენიმე  $CH_2$  – ჯგუფით, ჰომოლოგები ეწოდება. ისინი წარმოქმნიან ჰომოლოგიურ რიგს.  $CH_2$  – ატომთა ჯგუფს ეწოდება ჰომოლოგიური სხვაობა.

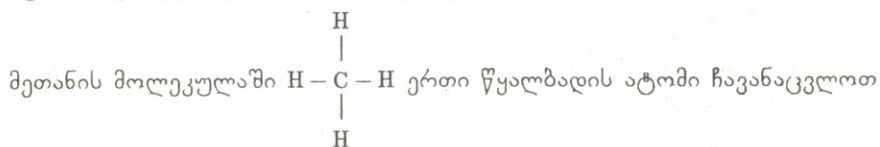
ამრიგად, მეთანი, ეთანი, პროპანი ჰომოლოგებია. თუ მოლეკულაში ნახშირბადატომთა რიცხვს n-ით აღვნიშნავთ, მაშინ ყველა ამ ნახშირწყალბადის შედგენილობა შეიძლება გამოისახოს ზოგადი ფორმულით:



ჰომოლოგიურ რიგს წარმოქმნის ყველა კლასის ორგანული ნივთიერება.

საკმარისია ჰომოლოგიური რიგის ერთ-ერთი წარმომადგენლის ქიმიური თვისებების ცოდნა, მსგავსი ქიმიური თვისებები აქვს დანარჩენებსაც. ფიზიკური თვისებები იცვლება კანონზომიერად. ნახშირბადატომის რიცხვის ზრდასთან ერთად თანდათან იზრდება დუღილისა და ხშირად, დნობის ტემპერატურა, ფარდობითი სიმკვრივე, მცირდება წყალში ხსნადობა.

თუ ნახშირწყალბადის მოლეკულაში წყალბადის ატომს ჩაენაცვლებთ ატომთა გარკვეული ჯგუფით, მივიღებთ ახალ ნივთიერებას. მაგალითად,



ბის თვისებებს განაპირობებს ჰიდროქსიჯგუფი.

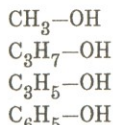
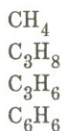
**ატომს ან ატომთა ჯგუფს, რომელიც განაპირობებს ამ ნივთიერების ქიმიურ თვისებებს, ფუნქციური ჯგუფი ეწოდება.**

არსებობს მრავალი სხვადასხვა ელემენტ შემცველი (ყანგბადი, აზოტი და სხვა) ფუნქციური ჯგუფი და შესაბამისად ორგანული ნივთიერებების მრავალი კლასი.

ამრიგად, ორგანული ნივთიერებები შეიძლება დავყოთ ორ დიდ ჯგუფად:

1) ნახშირწყალბადები და 2) ნახშირწყალბადების ფუნქციური წარმოებულები.

ნახშირწყალბადები და მათი წარმოებულები



წყალბადის ატომი ნახშირწყალბადის მოლეკულაში ჩანაცვლებულია ფუნქციური ჯგუფით OH, რის შედეგადაც მიიღება ორგანული ნაერთების ახალი კლასი — სპირტები.

ჰომოლოგიური რივი აერთიანებს მსგავსი აღნაგობისა, შედგენილობის და თვისებების ნაერთებს.

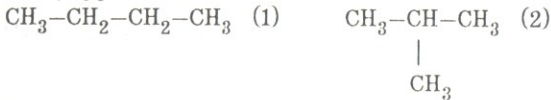
ფუნქციური ჯგუფი განაპირობებს ნაერთის ფიზიკური და ქიმიური თვისებებს.



§6. იზომერია

ორგანულ ქიმიაში ხშირად ვხვდებით ნაერთებს, რომელთაც არაერთგანაზღვრულსაგან განსხვავებით ერთნაირი შედგენილობა, ე. ი. ერთი და იგივე ქიმიური ფორმულა აქვს, მაგრამ სხვადასხვა თვისებებით ხასიათდება. ასეთ ნივთიერებებს, ბერცელიუსის წინადადებით, **იზომერები** ეწოდება (ბერძნული სიტყვა „იზოს“ ნიშნავს ტოლს, „მეროს“ ნაწილს).

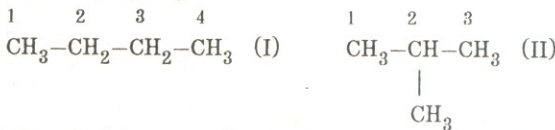
იზომერიის მოვლენა შეიძლება აიხსნას ნივთიერების აღნაგობის თეორიით, რის საფუძველზეც ა. ბუტლეროვი იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ ბუტანს,  $C_4H_{10}$  შედგენილობის ნახშირწყალბადს, უნდა შეესაბამებოდეს მოლეკულაში ნახშირბადატომთა ორგვარი განლაგება — სწორი (1) და განტოტვილი (2) ჩაჭკვის სახით:



შესაბამისად უნდა არსებობდეს ორი ბუტანი. იმ დროისათვის კი ცნობილი იყო ერთი. ა. ბუტლეროვმა სინთეზით მიიღო განსხვავებული თვისებების ე. ი. განსხვავებული აღნაგობის ბუტანი, რომელსაც „იზობუტანი“ უწოდეს. პირველის დუღილის ტემპერატურაა  $-6,5^\circ C$ , იზობუტანისა კი  $-11,7^\circ C$ . ეს ნივთიერებები იზომერებია.

ამრიგად, ნივთიერებებს, რომელთაც მოლეკულების ერთნაირი შედგენილობა (ერთი და იგივე მოლეკულური ფორმულა) აქვთ, მაგრამ განსხვავდებიან აღნაგობით, რის გამოც სხვადასხვა თვისებებით ხასიათდებიან, **იზომერები ეწოდება**.

ნივთიერების აღნაგობის გამოსახვის მიზნით ხშირად გამოვიყენებთ **სტრუქტურულ ფორმულებს**. ქიმიურ ფორმულას, რომელშიც გამოსახულია მოლეკულაში ატომთა შეერთების თანამიმდევრობა, სტრუქტურული ფორმულები ან აღნაგობის ფორმულები ეწოდება. მოცემული სტრუქტურული ფორმულების მიხედვით დავადგინოთ თითოეული ნახშირბადატომი რამდენ ნახშირბადატომს უკავშირდება. ამიტომ დავნომროთ ხაზოვან ჩაჭკვი ნახშირბადატომები:

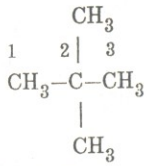


(I) ფორმულის მიხედვით შეიძლება ვთქვათ, რომ (1) და (4) ნახშირბადატომები უკავშირდება მხოლოდ ერთ ნახშირბადატომს. ამიტომ მათ **პირველადი ნახშირბადატომი** ეწოდება; (2) და (3) ნახშირბადატომები ერთდროულად უკავშირდება ორ ნახშირბადატომს. ამიტომ მათ **მეორეული** ეწოდება.

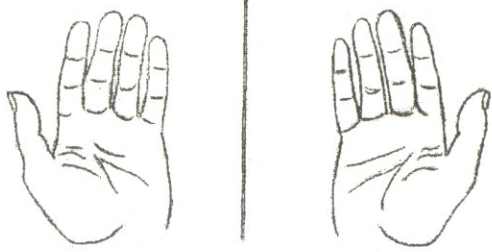
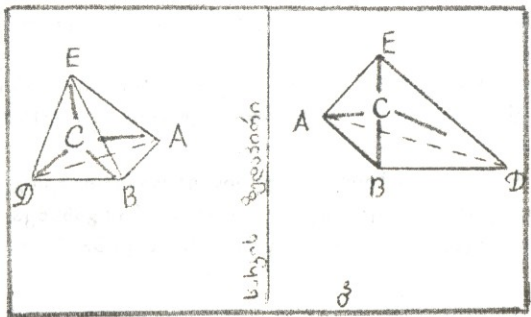




(II) ფორმულის მიხედვით (2) ნახშირბადატომი უკავშირდება ერთადერთად სამ ნახშირბადატომს. მას **მესამეული** ეწოდება. ნახშირბადის ატომი შეიძლება იყოს **მეოთხეული**. მაგალითად, შემდეგი სტრუქტურული ფორმულის მიხედვით შეიძლება ვთქვათ, რომ (2) ნახშირბადის ატომი მეოთხეულია.



იზომერია შეიძლება გამოწვეული იყოს არა მარტო ნახშირბადოვანი ჩონჩხით, არამედ მოლეკულის სივრცითი აღნაგობითაც.



სურ. 2. ოთხჩანაცვლებული მეთანის სივრცითი იზომერები: ა და ბ მოდელები წარმოადგენენ ერთმანეთის სარკისებურ გამოსახულებას.

ცნობილია, რომ მეთანის მოლეკულას ტეტრაედრული აღნაგობა აქვს. წესიერი ტეტრაედრის ცენტრში წარმოიდგინეთ ნახშირბადატომი, ხოლო წვეროებთან წყალბადატომები. თუ ოთხივე წყალბადატომი სხვადასხვა ატომით ან ატომთა ჯგუფით არის ჩანაცვლებული, მივიღებთ მოლეკულას, რომელსაც სიმეტრიის ცენტრი არა აქვს. ამ შემთხვევაში მოლეკულა ორი იზომერული ფორმით არსებობს, რომლებიც ერთმანეთის სარკისებრ გამოსახულებას წარმოადგენს (სურ.2).

ეს სტრუქტურები სივრცეში ისევე არ შეთავსდება, როგორც მარჯვენა და მარცხენა ხელი. ამ ე. წ. ოპტიკურ იზომერებს (ოპტიკურად აქტიურ ნაერთებს) აქვთ ერთი და იგივე მოლეკულური და სტრუქტურული ფორმულები, ერთნაირი ფიზიკური და ქიმიური თვისებები; განსხვავდებიან მხოლოდ ოპტიკური თვისებებით: მათთვის დამახასიათებელია პოლარიზებული სხივის<sup>1</sup> სიბრტყის სხვადასხვა მიმართულებით მობრუნება ერთი და იმავე კუთხით.

1 პოლარიზებული სხივი ირხევა მხოლოდ ერთ სიბრტყეში



ნაერთებს, რომლებსაც აქვთ ერთი და იგივე შედგენილობა, მაგრამ განსხვავებული აღნაგობა - იზომერები ეწოდება.

იზომერები შეიცავს განსხვავებული ქიმიური ბუნების ნახშირბადატომებს; დიდი მნიშვნელობა აქვს მათ ურთიერთგანლაგებას (საე. ნ. გვ. 19).

**§7. კოვალენტური ბმა და ქიმიური რაქციის მუხანათი**

ცნობილია, რომ ორგანულ ნაერთში ატომებს შორის ბმა ძირითადად კოვალენტური ბუნებისაა. გავიხსენოთ, როგორ წარმოიქმნება კოვალენტური ბმა. კოვალენტური ბმა ხორციელდება არამეტალთა ატომებს შორის. ატომთა შორის ქიმიური ურთიერთქმედებისას პირველი ატომის ელექტრონულ ღრუბელს იზიდავს მეორე ატომის ბირთვი, მეორე ატომის ელექტრონულ ღრუბელს კი - პირველი ატომის ბირთვი. ამის შედეგად ელექტრონული ღრუბლები ნაწილობრივ გადაფარავს ერთმანეთს (სრული გადაფარვა არ ხდება, რადგან რალაც მანძილზე ატომის ბირთვების მიახლოებისას აღიძვრება განზიდვის ძალა). ელექტრონული ღრუბლისაგან წარმოიქმნება ორივე ატომისათვის საერთო ორელექტრონიანი მოლეკულური ღრუბელი. ელექტრონების მოძრაობისას ორივე ბირთვის ველში იზრდება ბირთვთა შორის ელექტრონული სიმკვრივე, რაც იწვევს მიზიდულობის ძალის გაზრდას. ამას ახლავს ენერგიის გამოყოფა. წარმოქმნილ მოლეკულაში ენერგიის ნაკლები მარაგია, ამიტომ იგი შედარებით უფრო მდგრადია, ვიდრე ცალკეული ატომები.

ქიმიური ბმის წარმოქმნისას ელექტრონული ღრუბლები რაც უფრო მეტად გადაიფარება, მით მეტი ენერგია გამოიყოფა და მით უფრო მტკიცე იქნება წარმოქმნილი ქიმიური ბმა.

კოვალენტური ბმა შეიძლება წარმოიქმნას  $s$  ელექტრონული ღრუბლების გადაფარვით, მაგალითად: წყალბადის მოლეკულის წარმოქმნისას ( $(\uparrow\downarrow) H:H, H_2$ ); შეიძლება წარმოიქმნას  $s$  და  $p$  ელექტრონული ღრუბლების გადაფარვით (მაგალითად,  $(\uparrow\downarrow) H:Cl, HCl$ ); ან  $p-p$  ელექტრონული ღრუბლების გადაფარვით (მაგალითად,  $(\uparrow\downarrow) Cl:Cl, Cl_2$ ).

ორგანულ ნაერთში კოვალენტური ბმის წარმოქმნაში ხშირად მონაწილეობს ჰიბრიდული ელექტრონული ღრუბლები. მაგალითად, მეთანის მოლეკულაში ნახშირბადატომსა და წყალბადატომს შორის ბმა ხორციელდება ნახშირბადატომის  $sp^3$  ჰიბრიდული ღრუბლისა და წყალბადის  $s$  ელექტრონული ღრუბლის ნაწილობრივი გადაფარვით. სხვა სახის გადაფარვას შემდგომ შევისწავლით (გვ. 36, 46).

თუ ატომთა შორის ერთმანე (მარტივი) ბმა ხორციელდება, მას **C (სიგმა) ბმას უწოდებენ**. თუ ერთმანეთს უკავშირდება ერთი და იმავე ელემენტის ატომები, მაშინ ელექტრონული ღრუბლების გადაფარვის არე სიმეტრიულად განლაგდება ბირთვებს შორის, წარმოიქმნება არაპოლარული კოვალენტური ბმა.

თუ ერთმანეთს უკავშირდება სხვადასხვა ელემენტის ატომები, მაშინ ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე გადაიწევის უფრო მეტად ელექტრო-

უარყოფითი ელემენტის ატომისაკენ. ამის გამო ერთ-ერთ ატომზე მცირდება ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე და ამიტომ იგი იძენს ნაწილობრივ დადებით მუხტს, რაც აღინიშნება ( $\delta^+$ ); მეორე ელემენტის ატომზე კი, პირიქით, ელექტრონული სიმკვრივე მატულობს, რის გამოც იგი იძენს ნაწილობრივ უარყოფით მუხტს, რომელსაც აღნიშნავენ ( $\delta^-$ ); ზოგჯერ ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივის გადაწვევას  $\sigma$  ბმის შემთხვევაში აღნიშნავენ ისრით  $C \rightarrow Cl$ . ელექტრონული წყვილის გადაწვევისას უფრო მეტად ელექტროუარყოფითი ატომისაკენ ბმა პოლარული ხდება. ნახშირწყალბადებში  $C-H$  ბმა სუსტად პოლარულია. ასეთ გავლენას ინდუქციური ეწოდება (I).

ქიმიური ბმა ორ ატომს შორის განპირობებულია სასიარო ელექტრონული წყვილის წარმოქმნით.

$\sigma$  - ბმა კოვალენტური ბმის ერთ-ერთი სახეა

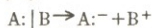
### §8. ქიმიური ბმის გავყვანის სახეები

ორგანულ ნივთიერებებს შორის რეაქციებს ყოველთვის თან ახლავს მოლეკულაში ატომთა შორის ქიმიური ბმის გაწყვეტა და შემდგომ ახალი ბმის წარმოქმნა.

განვიხილოთ როგორ შეიძლება გაწყდეს ქიმიური ბმა მოლეკულაში, რომელიც წარმოქმნილია A და B ატომებისაგან. ატომთა შორის ბმა ხორციელდება ელექტრონების ერთ საზიარო წყვილით.



საზიარო ელექტრონული წყვილი დარჩა B ატომს, რის გამოც წარმოიქმნა  $A^{+}$  (კატიონი) და  $: B^{-}$  (ანიონი). მსგავსი მექანიზმით შეიძლება მივიღოთ  $A^{-}$  (ანიონი) და  $B^{+}$  კატიონი

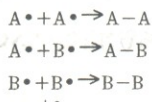


ამ შემთხვევაში კოვალენტური ბმის გაწყვეტას თან ახლავს იონების წარმოქმნა. ამიტომ ასეთ გაწყვეტას იონური ან ჰეტეროლიზური ეწოდება.



საზიარო ელექტრონული წყვილი გაწყდა ისე, რომ თითოეულ ატომს დარჩა გაუწყვილებული ელექტრონი. უმუხტო ნაწილაკს, რომელსაც გაუწყვილებელი ელექტრონები აქვს, თავისუფალი რადიკალი ეწოდება. ამიტომ ასეთ გაწყვეტას რადიკალური ან ჰომოლიზური ეწოდება. თავისუფალი რადიკალების უმეტესობა, ჩვეულებრივ, ძალიან არამდგრადი ნაწილაკებია, ახასიათებს დიდი ქიმიური აქტივობა და ამიტომ სწრაფად

გარდაიქმნება მდგრად მოლეკულებად. რადიკალების ურთიერთქმედებით შეიძლება წარმოიქმნას შემდეგი მოლეკულები:



რა იწვევს ქიმიური ბმის გაწყვეტას?  
ეს შეიძლება გამოიწვიოს ვაცხელებამ, სინათლის სხივების, აქტიური ნაწილაკის (იონი ან თავისუფალი რადიკალი) მოქმედებამ.

ამრიგად, არსებობს კოვალენტური ბმის გაწყვეტის ორი შესაძლებლობა: ერთი, როდესაც წარმოიქმნება იონები (ბმის ჰეტეროლიზი) და მეორე, როდესაც წარმოიქმნება რადიკალი (ბმის ჰომოლიზი).

რეაქციის მიმართულება, დამოკიდებულია ნივთიერების ბუნებასა და რეაქციის პირობებზე. შესაბამის მაგალითებს ორგანული რეაქციების კონკრეტულ მაგალითებზე გაცნობით. (გვ. 30, 42, 71, 136)

ახსენებთ ბმის იონური (ჰეტეროლიზური) და რადიკალური (ჰომოლიზური) გაწყვეტა. რადიკალი არის გაწყვეილებული ელექტრონის მქონე უმუხტო ნაწილაკი. კოვალენტური ბმის სიმეტრიული გაწყვეტისას წარმოიქმნება რადიკალები.

**ხაზგაშორებული და ამოცანები**

1. რატომ ახასიათებს ნახშირბადის ატომებს ერთმანეთთან ჩაკვერად შეერთების უნარი? გაცითი დასაბუთებული პასუხი.
2. რას ეწოდება ჰიბრიდიზაცია? პასუხის დასასაბუთებლად მოიყვანეთ შესაბამისი მაგალითი.
3. რას ეწოდება ჰომოლოგები? რა არის ჰომოლოგიური სხვაობა?
4. რას ეწოდება ფუნქციური ჯგუფები? მოიყვანეთ მაგალითები.
5. რამდენ ჯგუფად შეიძლება დაიყოს ორგანული ნივთიერებები?
6. რამდენი ნივთიერებაა გამოსახული შემდეგი ფორმულებით:
 

1. $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	4. $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
2. $CH_3-CH_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-CH_3$	
3. $CH_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-CH_2-CH_2-CH_3$	5. $CH_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-CH_3$
7. გამოსახეთ სტრუქტურული ფორმულებით მოლეკულაში ატომთა შეერთების რიგი: ა)  $C_4H_{10}$  ბ)  $C_5H_{12}$  გ)  $C_6H_{14}$
8. რომელი და რამდენი ორბიტალი მონაწილეობს  $sp^3$  ჰიბრიდული ღრუბლის წარმოქმნაში?
9. ბრომწყალბადის მოლეკულის მაგალითზე აღნიშნეთ როგორ ხდება კოვალენტური ბმის რადიკალური გაწყვეტა. ხორციელდება თუ არა ბმის ასეთი გაწყვეტა იმ რეაქციებში, რომლებსაც არაორგანულ ქიმიაში გავიცანით?
10. სქემატურად გამოსახეთ ერთ-ერთი C-H ბმის რადიკალური გაწყვეტის ეტაპის მოლეკულაში.



# მეორე ნაწილი

## ნახშირწყალბადები

### III თავი

#### ლიაჯაჭვიანი ნახშირწყალბადები

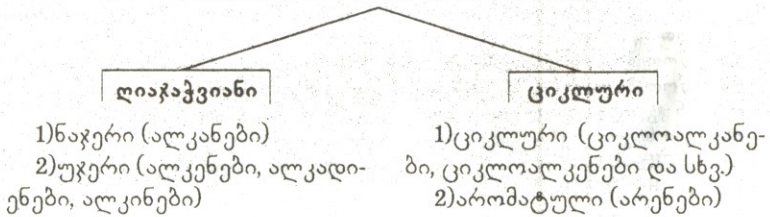
##### §9. ნახშირწყალბადების კლასიფიკაცია

ნახშირწყალბადი უმარტივესი ორგანული ნივთიერებაა. როგორც სახელწოდებიდან ჩანს, იგი შედგება ორი ელემენტისაგან: ნახშირბადისა და წყალბადისაგან. მისი შედგენილობა შეიძლება გამოისახოს ზოგადი ფორმულით  $C_xH_y$ .

ნახშირწყალბადები ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში. მათი უმნიშვნელოვანესი წყაროებია: ბუნებრივი და ნავთობის თანხლები აირები, ნავთობი, ქვანახშირი.

ნახშირწყალბადებს მათი აღნაგობისა და ქიმიური თვისებების მიხედვით ყოფენ შემდეგ კლასებად:

##### ნახშირწყალბადების კლასიფიკაცია



ლიაჯაჭვიანი აღნაგობის ნაჯერი და უჯერი ნახშირწყალბადების საერთო სახელწოდებაა ალიფატური (ალიფატოს ბერძნული სიტყვაა, ქართულად ნიშნავს ცხიმოვანს) ნახშირწყალბადები.

ნახშირწყალბადები წყალში უხსნადია. მსუბუქი ნივთიერებებია ( $\rho < 1$ ), იწვიან, რის შედეგად გამოიყოფა ნახშირბადი (IV)-ის ოქსიდი და წყალი. წვას თან ახლავს სითბოს დიდი რაოდენობით გამოყოფა, ამიტომ ბევრ მათგანს საწვავად იყენებენ.

ნახშირწყალბადი უმნიშვნელოვანესი ნედლეულია ორგანული სინთეზისათვის.



ნახშირწყალბადთა უღრავლესობა წყალზე მსუბუქია, წყალში არ იხსნება, ადვილად იწვის.

**§10. ნახშირი ნახშირწყალბადები - ალკანები**

ნაჯერი ეწოდება ნახშირწყალბადს, რომლის მოლეკულაში ნახშირბადატომები ერთმანეთთან მარტივი (ერთმაგი)  $\sigma$  ბმითაა დაკავშირებული. მას საერთაშორისო ნომენკლატურით **ალკანი** ეწოდება. ალკანს ხშირად პარაფინსაც უწოდებენ („პარაფინი“ ბერძნული სიტყვაა, ნიშნავს „უმოქმედოს“).

**ჰომოლოგიური რიგი. ფიზიკური თვისებები.** ნაჯერი ნახშირწყალბადების პირველი წარმომადგენელია თქვენთვის უკვე ცნობილი აირი - მეთანი  $CH_4$ . იგი ბუნებრივი აირის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია. მეთანი გამოიყოფა ქვანახშირის მალაროებში. ამიტომ მას მალაროს აირსაც უწოდებენ. მას უწოდებენ აგრეთვე ჰაობის აირს, რადგან გამოიყოფა და გროვდება ჰაობის ფსკერზე.

ბუნებაში არსებობს მეთანის მსგავსი ნახშირწყალბადები, რომლებიც ქმნიან ჰომოლოგიურ რიგს, რომლის ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n+2}$  (ცხრილი 1).

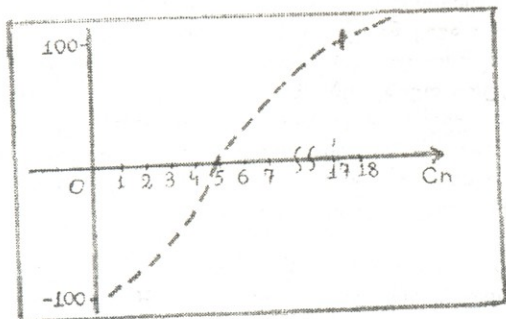
ამ რიგის პირველი ოთხი წევრების სახელწოდება ისტორიული წარმოშობისაა. მეხუთე ნახშირწყალბადიდან სახელწოდებები უმთავრესად წარმოიქმნა ბერძნული რიცხვთა სახელებისაგან. ყველა ნაჯერი ნახშირწყალბადის სახელწოდება ბოლოვდება „ან“-ით.

ცხრილი 1

ალკანების კომპლექსური რივი

ნახშირწყალბადის სახელწოდება	მოლეკულური ფორმულა	რადიკალის (ალკილის) ფორმულა	რადიკალის სახელწოდება
მეთანი	$CH_4$	$-CH_3$	მეთილი
ეთანი	$C_2H_6$	$-C_2H_5$	ეთილი
პროპანი	$C_3H_8$	$-C_3H_7$	პროპილი
ბუტანი	$C_4H_{10}$	$-C_4H_9$	ბუტილი
პენტანი	$C_5H_{12}$	$-C_5H_{11}$	პენტილი (ამილი)
ჰექსანი	$C_6H_{14}$	$-C_6H_{13}$	ჰექსილი
ჰეპტანი	$C_7H_{16}$	$-C_7H_{15}$	ჰეპტილი
ოქტანი	$C_8H_{18}$	$-C_8H_{17}$	ოქტილი
ნონანი	$C_9H_{20}$	$-C_9H_{19}$	ნონილი
დეკანი	$C_{10}H_{22}$	$-C_{10}H_{21}$	დეცილი
და ა. შ.			

ნახშირწყალბადის ერთვალენტიანი რადიკალი წარმოიქმნება ნახშირწყალბადის მოლეკულისაგან ერთი წყალბადატომის მოცილებით, მათი სახელწოდება კი წარმოდგება შესაბამისი ნახშირწყალბადის მოლეკულის სახელწოდებისაგან „ან“ დაბოლოების „ილ“-ით შეცვლით. მაგალითად, მეთანის ( $\text{CH}_4$ ) შესაბამისი რადიკალია მეთილი  $-\text{CH}_3$ , ეთანისა ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) ეთილი  $-\text{C}_2\text{H}_5$  და ა. შ. გამონაკლისია პენტანის რადიკალის ორი სახელწოდება – პენტილი ან (ამილი)  $-\text{C}_5\text{H}_{11}$ .



სურ. 3. ალკანების დუღილის ტემპერატურის დამოკიდებულება მათ მოლეკულურ მასაზე.

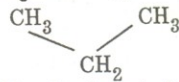
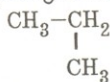
ნაჯერი ნახშირწყალბადების მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად თანამიმდევრულად იზრდება დუღილის ტემპერატურა (სურ. 3).

ჰომოლოგიური რიგის პირველი ოთხი წარმომადგენელი ( $\text{C}_1-\text{C}_4$ ) ჩვეულებრივ პირობებში<sup>1</sup> აირია, შემდგომი თერთმეტი წარმომადგენელი ( $\text{C}_5-\text{C}_{16}$ ) სითხეა,  $\text{C}_{17}$ -დან დაწყებული – კი მყარი ნივთიერებებია.

ყველა ნაჯერი ნახშირწყალბადი წყალზე მსუბუქია და წყალში უხსნადია, მაგრამ იხსნება ზოგიერთ ორგანულ გამხსნელში, ისინი თავადაც კარგი გამხსნელებია.

**იზომერია.** ბუტანიდან დაწყებული ყველა ნაჯერი ნახშირწყალბადს აქვს იზომერი. თქვენთვის უკვე ცნობილია, რომ ბუტანს ორი იზომერი აქვს (გვ. 15).

იბადება კითხვა: რატომ აქვს ბუტანს იზომერები, პროპანს კი – არა? პროპანის სტრუქტურა გამოვსახოთ სხვადასხვანაირად:



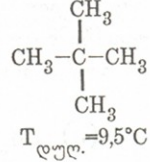
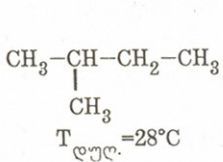
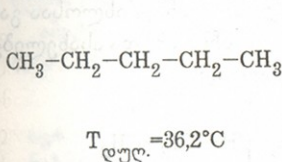
ერთი შეხედვით შეიძლება ვიფიქროთ, რომ სტრუქტურები განსხვავებულია, მაგრამ ამ შემთხვევაში არის სტრუქტურის მხოლოდ მოჩვენებითი ცვლილება, სინამდვილეში სამივე ფორმულაში ნახშირბადატომების ბუნება და მათი შეერთების თანამიმდევრობა უცვლელია – ყველგან ორი ნახ

1 ჩვეულებრივი პირობები – ოთახის ტემპერატურა ( $+10 \pm +25^\circ\text{C}$ ), ატმოსფერული წნევა – 101,3 კპა.



შირბადატომი პირველადია, ერთი - მეორეული. ამრიგად, სამივე ფორმულა გამოსახავს ერთსა და იმავე ნივთიერებას.

დაწვეროთ პენტანის (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) შესაძლო იზომერების ფორმულები. ამ შემთხვევაში გვექნება ერთი სწორხაზოვანი და ორი განტოტვილი აღნაგობის ნივთიერება. აღნაგობის შეცვლა მოლეკულაში ნახშირბადატომების ბუნების ცვლილებას გამოიწვევს.



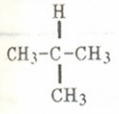
(მიუთითეთ თითოეულ სტრუქტურულ ფორმულაში სხვადასხვა ბუნების ნახშირბადატომები).

მოლეკულაში ნახშირბადატომების რაოდენობის გაზრდით იზომერების რიცხვი მკვეთრად იზრდება. მაგალითად, C<sub>10</sub>H<sub>22</sub> შედგენილობის ნივთიერებისათვის შესაძლო იზომერების რიცხვია 75; C<sub>15</sub>H<sub>32</sub> შედგენილობისათვის 4347. C<sub>30</sub>H<sub>62</sub>-ის კი 4 111 846 763 და ა. შ. ამრიგად, ნახშირწყალბადების უსაზღვრო რაოდენობა განპირობებულია არა მარტო ჰომოლოგიით, არამედ იზომერების რიცხვითაც.

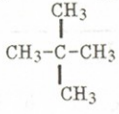
### ალკანების ნომენკლატურა

არსებობს ორგანული ნაერთების ნომენკლატურის სხვადასხვა სისტემა. ამთგან ფართოდ იყენებენ ორს: ძველს - რაციონალურს და თანამედროვეს - სისტემატურს, რომელსაც აგრეთვე მეცნიერულს ანუ საერთაშორისოს უწოდებენ (ზოგიერთი ცვლილებისა და დამატების შემდეგ იგი დაედო საფუძვლად თეორიული და გამოყენებითი ქიმიის საერთაშორისო კავშირის ნომენკლატურას IUPAC-ის<sup>1</sup>, რომელიც ამჟამად ფართოდ გამოიყენება).

რაციონალური ნომენკლატურის მიხედვით ნაჯერ ნახშირწყალბადს განიხილავენ როგორც მეთანის წარმოებულს, რომელშიც ერთი ან რამდენიმე წყალბადი ჩანაცვლებულია ნახშირწყალბადის რადიკალით. თუ ერთი რადიკალი მეორდება რამდენჯერმე, მაშინ მას მიუთითებენ ბერძნული რიცხვითი სახელებით: დი- ორი, ტრი- სამი, ტეტრა- ოთხი და ა. შ. „მეთანის ნახშირბადატომად“ მიიჩნევენ იმ C ატომს, რომელთანაც მეტია ჩანაცვლებულთა რიცხვი. მაგრამ ალკანის მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად რთულდება ამ სახის ნომენკლატურის გამოყენება.



ტრიმეთილმეთანი



ტეტრამეთილმეთანი

1 - IUPAC International Unit of Pure and Applied Chemistry

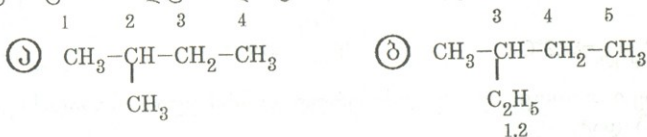




იუპაკის ნომენკლატურით განუტოტველი ჩონჩხის მქონე ნახშირწყალბადებს ასახელებენ სახელწოდებით (ცხრილი №1). სახელწოდებას წინ დაემატება ასო **ნ** (ნორმალური).



იზომერულ ნახშირწყალბადში, რომელიც მოიცავს განტოტველ ნახშირბადატომების ჩონჩხს, გამოყოფენ ნახშირბადატომების ყველაზე გრძელ განუტოტველ ჩონჩხს, ნომრავენ მას იმ ბოლოდან, საიდანაც ახლოსაა განტოტვა (ჩამნაცვლებლების დაკავშირება მთავარ ჩონჩხთან) და ასახელებენ მას როგორც ნორმალური აღნაგობის ნახშირწყალბადს.



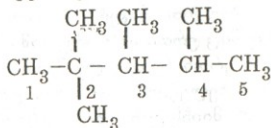
Ⓐ და Ⓑ ნახშირწყალბადები განიხილება, როგორც შესაბამისად ჩანაცვლებული ბუტანი და პენტანი (მომავალი სახელწოდებების ფუძეებია).

შემდეგ ასახელებენ რადიკალებს (უმარტივესი რადიკალიდან დაწყებული) და მათ დასახელებას ათავსებენ დასახელებული ჩონჩხის წინ. ციფრით მიუთითებენ რადიკალის დაკავშირების ადგილს:

ა) 2-მეთილბუტანი                      ბ) 3-მეთილპენტანი:

ციფრებს გამოყოფენ დეფიზით, რადიკალების და ფუძის დასახელება იწერება ერთი სიტყვით.

თუ ნაერთი შეიცავს რამდენიმე ერთნაირ რადიკალს, მაშინ სარგებლობენ ზემოთ მითითებული თავსართებით (გვ. 23), და მათ ყველა დაკავშირების ადგილს აღნიშნავენ შესაბამისი ციფრით.



2,2,3,4 - ტეტრამეთილპენტანი

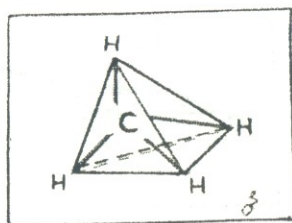
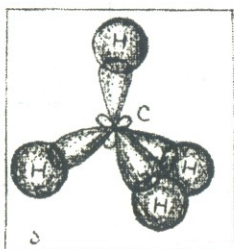
ალკანის ზოგადი ფორმულაა  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ .  
 რადიკალის დასახელებაში დაბოლოება „ან“-ი იცვლება „ილ“-ით.  
 იზომერია კლასიფიკაციური ბუნების ნახშირბადატომებითა და მათი ურთიერთგანლაგებითა განპირობებული.



მეთანის მოლეკულაში ნახშირბადატომი  $sp^3$  ჰიბრიდიზაციის მდგომარეობაშია ნახშირბადატომი თავსდება წარმოსახვითი ტეტრაედრის ცენტრში, ოთხივე ჰიბრიდული ელექტრონული ღრუბელი კი მიმართულია ტეტრაედრის წვეროებისაკენ (გაიხსენეთ სურ. 1), სადაც მათი გადაფარვა ხდება წყალბადატომთა  $s$  ელექტრონული ღრუბლებით (სურ. 4ა).

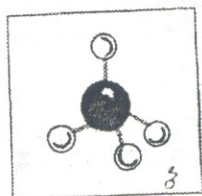
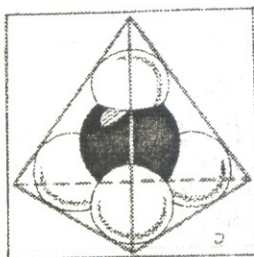
ამიტომ მეთანის მოლეკულა ტეტრაედრულ ფორმას ღებულობს (სურ. 4ბ).

სურ. 4. ა) მეთანის ნახშირბადატომის ელექტრონული ღრუბლების გადაფარვა წყალბადატომების ელექტრონული ღრუბლებით; ბ) მეთანის მოლეკულის ტეტრაედრული მოდელი.



ორგანული ქიმიის შესწავლისას ხშირად გამოვიყენებთ მოლეკულურ მოდელს. მე-5 სურათზე წარმოდგენილია მეთანის მოლეკულის მასშტაბური მოდელი. მოდელში ატომთა ზომების თანაფარდობა მიახლოებითია.

სურ. 5. ა) მეთანის მოლეკულის მასშტაბური მოდელი; ბ) მეთანის მოლეკულის ბურთულდეროვანი მოდელი.

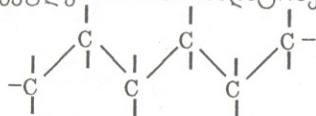


მე-5ბ სურათზე გამოსახულია ბურთულდეროვანი მოდელი. მოდელი წარმოდგენას იძლევა იმაზე, თუ რომელი ატომებია ერთმანეთთან შეერთებული, მაგრამ არ არის დაცული ფარდობითი ზომები. ბურთულები გამოსახავს არა ატომებს, არამედ ატომთა ბირთვებს და მათ შორის სივრცე შევსებულია ელექტრონული ღრუბლებით.

ეთანის მოლეკულა შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც ერთი საერთო წვეროს მქონე ორი ტეტრაედრი (სურ.6).

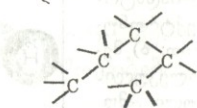
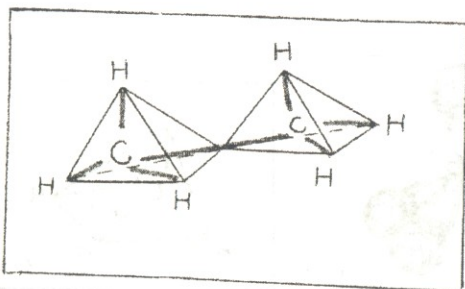
პროპანის, ბუტანისა და სხვა ნახშირწყალბადების მოლეკულაში ნახშირბადატომები ერთმანეთს ზიგზაგისებურად უკავშირდებიან. ახსენით რატომ?

ამგვარ მოლეკულებში ნახშირბადატომებს შორის ბმის სიგრძე 0,154 ნმ-ია.

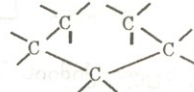


ა)

ნახშირბადატომთა ზიგზაგისებურმა ჩაკვმა შეიძლება სხვადასხვა სივრცითი ფორმა მიიღოს. ეს იმითაა გამოწვეული, რომ მოლეკულაში ატომებს შედარებით თავისუფლად შეუძლია ბრუნვა ო ბმების გარშემო. შესაბამისად მოლეკულამ შეიძლება სხვადასხვა ფორმა მიიღოს.



ბ)

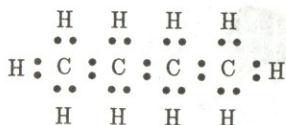


გ)

სურ. 6. ეთანის მოლეკულის ტეტრაედრული მოდელი

ენერგეტიკულად უფრო ხელსაყრელი ფორმაა „ა“, რომელშიც წყალბადატომებს შორის დაშორება უდიდესია.

ხშირად სავალენტო შტრიხის ნაცვლად ატომების დამაკავშირებელ ელექტრონულ წყვილს აღნიშნავენ ორი წერტილით. ნაჭერი ნახშირწყალბადების (ბუტანის მაგალითზე) ელექტრონული ფორმულები შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგნაირად:

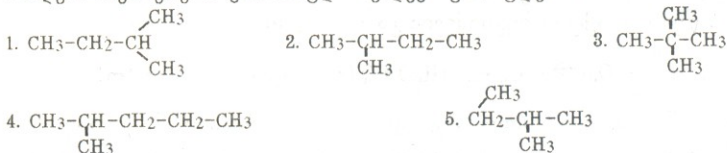


აღკანებში ნახშირბადატომების ჩონჩხი ზიგზაგისებურია.

### სავარჯიშოები და ამოცანები

- როგორ ხსნის ელექტრონული თეორია მეთანის მოლეკულის ტეტრაედრულ აღნაგობას?
- როგორ იცვლება ნივთიერებათა ფიზიკური თვისებები ნაჭერი ნახშირწყალბადების ჰომოლოგიურ რიგში? დაასახელეთ სათანადო მაგალითები.

3. შეადგინეთ მოლეკულური ფორმულები მეთანის რიგის ნახშირწყალბადებისა, რომელთა მოლეკულები შეიცავს: ა) 12 ნახშირბადატომს, ბ) 25 ნახშირბადატომს, გ) 30 წყალბადატომს, დ) 36 წყალბადატომს.
4. მოცემული ფორმულებიდან რომლები მიეკუთვნება ნაჯერ ნახშირწყალბადებს:  $C_3H_8$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_5H_{10}$ ,  $C_4H_8$ ,  $C_{10}H_{22}$ . პასუხი დაასაბუთეთ სათანადო მსჯელობით.
5. რამდენი ნივთიერებაა გამოსახული შემდეგი ფორმულებით:



- დაასახელეთ თითოეული ნივთიერება საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით.
- 6\*<sup>1</sup>. დაწერეთ ჰექსანის ყველა შესაძლო იზომერის სტრუქტურული ფორმულა. გაითვალისწინეთ, რომ სხვადასხვა ბუნების ნახშირბადატომების ჩონჩხში მდებარეობას მნიშვნელობა აქვს. დაასახელეთ ყველა იზომერი თქვენთვის ცნობილი ხერხებით.
7. შეადგინეთ ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები, რომელთა სახელწოდებებია: 2,4,6-ტრიმეთილოქტანი, 2-მეთილ-4-იზოპროპილნონანი, 3-მეთილ-4-ეთილჰექსანი.
8. დაწერეთ სტრუქტურული ფორმულა 2,4,5,5-ტეტრაამეთილ-3-ეთილოქტანისა და უჩვენეთ პირველადი, მეორეული, მესამეული და მეოთხეული ნახშირბადატომი.
9. შეადგინეთ სამი ნახშირწყალბადის სტრუქტურული ფორმულა, რომელთა სიმკვრივე წყალბადის მიმართ უდრის 36-ს.
- 10\*. შეადგინეთ ნივთიერების მოლეკულური ფორმულა, რომელშიც წყალბადის მასური წილია 20% და ნახშირბადისა 80%.
11. პლასტილინისაგან შინ დაამზადეთ ნორმალური პენტანის მოლეკულის მოდელი, ხოლო მისი თანამიმდევრული გადაკეთებით კი იზომერული ნახშირწყალბადების მოლეკულათა მოდელები.
12. განსაზღვრეთ  $s$  და  $sp^3$  ჰიბრიდული ორბიტლების რიცხვი პროპანში. რამდენი სიგმა-ბმა წარმოიქმნება მის მოლეკულაში?

## §12. ალკანების ქიმიური თვისებები

ნაჯერი ნახშირწყალბადის მოლეკულაში, როგორც ვნახეთ, მხოლოდ მარტივი ( $\sigma$ -სიგმა) ბმებია. ბმების წარმოქმნაში მონაწილეობს ნახშირბადატომის  $sp^3$  და წყალბადატომის  $s$  ელექტრონები. ამ შემთხვევაში წარმოიქმნება ოთხი მტკიცე ბმა, რაც გავლენას ახდენს ნახშირწყალბადის ქიმიურ თვისებებზე.

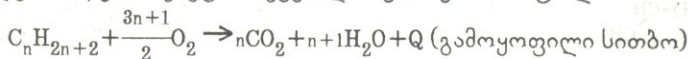
ნაჯერი ნახშირწყალბადი ჩვეულებრივ პირობებში არ რეაგირებს მყავასთან, ტუტესთან, მჟანგავთან. მაგალითად, თუ მეთანს გავატარებთ ისეთი ძლიერი მჟანგავის წყალხსნარში, როგორცაა კალიუმპერმანგანატი, ხსნარი ფერს არ შეიცვლის.

განსაზღვრულ პირობებში ალკანი ხასიათდება რეაქციისუნარიანობით. მის გარდაქმნებს თან ახლავს მრავალი პრაქტიკულად მნიშვნელოვანი ნა-

1 \* პასუხები იხილეთ 219-ე გვერდზე.

ერთის წარმოქმნა. მათ შორის გამოყოფთ ალკანის წვის, დაჟანგვის<sup>1</sup>, ხანაცვლების, იზომერიზაციის, ციკლიზაციის და დაშლის (კრეკინგის) რეაქციები.

**წვის რეაქცია.** ნაჯერი ნახშირწყალბადისათვის, ისევე როგორც ყველა ორგანული ნაერთისათვის, დამახასიათებელია წვის რეაქცია. ნებისმიერი ალკანის წვის რეაქცია შეგვიძლია გამოვსახოთ ტოლობით:



აღსანიშნავია, რომ მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად იზრდება ალის ქვარტლიანობა, რაც დაკავშირებულია ნახშირბადის მასური წილის გადიდებასთან, რის გამოც იგი სრულ წვას ვერ ასწრებს. მაღალ ტემპერატურაზე წვასთან ერთად მიმდინარეობს ალკანის დაშლაც.



გამოყოფილი წყალბადი ასწრებს დაწვას, ნახშირბადი კი ნაწილობრივ რჩება მაღალდისპერსიული მურის სახით.

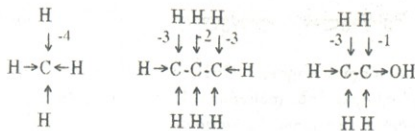
ალკანის წვის შედეგად გამოიყოფა დიდი რაოდენობის სითბო და დღეისათვის ეს ენერჯის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი წყაროა. მეთანი ბუნებრივი აირის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია, ხოლო მისი თხევადი ჰომოლოგები სხვადასხვა ხარისხისა და დანიშნულების საწვავია (იხ. გვ. 186, 192)

**დაჟანგვის რეაქცია.** ალკანი იჟანგება მხოლოდ სპეციფიკურ პირობებში (კატალიზატორი, ტემპერატურა) მრავალი მნიშვნელოვანი ნაერთის წარმოქმნით (გვ. 99, 117).

წვის და დაჟანგვის რეაქცია კლასიკური ჟანგვა-აღდგენითი პროცესია. ორგანულ ნაერთებში, ისევე როგორც არაორგანულში, სარგებლობენ ჟანგვითი რიცხვის ცნებით. მაგრამ არაორგანული ნაერთისაგან განსხვავებით, ჟანგვითი რიცხვი, ხშირად, ორგანულ ნაერთში არ შეესაბამება მის ვალენტობას. ამიტომაც ამ რიცხვის განსაზღვრას პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

ჟანგვითი რიცხვის განსაზღვრა ორგანულ ნაერთში. ნახშირბადის ატომის ჟანგვითი რიცხვის განსაზღვრისათვის ვეყრდნობით ელემენტის ელექტროუარყოფითობას და ეთვლით, რომ ბმის ელექტრონული წყვილი მთლიანად გადაწეულია შედარებით მეტად ელექტროუარყოფითი ელემენტის ატომისაკენ. სტრუქტურულ ფორმულებში პირობით გადაწევას ისრებით აღნიშნავენ. ისრის დასაწყისია (+) ბოლო (-).

1 წვის და დაჟანგვის რეაქციები ორგანულ ქიმიაში განიხილება ცალ-ცალკე, რადგან მათ აქვთ მკვეთრად განსხვავებული გამოყენება.

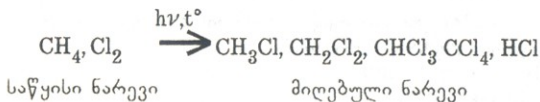


როგორც ხედავთ ნახშირბადის ვალენტობა ყველგან IV-ის ტოლია, ეხვევი რიცხვი კი - იცვლება.

**ჩანაცვლების რეაქციები.** ჩანაცვლების რეაქციები აღინიშნება S ასოთი (Substitution). წყალბადის ატომები შეიძლება ჩაენაცვლოს სხვადასხვა ფუნქციური ჯგუფით. დიდი მნიშვნელობა აქვს ქლორირებისა და ბრომირების (ჰალოგენირების), ნიტრირებისა და სულფირების რეაქციებს.

ალკანებში C-H ბმის სიმტკიცის გამო, ჩანაცვლების რეაქციისათვის საჭიროა სათანადო ოპტიმალური პირობების შექმნა. ეს ნათლად ჩანს მეთანის ქლორირების რეაქციის მუქანის<sup>1</sup> განხილვისას.

მეთანის ქლორირების რეაქცია. მეთანის ქლორირებისას დასხვიების ან გახურების პირობებში წარმოიქმნება ქლორწარმოებულების ნარევი, რაც შეგვიძლია გამოვსახოთ შემდეგი სქემით:



$\text{CH}_3\text{Cl}$  - ქლორმეთანი

$\text{CHCl}_3$  - ტრიქლორმეთანი (ქლოროფორმი)

$\text{CH}_2\text{Cl}_2$  - დიქლორმეთანი

$\text{CCl}_4$  - ტეტრაქლორმეთანი

ეს პროცესი შეგვიძლია ოთხ საფეხურად ასე წარმოვიდგინოთ:

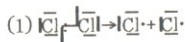
1.  $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$
2.  $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}_2 + \text{HCl}$
3.  $\text{CH}_2\text{Cl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CHCl}_3 + \text{HCl}$
4.  $\text{CHCl}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CCl}_4 + \text{HCl}$

აღსანიშნავია, რომ ამ ნარევის წარმოქმნა არ არის დამოკიდებული მეთანისა და ქლორის მოცულობით თანაფარდობაზე. პრაქტიკულად ამ რეაქციის შეჩერება შეუძლებელია რომელიმე საფეხურზე. ასეთი შედეგი თქვენთვის ახალია, რადგან შესწავლილ რეაქციებში, როგორც წესი, მოქმედებდა სტექიომეტრიის კანონი.

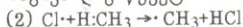
<sup>1</sup> სტადიების მიხედვით ქიმიური რეაქციების დეტალურ აღწერას უწოდებენ რეაქციის მუქანის<sup>1</sup>. საჭიროა ვიცოდეთ არა მარტო რა პროდუქტები მიიღება, არამედ როგორ მიმდინარეობს მათი წარმოქმნა. თუ ვიცით როგორ მიმდინარეობს რეაქცია, შესაძლებელია რეაქციის პირობების შეცვლით მიზნობრივი პროდუქტის გამოსავლიანობის გაზრდა.

რეაქციის მექანიზმის შესწავლას საფუძვლად უდევს ბმის სიმტკიცე და გაწყვეტის შესაძლებლობა.

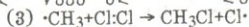
მოყვანილი რეაქციები მიმდინარეობს C-H, Cl-Cl ბმების ჰომოლიზირებას და ხარჯზე Cl-Cl ბმა უფრო სუსტია (იხ. დანართი 1, გვ. 217), რის გამოც იგი გაწყდება და წარმოიქმნება ქლორის ორი რადიკალი (ატომი):



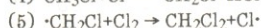
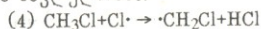
წარმოქმნილი რადიკალი ხასიათდება მაღალი აქტივობით, იწვევს მეთანის მოლეკულაში ბმის C: H<sub>1</sub>ის მსგავსად გაწყვეტას.



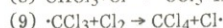
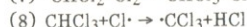
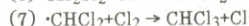
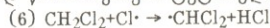
(2) რეაქციის შედეგად წარმოიქმნა ახალი რადიკალი მეთილი CH<sub>3</sub>, რომელიც აგრეთვე ძალიან აქტიურია და იწვევს ქლორის მოლეკულის ანალოგიურად გაწყვეტას:



როგორც ხედავთ ამ რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება ნარევის ერთ-ერთი პროდუქტი - ქლორმეთანი და ქლორის რადიკალი, რომელიც აგრძელებს რეაქციას. უნდა აღინიშნოს, რომ ქლორმეთანში ქლორის ატომი მაღალი ელექტროუარყოფითობის გამო თავისკენ იზიდავს C-H ბმების საზიარო ელექტრონებს, რაც ასუსტებს C-H ბმებს და ხელს უწყობს შემდეგი საფეხურის მსვლელობას.



ამ საფეხურზე წარმოიქმნება აქტიური რადიკალი, რომლის ხარჯზე რეაქცია გრძელდება და საბოლოოდ წარმოიქმნება ტეტრაქლორმეთანი.

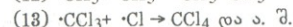
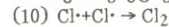


ამრიგად, (2)-დან (9) რეაქციების ჩათვლით თანამიმდევრულად ხდება ქლორის რადიკალის წარმოქმნა და მისი მონაწილეობა რეაქციაში. ყველა საფეხურზე წარმოიქმნება აქტიური რადიკალი, რის გამოც შეუძლებელია რომელიმე საფეხურზე რეაქციის შეჩერება. ეს არის ტიპური ჯაჭვური რეაქცია, რომელიც მიმდინარეობს თავისუფალ-რადიკალური მექანიზმით.

პირველი რეაქციის სახელწოდებაა ჯაჭვის ინიცირება.

(2-9) რეაქციებისა - ჯაჭვის გაგრძელება.

ასეთი რეაქციის თეორიული განხილვისას იქმნება შთაბეჭდილება თითქოს რეაქციის მსვლელობისათვის საკმარისია ქლორის მხოლოდ ერთი რადიკალის წარმოქმნა, ე. ი. დასხივება ან გაცხელება სჭირია მხოლოდ რეაქციის დასაწყისში, რაც პრაქტიკულად არ დასტურდება. რით აიხსნება ეს? ჩვენ დავწერეთ მხოლოდ იმ რეაქციათა ტოლობები, რომელთა შედეგად მიიღება საბოლოო პროდუქტები. პრაქტიკულად ამ რეაქციებთან ერთად მიმდინარეობს სხვა რეაქციებიც:



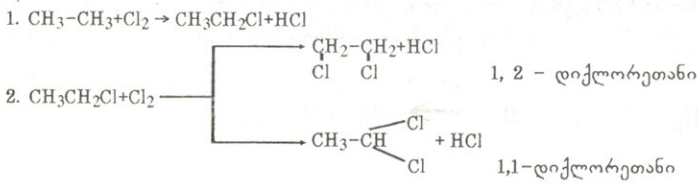
როგორც ვხედავთ ამ რეაქციებში არ წარმოიქმნება ახალი რადიკალი, რის გამოც რეაქცია შეწყდება. სწორედ ამიტომ სჭირდება რეაქციის წარმართვას მუდმივი დასხივება ან გაცხელება.

10-13 და ა. შ. რეაქციები ჯაჭვის გაწყვეტის რეაქციებია.



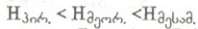
ამ ტიპის რეაქციებს ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს. ამ მექანიზმით ხდება ალკანის ბრომირება. მიღებულ ჰალოგენწარმოებულებს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვთ როგორც გამხსნელებსა და საწყის ნივთიერებას ორგანული ნაერთის მოლეკულაში სხვადასხვა ფუნქციური ჯგუფის შესაყვანად.

ანალოგიური მექანიზმით ურთიერთქმედებს ქლორი სხვა ნახშირწყალბადებთან. მსგავსად იწყება ეთანის ქლორირება.

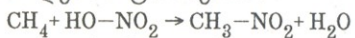


მე-2 საფეხურის ძირითადი პროდუქტია 1,1- დიქლორეთანი, რაც იმითა განპირობებული, რომ ქლორთან დაკავშირებული ნახშირბადის ატომი ვანიცდის მის ვაკლენას და შესაბამისად მასთან დაკავშირებული წყალბადის ატომი უფრო მოძრავი ხდება.

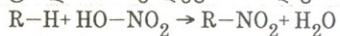
საბოლოოდ წარმოიქმნება მეთანთან შედარებით ნივთიერების უფრო რთული ნარევი (დაწერეთ ნარევის შედგენილობა). პროპანში ქლორირება მეორეულ ნახშირბადატომთან იწყება (შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა), რადგან ალკანში წყალბადატომების აქტივობა იზრდება შემდეგი თანამიმდევრობით:



ნიტრირების რეაქცია. ნაჯერი ნახშირწყალბადი ჩანაცვლების რეაქციაში შედის აზოტმკავასთან. ამ რეაქციის შედეგად ატომთა ჯგუფი  $\text{NO}_2$ , ე. წ. ნიტროჯგუფი, წყალბადის ატომის ადგილს იკავებს. მაგალითად, მეთანის ურთიერთქმედებით განზავებულ აზოტმკავასთან ზომიერი გაცხელების პირობებში მიიღება ნიტრომეთანი



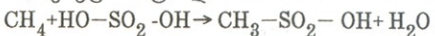
ზოგადად რეაქციის ტოლობა შემდეგნაირად გამოისახება:



ეთანის აზოტმკავასთან რეაქციით კი მიიღება ნიტროეთანისა და ნიტრომეთანის ნარევი. აზოტმკავა ამ რეაქციაში ავლენს მყანგავის თვისებასაც. აზოტმკავასთან რეაქციას ნიტრირების რეაქცია ეწოდება.

ისევე, როგორც ჰალოგენირება, ნიტრირებაც ყველაზე ადვილად მიმდინარეობს მესამეულ ნახშირბადატომთან და რეაქციის მექანიზმი არის რადიკალური.

სულფირების რეაქცია. ნაჯერ ნახშირწყალბადს გოგირდმკავასთან ახასიათებს ჩანაცვლების რეაქცია. ამ რეაქციას სულფირების რეაქციას ეწოდებენ. რეაქციის ტოლობის შედგენისას გოგირდმკავას სტრუქტურულ ფორმულას ჩავწერთ შემდეგი სახით:  $\text{HO}-\text{SO}_2-\text{OH}$ . დავწეროთ მეთანის სულფირების რეაქციის ტოლობა:

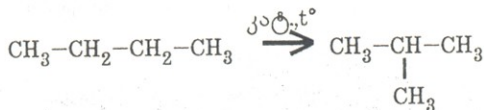


ან ზოგადად  $\text{R}-\text{H} + \text{HO}-\text{SO}_2-\text{OH} \rightarrow \text{R}-\text{SO}_2-\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$  ალკანსულფომკავა



მიღებულ ნაერთს ზოგადად ალკანსულფომჟავა ეწოდება. პრაქტიკაში გოგირდმჟავას ნაცვლად იყენებენ გოგირდ(IV)-ის ოქსიდისა და ჟანგბადის ნარევს. რეაქცია მიმდინარეობს დასხივების პირობებში. ალკანსულფომჟავებს ( $C_8-C_{20}$ ) ფართოდ იყენებენ როგორც სარეცხ საშუალებას (დანართი 3).

**იზომერიზაციის რეაქცია.** დასახელებულიდან ჩანს, რომ რეაქციის მსვლელობისას წარმოიქმნება იზომერული ნაერთები, მაგალითად:

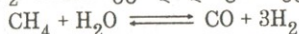


ნ-ბუტანი

იზო-ბუტანი

აღსანიშნავია, რომ ამ ტიპის რეაქციას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რადგან იგი საფუძვლად უდევს ბენზინის ხარისხის გაუმჯობესებას (გვ. 189). რეაქციას ატარებენ რთული შედგენილობის კატალიზატორის გამოყენებით, რომლის სრულყოფა დღემდე მიმდინარეობს.

შაკარ პირობებში ატარებენ პრაქტიკულად მნიშვნელოვან პროცესს, რომელიც ცნობილია როგორც **მეთანის კონვერსია** (გარდაქმნა). წარმოქმნილ  $CO$ -სა და  $H_2$ -ის ნარევს დიდი გამოყენება აქვს წარმოებაში (გვ. 53, 99).



სინთეზ-აირი

(რეაქცია მიმდინარეობს  $700^{\circ}C$  ტემპერატურაზე, კატალიზატორია  $NiO$ ).

ამ რეაქციების გარდა ალკანებს ახასიათებს დეჰიდრირების (გვ. 54), არომატიზაციისა (გვ. 77) და კრეკინგის (გვ. 53, 188) რეაქციები, რომლებსაც შემდეგ თავებში განვიხილავთ.

ვევლას ნახშირწყალბადის წვის შედეგად წარმოიქმნება  $CO_2$  და  $H_2O$ .

$C$ -ს ვალენტობა როგორც წესი, მუდმივია; ჟანგითი რიცხვი იცვლება -4-დან — +4-მდე

აღკანების ჩანაცვლების რეაქციები: 1. ქლორირება, ბრომირება  $R-Cl$ ,  $R-Br$  2. ნიტრირება  $R-NO_2$  3. სულფირება  $R-SO_3H$

ჩანაცვლების რეაქცია მიმდინარეობს დასხივების ან მაღალი ტემპერატურის პირობებში.

მეთანის ქლორირების რეაქცია მიმდინარეობს ჯაჭვური რადიკალური მექანიზმით.

აღკანების შთავარი ქიმიური თვისებებია: 1. წვა, ჟანგვა; 2. ჩანაცვლება; 3. იზომერიზაცია; 4. დაშლა; 5. დეჰიდრირება.



1. დაწერეთ მეთანის, პენტანის და ოქტანის წვის რეაქციის ტოლობები.
2. გამოიანგარიშეთ 2,2,4-ტრიმეთილპენტანის მოლეკულაში ყველა ნახშირბადოვანი ატომის ენერჯიტი რიცხვი.
3. რატომ არ შედის ნაჯერი ნახშირწყალბადი მიერთების რეაქციაში? პასუხი დაასაბუთეთ.
4. ბრომი მოქმედებს მეთანთან ქლორის ანალოგიურად. შეადგინეთ მეთანის ბრომირების რეაქციის ტოლობები.
5. ცდის საშუალებით, როგორ განასხვავებთ მეთანს წყალბადისაგან?
6. ორგანულ ნივთიერებაში ნახშირბადის მასური წილია 84,21%, წყალბადისა კი 15,79%. მისი ორთქლის სიმკვრივე ჰაერის მიმართ უდრის 3,93. დაწერეთ ნივთიერების მოლეკულური ფორმულა.
7. ნაჯერი ნახშირწყალბადის წვისათვის საჭიროა მის მოცულობაზე 8-ჯერ მეტი მოცულობის ჟანგბადი. დაადგინეთ ამ ნივთიერების ფორმულა.
8. რა მოცულობის ჰაერი დაიხარჯება (ნ.პ.)<sup>1</sup> 3 მოლი მეთანისა და 20 ლ ეთანის ნარევის სრული დაწვისას.
9. 1 ლ ნაჯერი ნახშირწყალბადის დაწვის შედეგად მიიღეს 3 ლ CO<sub>2</sub> (ნ.პ.). განსაზღვრეთ ნახშირწყალბადის მოლეკულის შედგენილობა.
10. რამდენი ლიტრი ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდი (ნ.პ.) წარმოიქმნება 3 მოლი ეთანის წვისას?
11. შეადგინეთ იმ ნივთიერების მოლეკულის ფორმულა, რომელშიც ნახშირბადის მასური წილია 82,8% ხოლო წყალბადისა - 17,2%, ნივთიერების სიმკვრივე ნორმალურ პირობებში 2,59 გ/ლ-ია.
12. შინ დაამზადეთ: ა) ქლორეთანის, ბ) დიფტორდიქლორმეთანის მოლეკულების მოდელები. სხვადასხვა ატომის აღსანიშნავად გამოიყენეთ სხვადასხვა ფერის პლასტილინი. მოდელებს დახმარებით ახსენით რამდენი ნივთიერებაა წარმოდგენილი შემდეგი ფორმულებით:



13. 11 გ პროპანი დაწვეს 11,2 ლ (ნ.პ.) ჟანგბადში. დაადგინეთ რეაქციის პროდუქტების რაოდენობრივი შედგენილობა.
14. დაწერეთ მეთანის წვის რეაქციის ტოლობა და გაათანაბრეთ ელექტრონული ბალანსის მეთოდით.

**§13. უჯერი ნახშირწყალბადები**

უჯერი ნახშირწყალბადი აღნაგობით მნიშვნელოვნად განსხვავდება ალკანისაგან. იგი ხასიათდება მაღალი ქიმიური აქტივობით, რის გამოც ბუნებაში, გამონაკლისის გარდა, თავისუფალი სახით არ გვხვდება.

უჯერ ნახშირწყალბადებს მიეკუთვნება: ეთილენის (ალკენი), აცეტილენის (ალკინი) და ბუტადიენის (ალკადიენი) რიგის ნახშირწყალბადები. უჯერ ნახშირწყალბადს უფარესად დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

<sup>1</sup> (ნ. პ.) ნორმალური პირობები: t=0°C; P=101,3 კპა.



ეთილენის რიგის ნახშირწყალბადები მოლეკულაში შეიცავს ერთ ორმაგ ბმას. მათ საერთაშორისო ნომენკლატურით **ალკენები** ეწოდება. ალკენების უმარტივესი წარმომადგენელია - ეთილენი. მის მოლეკულაში ნახშირბადის ორი ატომია. ეთილენის ემპირიული ფორმულაა  $C_2H_4$ , სტრუქტურული



**ჰომოლოგიური რიგი.** არსებობს ეთილენის მსგავსი აღნაგობისა და თვისებების ნახშირწყალბადები, რომლებიც ქმნიან ჰომოლოგიურ რიგს ზოგადი ფორმულით  $C_nH_{2n}$

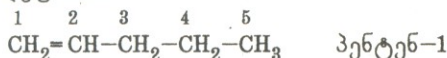
ცხრილი №2

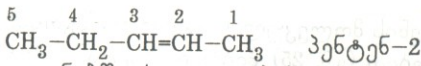
ალკენების ჰომოლოგიური რიგი

ფორმულა $C_nH_{2n}$	ნომენკლატურა	
	ისტორიული	საერთაშორისო
$CH_2=CH_2$	ეთილენი	ეთენი
$CH_2=CH-CH_3$	პროპილენი	პროპენი
$CH_2=CH-CH_2-CH_3$	ბუტილენი	ბუტენ-1
$CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3$	ამილენი	პენტენ-1

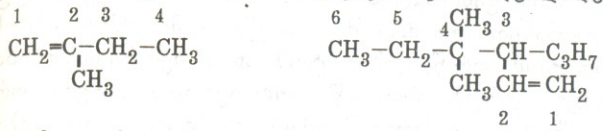
ეთილენის უახლოესი ჰომოლოგებია: პროპილენი, ბუტილენი და ა. შ. მათი ისტორიული სახელწოდებები წარმოდგება შესაბამისი ნაჯერი ნახშირწყალბადის სახელწოდების დაბოლოება „ან“-ის „ილენ“-ით შეცვლით. მაგალითად, ეთანის შესაბამისი უჯერი ნახშირწყალბადის სახელწოდებაა ეთილენი, პროპანისა - პროპილენი და ა. შ.

**ნომენკლატურა.** ალკენის სახელწოდება საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით მიიღება ალკანების მსგავსად: გამოყოფენ ნახშირბადატომების ყველაზე გრძელი განუტოტველ ჩონჩხს, რომელიც მოიცავს ორმაგ ბმას, ნომრავენ მას იმ ბოლოდან, საიდანაც ახლოსაა ორმაგი ბმა და ასახელებენ სახელწოდებით (ცხრილი №2). სახელწოდებაში ალკანებისათვის დამახასიათებელი დაბოლოება „ან“-ი იცვლება „ენ“-ით. ამასთან დაკავშირებით ეთილენური ნახშირწყალბადების ზოგადი დასახელებაა **ალკენი**. ორმაგი ბმის მდებარეობას ნახშირბადატომების ჩონჩხში მიუთითებენ იმ ნახშირბადატომის ნომრით, რომლიდანაც პირობითად იწყება ორმაგი ბმა. ციფრები გამოყოფილია დეფისით.





განტოტვილ ალკენებში რადიკალების დასახელება, როგორც ალკანების შემთხვევაში, იწერება ალკენის დასახელების წინ და ციფრით აღინიშნება მათი მთავარ ჩონჩხთან დაკავშირების ადგილმდებარეობა



2-მეთილბუტენ-1                      4,4-დიმეთილ-3-პროპილჰექსენ-1

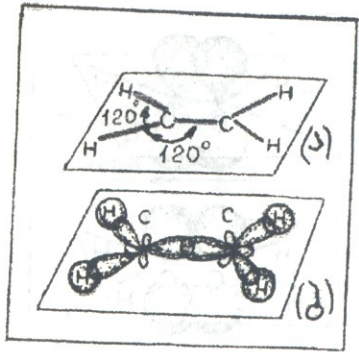
ალკენის რადიკალია ალკენილი.  
 $\text{CH}_2=\text{CH}-$  ეთენილი (ვინილი)  
 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$  პროპენილი (ალილი)

**ფიზიკური თვისებები.** ალკენები ეთენიდან ბუტენის ჩათვლით ჩვეულებრივ პირობებში აირადი ნივთიერებებია ( $\text{C}_2-\text{C}_4$ ), შემდგომ ( $\text{C}_5-\text{C}_{17}$ ) – სითხეები, ხოლო  $\text{C}_{18}\text{H}_{36}$  – დან კი მყარი ნივთიერებებია. მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად იზრდება დუღილისა და დნობის ტემპერატურა. ალკენი პრაქტიკულად არ იხსნება წყალში. იხსნება ორგანულ გამხსნელში. ალკენი ფიზიკური თვისებებით და მათი ცვლილებების კანონზომიერებით ჰგავს ალკანს.

ალკენის ზოგადი ფორმულაა  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$   
 ალკენების სახელწოდებაში დაბოლოება „ან“-ი იცვლება „ენ“-ით.

**§14. ეთენის (ეთილენის) აღნაგობა**

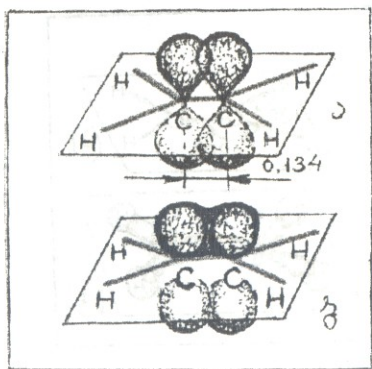
კვლევის ფიზიკური მეთოდებით დადგენილია, რომ ეთენის მოლეკულა ბრტყელია, ყველა ატომის ბირთვი ერთ სიბრტყეშია განლაგებული და ბმის კუთხეა  $120^\circ$  (სურ. 7, ა).



სურ. 7. ეთენის მოლეკულაში სიგმა ბმების წარმოქმნის სქემა.

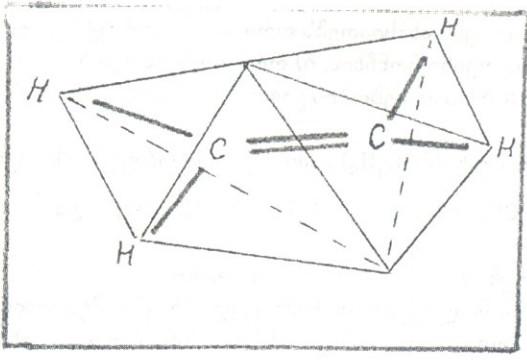
რით აიხსნება ეთილენის მოლეკულის ასეთი აღნაგობა? ამ შემთხვევაში ალკანისაგან განსხვავებით (გვ. 25) ჰიბრიდიზაციაში მონაწილეობს სამი ელექტრონული ღრუბელი (ერთი s და ორი p). ამ ღრუბლებს წარმოიქმნება ორი შერწყმით და შემდგომ თანაბრად გაყოფით წარმოიქმნება სამი  $sp^2$  ჰიბრიდული ღრუბელი. ისინი განლაგდებიან ერთ სიბრტყეში, მაქსიმალურად დაცილდებიან ერთმანეთს და მათ შორის კუთხე მიაღწევს  $120^\circ$ -ს. თითოეული ნახშირბადატომი ორ წყალბადატომთან და მეორე ნახშირბადატომთან  $sp^2$  ჰიბრიდული ღრუბლების ნაწილობრივი გადაფარვით ბირთვების შემაერთებელი წრფის გასწვრივ წარმოიქმნის მტკიცე  $\sigma$  (სიგმა) — ბმას (სურ. 7, ა) ამრიგად, ეთილენის ჩონჩხი ბრტყელია, ყველა ატომი განლაგდება ერთ სიბრტყეში. ნახშირბადატომებს რჩება თითო p ელექტრონი, რომელთა ღრუბელს მოცულობითი რვიანის ფორმა აქვს და მათი ღერძები პერპენდიკულარულია ატომთა ბირთვების შემაერთებელი სიბრტყისა. p ელექტრონული ღრუბლების ნაწილობრივი გვერდითი გადაფარვით (სურ.8ა) ატომთა ბირთვების სიბრტყის ზევით და ქვევით წარმოიქმნება ნახშირბადატომებს შორის მეორე ბმა —  $\pi$  (პი) ბმა, რომელიც  $\sigma$  ბმაზე ნაკლებად მტკიცეა, რაც გამოწვეულია p ელექტრონული ღრუბლების ნაკლები გადაფარვით და აგრეთვე იმით, რომ გადაფარვა ხდება მოლეკულის სიბრტყის გარეთ.

$\pi$  ბმის წარმოიქმნელი ელექტრონები ქმნიან ელექტრონულ ღრუბელს, რომელიც საერთოა ორივე ატომისათვის. მისი ელექტრონული სიმკვრივე თანაბრად არის განაწილებული. ამბობენ, რომ  $\pi$ -ბმა ლოკალიზებულია ორ ნახშირბადატომს შორის.  $\sigma$  ბმის სიბრტყის ზევით და ქვევით (სურ.8ბ) ეთენის მოლეკულაში ნახშირბადატომებს შორის ერთდროულად ორი ბმის ( $\sigma$ ,  $\pi$ ) არსებობის გამო მანძილი ატომების ბირთვებს შორის მცირდება. იგი 0,1345მ-ის ტოლია.



სურ. 8. ეთილენის მოლეკულაში  $\pi$  ბმის წარმოქმნის სქემა.

ა) p ელექტრონების ღრუბლების გვერდითი გადაფარვა, ბ)  $\pi$  ბმის საერთო ღრუბლის განაწილება ატომთა ბირთვების სიბრტყის ზევით და ქვევით.



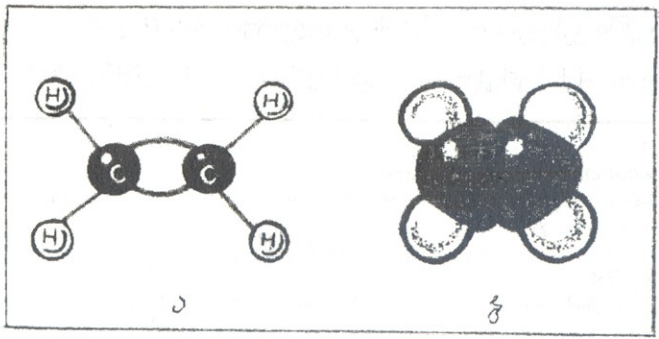
სურ. 9. ეთილენის მოლეკულის ტეტრაედრული მოდელი

ეთილენის მოლეკულის სივრცითი მოდელი ასე შეიძლება წარმოვადგინოთ (სურ. 9)

ტეტრაედრებს აქვთ საერთო წიბო.

თქვენთვის ცნობილია, რომ თუ მოლეკულაში მხოლოდ  $\sigma$  ბმებია, მაშინ ნახშირბადატომების თავისუფალი ბრუნვა ბმის ირგვლივ შესაძლებელია ისე, რომ ქიმიური ბმა არ წყდება. დააკვირდით (სურ. 8). აქ ნახშირბადატომების თავისუფალი ბრუნვა  $\pi$  ბმის გაწყვეტის გარეშე შეუძლებელია.

ეთილენის მოლეკულის აღნაგობის გამოსახვის მიზნით, ხშირად იყენებენ ბურთულდეროვან და მასშტაბურ მოდელებს (სურ. 10). პირველი ტიპის მოდელში ნახშირბადატომებს შორის ორმაგ ბმას სწორი ან მოხრილი ღეროებით გამოსახავენ. მეორე შემთხვევაში კი ნახშირბადის ბურთულების ცენტრებს კიდევ უფრო მეტად უახლოებენ ერთმანეთს.



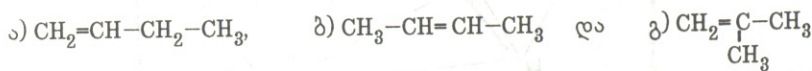
სურ. 10. ეთილენის მოლეკულის მოდელები:  
ა) - ბურთულდეროვანი, ბ) - მასშტაბური.



**იზომერია.** ალკენს ახასიათებს ორი სახის სტრუქტურული იზომერია:

ა) ნახშირბადოვანი ჩონჩხის, ბ) ორმაგი ბმის მდებარეობის. გარდა ამისა, მოლეკულაში  $\pi$  ბმის არსებობის გამო, მას ახასიათებს სივრცითი იზომერია.

მაგალითად, ბუტენს ( $C_4H_8$ ) სამი სტრუქტურული იზომერი შეესაბამება.

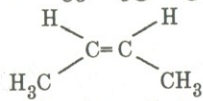


ბუტენ-1

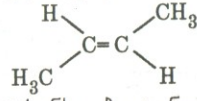
ბუტენ-2

2-მეთილპროპენი

ბუტენ-2-ის მოლეკულაში ჩამნაცვლებები (მეთილის რადიკალი) შესაძლებელია მოთავსდეს ორმაგი ბმის სიბრტყის ერთ ან სხვადასხვა მხარეს. ამასთან არის დაკავშირებული ორი სივრცითი იზომერის არსებობა. პირველს **ცის-იზომერი** ეწოდება, მეორეს – **ტრანს-იზომერი**. (ლათინურად cis ნიშნავს „ამ მხარეს“, trans – „იქითა მხარეს“). სივრცითი იზომერიის ამ სახეს ცის, ტრანს ან გეომეტრიულ იზომერიას უწოდებენ.



ცის-ბუტენ-2  
(დუღილის ტემპ.  $3,7^\circ C$ )



ტრანს-ბუტენ-2  
(დუღილის ტემპ.  $0,9^\circ C$ )

რატომ არ გააჩნია ბუტენ-1-სა და 2-მეთილპროპენ-1-ს ცის-ტრანს იზომერები?

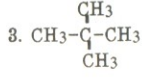
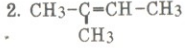
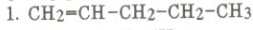
აღკვეთი ნახშირბადის ატომს აქვს სამი  $sp^2$  ჰიბრიდული დრუბელი და ერთი p დრუბელი.

აღკვეთი ვესვდება ორი სახის კოვალენტური ბმა:  $\sigma$  და  $\pi$ .

აღკვენს აქვს სტრუქტურული და სივრცითი (ცის, ტრანს) იზომერები.

**სავარჯიშოები და ამოცანები**

1. ახსენით რატომ არ შეიძლება ნახშირბადის ატომების თავისუფალი ბრუნვა ორმაგი ბმის გარშემო?
2. როგორ ახსენით სივრცითი ცის-ტრანს იზომერის არსებობას უჯერ ნახშირწყალბადებში?
3. ქვემოთ ჩამოთვლილი ნივთიერებებიდან ცალკე ამოიწერეთ ერთმანეთის იზომერული ნივთიერებების ფორმულები და დაასახელეთ ისინი საერთაშორეო ნომენკლატურის მიხედვით.



4.  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$       5.  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ;  
 4\*. დაასახელოთ საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით:
1.  $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}}-\text{CH}=\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$       2.  $\text{CH}_2=\text{CH}-\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}}-\text{CH}_3$   
 3.  $\text{CH}_3-\text{CH}=\underset{\text{CH}_3 \text{ C}_2\text{H}_5}{\underset{|}{\text{C}}}-\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$       4.  $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3 \text{ CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}}-\text{CH}=\text{CH}_2$
5. შეადგინეთ სტრუქტურული ფორმულები ნაერთებისა, რომელთა სახელწოდებაა 3-მეთილპენტენ-1; 2-მეთილ-4-იზოპროპილპენტენ-1.  
 6. დაამზადეთ მოდელი და მისი მეშვეობით გვიჩვენეთ: შესაძლებელია თუ არა სივრცითი ცის-ტრანს იზომერია: ა) 1,2-დიბრომეთენისათვის და ბ) იზობუტილენისათვის.  
 7. დაწერეთ პენტენის შესაძლო ცის-ტრანს იზომერები და დაასახელოთ ისინი.

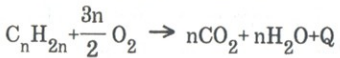
**§15. ალკენების ქიმიური თვისებები**

ალკენისათვის დამახასიათებელია წვა, ჟანგვა, მიერთებისა და პოლიმერიზაციის რეაქცია.

**წვის რეაქცია.** ალკენი, როგორც ალკანი იწვის. წვის შედეგად გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სითბო:



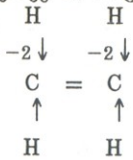
ზოგადად ალკენის წვის რეაქციის ტოლობა ასე გამოისახება:



**დაჟანგვის რეაქცია.** ალკენი ალკანისაგან განსხვავებით ადვილად იჟანგება. მისი მაღალი ქიმიური აქტივობა განპირობებულია მოლეკულაში π-ბმის არსებობით. გავიხსენოთ, რომ იგი შედარებით სუსტი ბმაა, რის გამოც ადვილად წყდება მჟანგავისა და სხვა რეაგენტების მოქმედებით.

გავატაროთ ეთილენი კალიუმპერმანგანატის წყალხსნარში. შევამჩნევთ, რომ ხსნარის იისფერი შეფერილობა სწრაფად შეიცვლება. ე. ი. პერმანგანატი ჟანგავს ეთილენს. რეაქციის შედეგად წარმოქმნება ეთილენგლიკოლი.

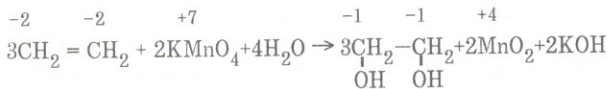
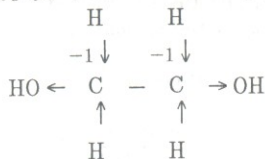
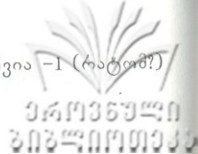
განვიხილოთ ეს რეაქცია ჟანგვა-აღდგენის თვალსაზრისით: განვსაზღვროთ ეთილენის მოლეკულაში ნახშირბადატომის ჟანგვითი რიცხვი:



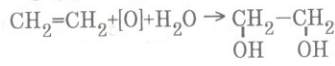
C-H ბმის ელექტრონული სიმკვრივე გადაწეულია ნახშირბადატომისაკენ. ამიტომ მისი ჟანგვითი რიცხვია -2.



წარმოქმნილ ეთილენგლიკოლში ნახშირბადატომის ჟანგვითი რიცხვია -1 (რატომ?)



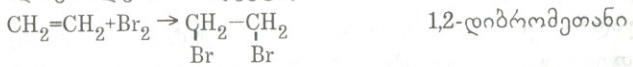
თუ მჟანგავს პირობითად აღვნიშნავთ ჟანგბადატომით [O], მაშინ ეთილენის დაჟანგვის რეაქციის ტოლობა მიიღებს შემდეგ სახეს:



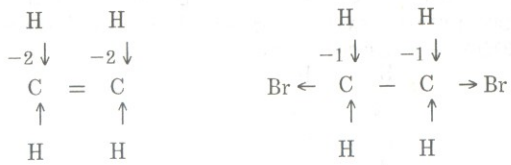
ეთილენის რეაქცია კალიუმპერმანგანატის წყალხსნართან ორმაგი ბმის **აღმომჩენი თვისებითი** რეაქციაა.

**მიერთების რეაქციები.** მიერთების რეაქციები აღინიშნება A ასოთი; Addition – მიერთება

ჰალოგენების მიერთება. ალკენი რეაქციაში შედის ჰალოგენებთან. ეთილენი გავატაროთ ქურქელში, რომელშიც ჩასხმულია ოთხქლორიან ნახშირბადში (CCl<sub>4</sub>) გახსნილი ბრომი. შევამჩნევთ, რომ ბრომის მურამოწითალო შეფერილობა სწრაფად გაქრება. რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება უფერო სითხე დიბრომეთანი – C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>Br<sub>2</sub>, ე. ი. ბრომის მოლეკულა მიუერთდა ეთილენის მოლეკულას:



ბრომის მოლეკულა ეთილენის მოლეკულას მიუერთდა π-ბმის გაწყვეტის შედეგად დაეკვირდეთ ნახშირბადატომის ჟანგვითი რიცხვის ცვლილებას:

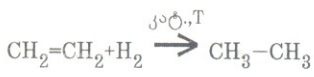


ეთილენში ნახშირბადატომის ჟანგვითი რიცხვი თუ არის -2, დიბრომეთანში იგი -1-ის ტოლია ე. ი. მოხდა ჟანგვა-აღდგენა.



ოთხქლორიან ნახშირბადში გახსნილ ბრომთან რეაქციას **ორმაგი ბმის აღმომჩენად იყენებენ**. შეიძლება აღმომჩენ რეაგენტად გამოვიყენოთ ბრომ-მიანი წყალი. ამ შემთხვევაში მრავალი პროდუქტი წარმოიქმნება.

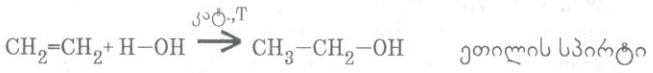
წყალბადის მიერთება - ჰიდროგენიზაცია (ჰიდრირება). ალკენს კატალიზატორის (Pt, Ni და სხვა) თანაობისას ახასიათებს მიერთების რეაქცია წყალბადთან.



რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება ნაჯერი ნახშირწყალბადი ეთანი და შესაბამისად იცვლება მოლეკულის სივრცითი აღნაგობაც (რატომ?).

რეაქციას, რომელიც მიმდინარეობს წყალბადის მიერთებით, ჰიდროგენიზაციის (ჰიდრირების) რეაქცია ეწოდება.

წყლის მიერთება - ჰიდრატაცია. ალკენს კატალიზატორის (კონც.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ან  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) თანაობისას ახასიათებს წყალთან მიერთების რეაქცია სპირტის წარმოქმნით:



ამ რეაქციას საწარმოო მნიშვნელობა აქვს. წყალთან მიერთების რეაქციას ჰიდრატაციის რეაქცია ეწოდება.

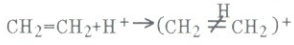
ჰალოგენწყალბადის მიერთება. ალკენი ადვილად (ოთახის ტემპერატურაზე) რეაგირებს ჰალოგენწყალბადთან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მონოჰალოგენწარმოებული:



**მიერთების რეაქციის მექანიზმი.** განვიხილოთ მიერთების რეაქციის მექანიზმი ეთილენის ბრომწყალბადთან რეაქციის მაგალითით.

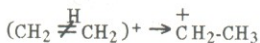
ბრომწყალბადის მოლეკულაში კოვალენტური ბმა პოლარულია, წყალბადის ატომს აქვს ნაწილობრივ დადებითი მუხტი ( $\delta+$ ) ბრომის ატომს კი - ნაწილობრივ უარყოფითი ( $\delta-$ ) მუხტი. ეთილენის მოლეკულასთან მიახლოებისას ნაწილობრივ დადებითად დამუხტულ წყალბადს ( $\text{H}^{\delta+}$ ) და ორმაგი ბმის ღრუბელს შორის ხდება ურთიერთქმედება, რაც ხელს უწყობს  $\text{HBr}$ -ის დისოციაციას (ჰეტეროლიზს):

$\text{H}:\text{Br} \rightarrow \text{H}^{\delta+} + \text{Br}^-$ , ე.ი. რეაქციას იწყებს  $\text{H}^+$ , რომელიც ტიპიური ელექტროფილია (გვ. 71). წყალბადის იონი (პროტონი) ეთილენის მოლეკულასთან წარმოქმნის ე. წ.  $\pi$  კომპლექსს:

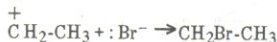


აქ ტიპური ბმა ჯერ არ არის წარმოქმნილი.

შემდგომ  $\pi$  ბმის ელექტრონები წარმოქმნიან ქიმიურ ბმას პროტონსა და ერთ-ერთ ნახშირბადატომს შორის. მეორე ნახშირბადატომმა დაკარგა ელექტრონი, რის შედეგადაც წარმოიქმნება კარბკატიონი:



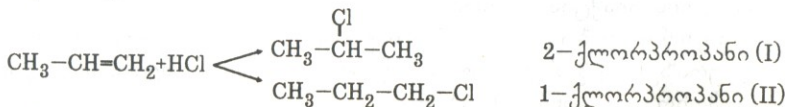
კარბკატიონი ურთიერთქმედებს ბრომის იონთან და ბრომის ატომის ერთ-ერთი ელექტრონული წყვილის ხარჯზე ნახშირბადატომთან წარმოიქმნება ბმა დონორულ-აქციეტორული მექანიზმით.



ამრიგად, მიერთების რეაქცია მიმდინარეობს **იონური მექანიზმით**. ამავე მექანიზმით მიმდინარეობს რეაქციები სხვა ჰალოგენებთან და ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი მიერთების რეაქციაც. უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ჰალოგენებთან რეაქციისას ხდება  $\pi$  ბმის ელექტრონების მოქმედებით ჰალოგენების მოლეკულის პოლარიზაცია, ხოლო წყლის მოლეკულის პოლარიზაციისათვის საჭიროა კატალიზატორის გამოყენება.

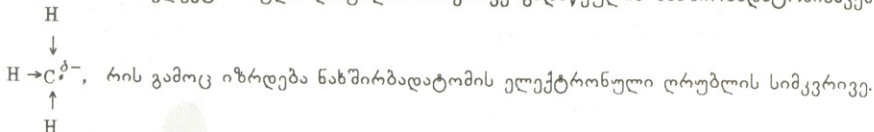
აღნიშნული რეაქციები ზოგადია ეთილენის ჰომოლოგიური რიგისათვის, მაგრამ მათ მიმართულებას საწყისი ალკენის აგებულება განსაზღვრავს.

**მარკოვნიკოვის წესი.** ალკენის ჰალოგენწყალბადთან ურთიერთქმედებისას უნდა გავითვალისწინოთ რომელი ნახშირბადატომი მიიერთებს წყალბადატომს და რომელი - ჰალოგენს. მაგალითად, პროპენთან ქლორწყალბადის ურთიერთქმედებისას შესაძლებელია ორი იზომერული ნაერთის წარმოქმნა:



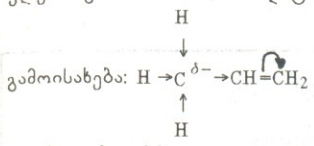
ვ. მარკოვნიკოვმა მრავალი ცდის საფუძველზე დაადგინა, რომ რეაქცია ჩვეულებრივ პირობებში მიმდინარეობს ძირითადად (I) მიმართულებით, ე. ი. წყალბადი უერთდება უფრო მეტად ჰიდრირებულ ნახშირბადატომს, ხოლო ჰალოგენი - ნაკლებად ჰიდრირებულს. ეს კანონზომიერება ქიმიური ცნობილია მარკოვნიკოვის წესის სახელწოდებით. როგორ აიხსნება ეს?

ეთილენისაგან განსხვავებით პროპენის მოლეკულაში ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე არათანაბარია, რაც მეთილის რადიკალითაა განპირობებული. მეთილის რადიკალში C-H ბმის ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე გადაწეულია ნახშირბადატომისაკენ

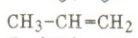


ამიტომ იგი იძენს ნაწილობრივ უარყოფით მუხტს, რაც გამოიწვევს მეთილის რადიკალისაგან მეზობელ ნახშირბადატომისაკენ ბმის ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივის გადაწევას. ეს კი იწვევს  $\pi$ -ბმის საკმაოდ მოძრავი ელექტრონული ღრუბლის გადანაც-

ვლებას განაპირა ნახშირბადატომისკენ, რაც სტრუქტურულ ფორმულაში შემდეგნაირად



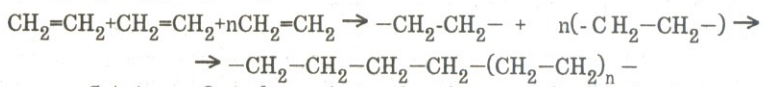
ამიტომ,  $\pi$  ბმა კარგავს სიმეტრიულობას და პოლარიზდება.



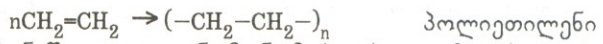
ამიტომ წყალბადიონი ( $\text{H}^+$ ) უერთდება უფრო მეტად ჰიდრირებულ ნახშირბადატომს, ხოლო უარყოფითად დამუხტული ქლორი ( $\text{Cl}^-$ ) მიუერთდება ნაკლებად ჰიდრირებულს. ამრიგად, ქლორწყალბადის მოლეკულაში ხდება კოვალენტური ბმის პეტეროლიზური იონური გაწყვეტა. მსგავსად მიმდინარეობს რეაქცია სხვა ალკენთანაც. პოლიგენწყალბადთან და წყალთან რეაქცია მარკოვნიკოვის წესის შესაბამისად წარმართება. იმ შემთხვევაში, როდესაც  $\pi$ -ბმის პოლარობაზე ახდენს გავლენას ჩამნაცვლებელი, რომელიც თავისკენ იზიდავს ელექტრონულ სიმკვრივეს, მიერთების რეაქცია მარკოვნიკოვის წესის საწინააღმდეგოდ მიმდინარეობს (რატომ?).

**პოლიმერიზაციის** რეაქცია. ალკენს  $\pi$  ბმა ანიჭებს კიდევ ერთ მეტად მნიშვნელოვან თვისებას. ალკენების მოლეკულებს შეუძლიათ ერთმანეთს შეუერთდნენ და წარმოქმნან გრძელი ჯაჭვები. მაგალითად, ეთილენისაგან მიიღება პოლიეთილენი, რომლისგანაც დამზადებული საყოფაცხოვრებო დანიშნულების სხვადასხვა ნაწარმი თქვენთვის კარგად არის ცნობილი (მაგალითად, პოლიეთილენისაგან დამზადებული პარკი და სხვ.).

ეთილენის ასობით და ათასობით მოლეკულა სათანადო პირობებში უერთდება ერთმანეთს და წარმოქმნის მაკრომოლეკულებს, რაც სქემატურად ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



ეთილენის პოლიმერიზაციის რეაქციის ტოლობა შეიძლება უფრო მოკლედ ასე გამოვსახოთ:



ამ რეაქციაში მონაწილე ეთილენი მონომერია, ხოლო მიღებული პოლიეთილენი - პოლიმერი. პოლიეთილენის მოლეკულაში  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$  დაჯგუფებას, რომელიც მრავალჯერ მეორდება ( $n$ -ჯერ), პოლიმერის რგოლი ეწოდება, ხოლო ინდექსი  $n$ -ს პოლიმერიზაციის ხარისხი.

პოლიმერიზდება სხვა ალკენებიც.

**ერთნაირი მოლეკულების უფრო დიდ მოლეკულებად შეერთების პროცესს პოლიმერიზაციის რეაქცია ეწოდება, ხოლო მიღებულ პროდუქტს - პოლიმერი** (გვ. 196).

ამრიგად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ალკენის მოლეკულისათვის დამახასიათებელი ორმაგი ბმა თვისობრივად განსაკუთრებული ბმაა - ორმაგი

ბმიდან ერთი ნაკლებად მტკიცეა, რაც განაპირობებს ალკენის მაღალ რეაქციისუნარიანობას.



ალკენი იქანგება უფრო რბილ ჰირობებში, ვიდრე ალკანი.

ალკენისათვის დამახასიათებელია შემდეგი რეაქციები:

1. წვა და დაქანგვა.
2. მიერთების რეაქცია.
3. ჰოლიმერიზაციის რეაქცია.

მიერთების რეაქცია მიმდინარეობს იონური მექანიზმით

მიერთების რეაქციებში  $\pi$ -ბმის გასლეჩა ჰეტეროლიზურია.

მეთილის ჯგუფის გავლენით  $\pi$ -ბმის ელექტრონული სიმკვრივე გადაისრება და ჰროჰენის მოლეკულა სდება ჰოლარული.

ჰოლიმერიზაციის რეაქცია ჰოლიმერთების ერთ-ერთი სახეა.

#### საპარჯიშობა და ამოცანები

1. როგორ იცვლება ეთილენის მოლეკულის სივრცითი აღნაგობა ჰიდრირების რეაქციის შედეგად?
2. ასენით ალკენში მიერთების რეაქციის მექანიზმის არსი.
3. რით განსხვავდება ნახშირწყალბადში მიერთებისა და ჩანაცვლების რეაქციების მექანიზმები? გაციით დასაბუთებული პასუხი.
4. შეადარეთ ეთანი ეთენს. ამ მიზნით მიუთითეთ: ა) ამ ნივთიერებათა მსგავსება შედგენილობისა და ქიმიური თვისებების მიხედვით (დაწერეთ რეაქციათა ტოლობები და მიუთითეთ მათი მიმდინარეობის პირობები). ბ) ამ ნივთიერებებს შორის განსხვავება მოლეკულის აღნაგობისა და ქიმიური თვისებების მიხედვით (დაწერეთ რეაქციათა ტოლობები და მიუთითეთ მათი მიმდინარეობის პირობები).
5. დადასტურეთ, რომ ეთილენის ჰიდრირება და ბრომირება არის ეანგვა-ალდენის რეაქცია.
6. შეადგინეთ ბუტილენსა (ბუტენ-1) და ქლორწყალბადს შორის რეაქციის ტოლობა, განმარტეთ რეაქციის მექანიზმი. დაასახელეთ წარმოქმნილი ორგანული ნივთიერება.
7. როგორ რეაქციას ეწოდება პოლიმერიზაციის რეაქცია? დაასახელეთ მაგალითები.
8. ვ.მ.ვ.-ტრიფთორპროპენთან ბრომწყალბადის მიერთება რატომ მიმდინარეობს მარკოვნიკოვის წესის საპირისპიროდ?
9. განსაზღვრეთ იმ ნახშირწყალბადის მოლეკულური ფორმულა, რომელშიც ნახშირბადის მასური წილი 85,7%-ია, ხოლო წყალბადის მიმართ სიმკვრივე - 28.
10. 6 ლ პროპანისა და პროპენის ნარევეს დაუმატეს 5 ლ წყალბადი. აირთა ნარევი გაატარეს გახურებულ პლატინის კატალიზატორზე. რეაქციის პროდუქტების საწყის პირობებამდე დაყვანის შემდეგ ნარევის მოცულობა გახდა 7 ლ. განსაზღვრეთ აირთა მოცულობითი წილი საწყის ნარევეში.



აცეტილენის რიგის ნახშირწყალბადი მოლეკულაში შეიცავს სამმაგ ბმას საერთაშორისო ნომენკლატურით ალკინი ეწოდება.

უმარტივესი ალკინი არის აცეტილენი, რომლის ემპირიული ფორმულაა  $C_2H_2$ , სტრუქტურული ფორმულა  $H-C \equiv C-H$ , ელექტრონული ფორმულა კი  $H:C::C:H$ .

**ჰომოლოგიური რიგი. ფიზიკური თვისებები.** აცეტილენის რიგის ნახშირწყალბადების რაოდენობაც პრაქტიკულად უსაზღვროა. ისინი უფრო მეტად უჭერი ნახშირწყალბადებია, ვიდრე ალკენები. მათი ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n-2}$ .

ალკინის დუდილის ტემპერატურის ცვლილების კანონზომიერება ისეთივეა, როგორც ალკანისა და ალკენის. ალკინები ( $C_2-C_4$ ) აირებია, ( $C_5-C_{15}$ ) სითხეები,  $C_{16}$ -დან კი მყარი ნივთიერებებია. ალკინი ცუდად იხსნება წყალში, მაგრამ კარგად იხსნება ორგანულ გამხსნელში.

ცხრილი №3

ალკინების კომლოზიური რიგი

ნახშირწყალბადის ფორმულა $C_nH_{2n-2}$	საერთაშორისო ნომენკლატურა
$CH \equiv CH$	ეთინი
$CH \equiv C-CH_3$	პროპინ-1
$CH \equiv C-CH_2-CH_3$	ბუტინ -1
$CH \equiv C-CH_2-CH_2-CH_3$	პენტინ-1 და ა. შ.


**ნომენკლატურა.** საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით სამმაგი ბმის შემცველი ნახშირწყალბადების სახელწოდება წარმოიქმნება შესაბამისი ნაჯერი ნახშირწყალბადის სახელწოდების დაბოლოება „ან“-ის შეცვლით „ინ“-ით. მაგალითად, ეთანი-ეთინი, პროპანი-პროპინი და ა.შ.

ალკინების იზომერია იწყება ბუტინიდან, მათი სახელწოდება იმგვარადვე წარმოიქმნება, როგორც ალკენისა. აქაც ნახშირბადატომები ინომრება იმ ბოლოდან, რომელთანაც ახლოსაა ამმაგი ბმა.

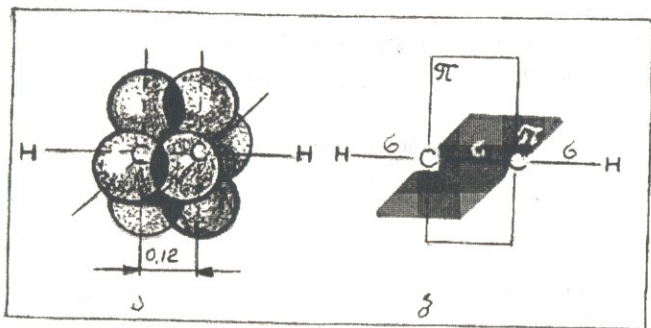


**აცეტილენის აღნაგობა.** კვლევის ფიზიკური მეთოდებით დადგენილია, რომ აცეტილენის მოლეკულას ხაზოვანი აღნაგობა აქვს. როგორ აიხსნება ეს? ნახშირბადატომი წყალბადატომთან და მეორე ნახშირბადატომთან და-

კავშირებულია ორი ტოლფასი  $\sigma$ -ბმით.  $\sigma$ -ბმის წარმოქმნაში უნდა მონაწილეობდეს ორი ერთნაირი ელექტრონული ღრუბელი.

ამ შემთხვევაში (შეადარეთ გვ. 12 და გვ. 36) ხდება ერთი  $s$ - და ერთი  $p$ -ელექტრონული ღრუბლის წარმოსახვითი შერწყმა და შემდგომ მისი თანაბრად გაყოფა, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ორი ერთნაირი  $sp$  ჰიბრიდული ღრუბელი . ისინი მაქსიმალურად დასცილდება ერთმანეთს, რის გამოც განლაგდება ერთ წრფეზე (ბმის კუთხე  $180^\circ$ ).

თითოეულ ნახშირბადატომს რჩება ორი  $p$ -ელექტრონი, რომლებიც ჰიბრიდიზაციაში არ მონაწილეობს.  $p$  ელექტრონები, რომლებიც ურთიერთპერპენდიკულარულ სიბრტყეშია განლაგებული, გვერდითი გადაფარვით წარმოქმნის ორ  $\pi$ -ბმას (სურ. 11).

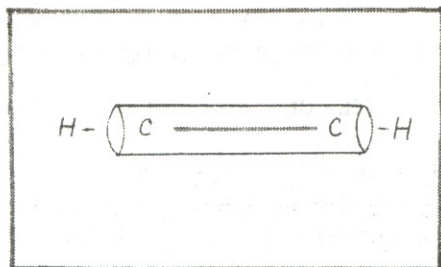


სურ. 11. აცეტილენის მოლეკულაში  $\pi$ -ბმების გადაფარვის სქემა:

- $p$ -ელექტრონთა ღრუბლების გვერდითი გადაფარვა,
- ორი ურთიერთპერპენდიკულარული სიბრტყე, რომელზეც განლაგებულია  $\pi$ -ბმები

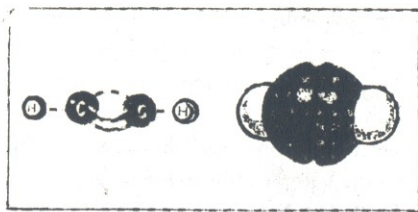
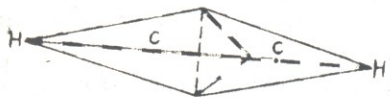
ამრიგად, ნახშირბადატომებს შორის ერთი  $\sigma$  და ორი  $\pi$ -ბმაა. ნახშირბადატომებს შორის სამმაგი ბმის არსებობის გამო მათ შორის მანძილი ერთ-და ორმაგბმიანთან შედარებით მცირდება, იგი **0,120 63**-ია.

სურ. 12. აცეტილენის მოლეკულაში ცილინდრული  $\pi$  ღრუბელი.



ორი  $\pi$ -ბმა სივრცეში ურთიერთგანზიდვის გამო წარმოქმნის ცილინდრულ ღრუბელს, რომელშიც მოთავსდება ორივე ნახშირბადატომი, ხოლო წყალბადატომები თითქოს გამოვარდნილია, რაც დიდ გავლენას ახდენს აცეტილენის სპეციფიკურ თვისებებზე (სურ. 12).

აცეტილენის მოლეკულის სივრცითი მოდელი ასე შეიძლება წარმოვიდგინოთ (სურ. 13): ორი ტეტრაედრი, რომელთაც საერთო წახნაგი აქვთ.



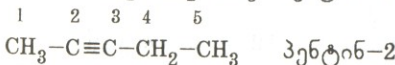
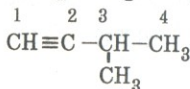
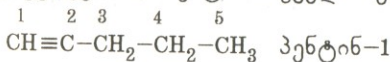
სურ. 13. აცეტილენის მოლეკულის ტეტრაედრული მოდელი.

სურ. 14. აცეტილენის მოლეკულის ბურთულეროვანი და მასშტაბური მოდელები

გამოვიყენებთ აგრეთვე ბურთულეროვან და მასშტაბურ მოდელებს (სურ. 14):

**იზომერია.** ალკინს ახასიათებს ნახშირბადატომი ჩონჩხის და სამმაგი ბმის მდებარეობის იზომერია. იგი ალკენისაგან განსხვავებით ცის-ტრანს იზომერებს არ წარმოქმნის (რატომ?).

შევადგინოთ პენტინის ყველა შესაძლო იზომერის ფორმულა:



3-მეთილბუტინ-1

ამრიგად, პენტინს მხოლოდ სამი იზომერი აქვს. იზომერების რაოდენობა სამმაგი ბმის არსებობის გამო შესაბამის ალკენთან შედარებით შემცირდა (შეადარეთ პენტენის იზომერების რაოდენობას).

ალკინის ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n-2}$

ალკინის დასახელებაში შესაბამისი ნაჯერი ნახშირწყალბადის დაბოლოება „ანი“ იცვლება „ინი“-თ

აცეტილენში ნახშირბადატომს აქვს ორი  $sp$  ჰიბრიდული ღრუბელი და ორი „წმინდა“  $p$  ღრუბელი.





თქვენთვის უკვე ცნობილია, რომ ალკინის ქიმიური აქტივობა განპირობებულია მოლეკულაში  $\pi$ -ბმის არსებობით. ალკინში ორი  $\pi$ -ბმაა. თითქოს ლოგიკურია, რომ ალკინის რეაქციისუნარიანობა უფრო დიდი უნდა იყოს ვიდრე ალკენისა. ცდები კი საპირისპიროს ადასტურებს. რა არის ამის მიზეზი? გავიხსენოთ, რომ სამმაგი ბმის შემთხვევაში ნახშირბადატომებს შორის მანძილი უფრო ნაკლებია, ვიდრე ორმაგი ბმის შემთხვევაში. აქ p-ელექტრონული ღრუბლები უფრო მეტად გადაიფარება. აგრეთვე გადაიფარება ორი  $\pi$ -ბმა, ცილინდრული  $\pi$ -ღრუბლის წარმოქმნით. სამმაგი ბმის სიმტკიცე უფრო მეტია, მის გახლეჩას უფრო მეტი ენერგია სჭირდება. ეს კი შესაბამისად ამცირებს ალკინის ქიმიურ აქტივობას.

ალკინისათვის დამახასიათებელია წვა, ენგვა, მიერთებისა და ჩანაცვლების რეაქციები, პოლიმერიზაცია.

**წვის რეაქცია.** აცეტილენი იწვის მნათი, ჭვარტლიანი ალით (რატომ?)



რეაქციის დროს გამოიყოფა სითბო დიდი რაოდენობით (გვ. 55).

**დაჟანგვის რეაქცია.** აცეტილენი, ისევე როგორც სხვა უჯერი ნახშირწყალბადი, რეაქციაში შედის მჟანგვთან. იგი აუფერულებს კალიუმპერმანგანატის წყალხსნარს:



რეაქციის შედეგად მჟაუნმჟავას გარდა მიიღება ენგვის სხვა პროდუქტებიც.

**მიერთების რეაქცია.** ჰალოგენების მიერთება. აცეტილენი აუფერულებს ოთხქლორიან ნახშირბადადში ( $CCl_4$ ) გახსნილ ბრომის ხსნარს. რეაქცია მიდის საფეხურებად:

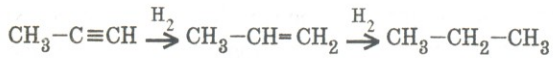
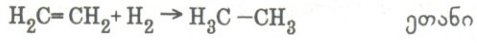
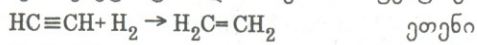


აცეტილენი ბრომიან წყალსაც აუფერულებს, ოღონდ ამ შემთხვევაში მრავალი პროდუქტი წარმოიქმნება.

ამრიგად, კალიუმპერმანგანატის წყალხსნართან და ბრომიან წყალთან რეაქციები, ისევე როგორც ალკენისათვის, ალკინის თვისებითი რეაქციებია.



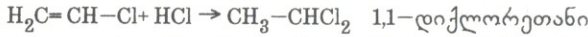
წყალბადის მიერთება - ჰიდრირება. აცეტილენი რეაქციაში შედის აგრეთვე წყალბადთან ჰიდრირების კატალიზატორების (Ni, Pt და სხვ.) თანაობისას. ეს რეაქცია მიმდინარეობს საფეხურებად:



წყლის მიერთება - ჰიდრატაცია. აცეტილენი კატალიზატორის (HgSO<sub>4</sub>) თანხლებით იერთებს წყალს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ძმარალდეჰიდი.



ეს რეაქცია ცნობილია მ. კუჩეროვის რეაქციის სახელწოდებით (გვ. 117) ჰალოგენ წყალბადის მიერთება. აცეტილენი იერთებს ქლორწყალბადს:



პოლიმერიზაციის რეაქცია. აცეტილენს აგრეთვე ახასიათებს პოლიმერიზაციის რეაქცია. მისი დიმერიზაციით დაბალ ტემპერატურაზე Cu(I)-ის მარილების თანაობისას, მიიღება ვინილაცეტილენი, შემდგომ საფეხურზე კი დივინილაცეტილენი:



ორივე ნივთიერებას დიდი გამოყენება აქვს სინთეზური კაუჩუკის წარმოებაში. აცეტილენს ახასიათებს ციკლური ტრიმერიზაცია გააქტივებული ნახშირის თანაობისას 500° C -მდე გაცხელების პირობებში:



**ჩანაცვლების რეაქცია.** აცეტილენს ახასიათებს ჩანაცვლების რეაქცია. აცეტილენის მოლეკულაში სამმაგი ბმის გავლენით C-H ბმის სიმტკიცე მცირდება<sup>1</sup>.

წყალბადის ატომი ადვილად ჩანაცვლება მეტალის ატომით. ვერცხლის ან სპილენძ(I)-ის ოქსიდის ამიაქსნარში აცეტილენის გატარებისას დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება შესაბამისი მეტალის აცეტილენილი:

<sup>1</sup> გაიხსენეთ აცეტილენის „ცილინდრული“ აღნაგობა

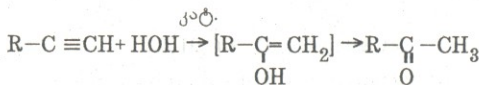
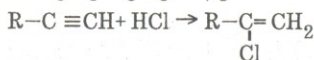


ვერცხლის ოქსიდი წყალში უხსნადია. როგორც წესი იყენებენ ვერცხლის ოქსიდის ამიაკალურ ხსნარს.  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$



ამ რეაქციას როგორც აცეტილენისა და მისი ჰომოლოგების **ალმოჩენ რეაქციას** იყენებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც სამმაგი ბმა პირველ ნახშირბადატომთანაა.

ყველა მოცემული რეაქცია დამახასიათებელია აგრეთვე აცეტილენის ჰომოლოგებისათვის, მაგრამ ისევე როგორც ალკენისათვის, აქაც უნდა გავითვალისწინოთ მარკოვნიკოვის წესი.



ალკინის ძირითადი ქიმიური თვისებები:

1. წვა და დაჟანგვა
2. მიერთება
3. ჩანაცვლება
4. ჰოლიმერიზაცია და ციკლური ტრიმერიზაცია

აცეტილენის წვისას ალის ტემპერატურა აღწევს 3000–3500°  
მიერთების რეაქცია მიმდინარეობს იონური მექანიზმით.

### სამარჯიშოები და ამოცანები

1.  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$  ფორმულის გამოყენებით შეადგინეთ ნახშირწყალბადების ფორმულები, რომლებშიც ნახშირბადატომის რიცხვი არის 6 და 8. დაწერეთ მათი სტრუქტურული ფორმულები, რომლებშიც არის მეოთხეული ნახშირბადატომი და დაასახელებთ ისინი.
2. ახასიათებს თუ არა ცის-ტრანს იზომერია აცეტილენურ ნახშირწყალბადებს? პასუხი დაასაბუთეთ.
3. არსებობს თუ არა განტოტევილი აღნაგობის ნახშირწყალბადი, რომელიც მოლეკულაში შეიცავს ოთხ ნახშირბადატომს და სამმაგ ბმას? პასუხი განმარტეთ.
4. დაასახელებთ საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით შემდეგი ნივთიერებები:
  1.  $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
  2.  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\equiv\text{CH}$
  3.  $\text{CH}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$
5. შეადგინეთ პროპინთან ქლორწყალბადის მიერთების რეაქციის ტოლობა (პირველი სტადია). გამოიყენეთ მარკოვნიკოვის წესი. რა ნივთიერება წარმოიქმნა?
6. აცეტილენის ურთიერთქმედებისას ორი მთლიანი ქლორწყალბადთან (გვ. 49) ძირითადად მიიღება 1,1-დიქლორეთანი. ახსენით მიზეზი.

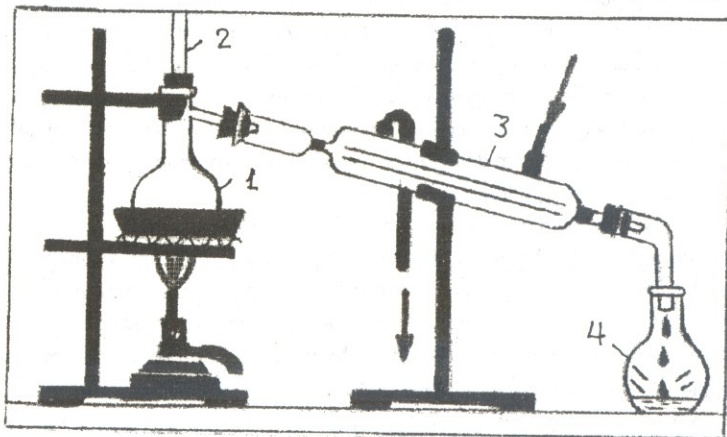
7. შეადგინეთ აცეტილენის სრული წვის რეაქციის ტოლობა და გაიანგარიშეთ რამდენი ლიტრი ჰაერი დაიხარჯება 13 გ აცეტილენის დასაწვავად?
8. ნახშირწყალბადში ნახშირბადის მასური წილია 88,89%, მისი სიმკვრივე ჰაერის მიმართ 1,862-ია. დაადგინეთ ნახშირწყალბადის მოლეკულური ფორმულა და შეადგინეთ მისი შესაძლო იზომერების ფორმულები და დაასახელეთ ისინი.
9. როგორ მივიღოთ აცეტილენისაგან ბრომეთანი? დაწერეთ რეაქციათა ტოლობები.
10. შეადგინეთ აცეტილენისაგან 1,2-დიბრომეთანის მიღების რეაქციათა ტოლობები.
11. შეადარეთ ბუტენ-2-ისა და ბუტინ-2-ის მოლეკულათა აღნაგობა. როგორ ახსნით გეომეტრიული იზომერის არსებობას მხოლოდ პირველ შემთხვევაში.
12. როგორი აღნაგობა აქვს აცეტილენის რიგის ნახშირწყალბადს, რომელიც პალ-გენის მიერთების შემდეგ წარმოქმნის: ა) 3,3,4,4-ტეტრაქლორ-2-მეთილპენტანს, ბ) 1,1,2,2-ტეტრაბრომპროპანს.

### §18. ალკანების, ალკენებისა და ალკინების მიღების მეთოდები

თქვენთვის უკვე ცნობილია, რომ ალკანები ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული. ისინი ძირითადად გვხვდება ბუნებრივი აირის, ნავთობის თანმხლები აირებისა და ნავთობის შედგენილობაში. ალკანისა და ალკენის მიღების ძირითადი მეთოდია ნავთობის საწარმოო გადამუშავება.

**ალკანის გამოყოფა ნავთობის გამოხდით.** ეს მეთოდი ემყარება იმ ფაქტს, რომ ალკანებს განსხვავებული დუღილის ტემპერატურა აქვს, რომელიც მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად იზრდება.

რა არის გამოხდა? დავუშვათ გვაქვს A და B ნივთიერების ნარევი ერთგვაროვანი ხსნარის სახით. A ნივთიერების დუღილის ტემპერატურაა  $50^{\circ}\text{C}$ , ხოლო B ნივთიერებისა –  $80^{\circ}\text{C}$ . ამ ნარევის გაცხელებისას დუღილს ჯერ დაიწ-



სურ. 15. ლაბორატორიაში ნავთობის გამოხდის ხელსაწყო.

1 - ვიურცის კოლბა; 2 - თერმომეტრი; 3 - მაცივარი; 4 - მიმღები.

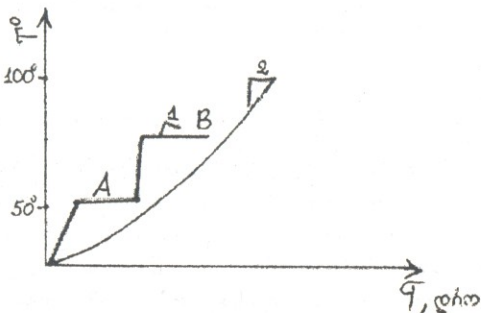
ყებს A ნივთიერება, გადავა აირად მდგომარეობაში, კონდენსირდება მაცივარში და შევროვდება მიმღებში.

დააკვირდით გამოხდისათვის შერჩეულ უმარტივეს ხელსაწყოს (სურ. 15), ვიურცის კოლბას(1) მორგებული აქვს თერმომეტრი(2). კოლბა უერთდება მაცივარს(3), მაცივარი კი მიმღებს(4).

ასე შეიძლება ნარევიდან ნივთიერების გამოყოფა გამოხდის მეთოდით, გრაფიკულად ეს ასე შეგვიძლია გამოვსახოთ: (სურ. 16, მრუდი 1)

სურ. 16.

1. A და B სითხეების ერთგვაროვანი ნარევის გამოხდის დროს დუღილის ტემპერატურის ცვლილების გრაფიკული გამოსახვა. A(T<sub>დღ.</sub> 50°C) და B(T<sub>დღ.</sub> 80°C).
2. ნავთობის, როგორც მრავალკომპონენტური ნარევის, დუღილის ტემპერატურის ცვლილება.

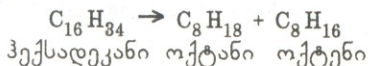


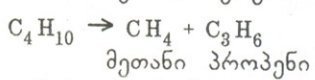
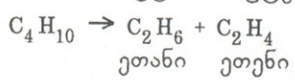
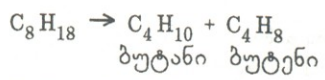
ნავთობის შემთხვევაში სურათი რთულდება, რადგან იგი უამრავ ნივთიერებას (ძირითადად ნახშირწყალბადებს) შეიცავს, რის გამოც დულს ტემპერატურათა დიდ ინტერვალში. ამ შემთხვევაში მრუდი არ შეიცავს საფეხურებს (სურ. 16, მრუდი 2). ახსენით რატომ?

დუღილის ტემპერატურათა მოცემულ ინტერვალში შეგვიძლია გამოვყოთ ნივთიერებათა ნარევის ფრაქციები. თითოეული ფრაქცია მოიცავს მრავალ ალკანს. გამოყოფილი ფრაქციის მეორადი გამოხდით შესაბამისად მიიღება უფრო ვიწრო ინტერვალში მდულარე ფრაქცია. საბოლოოდ მრავალჯერადი გამოხდით შეგვიძლია მივიღოთ ინდივიდუალური ალკანი. ნავთობის გამოხდის შედეგად მიღებულ ფრაქციებს ხშირად იყენებენ სხვადასხვა სახის საწვავად (გვ. 186).

ალკენის მიღება ნავთობის კრეკინგით. ნავთობისაგან ალკენის მიღებაც შეიძლება. მართალია, იგი ნავთობის შედგენლობაში არ შედის, მაგრამ წარმოიქმნება ნავთობის კრეკინგის პროცესში (ინგლ. cracking – გახლეჩა). ამ მეთოდის არსი ისაა, რომ მალალ ტემპერატურაზე, ან კატალიზატორის თანაობისას (ამ შემთხვევაში ტემპერატურა უფრო დაბალია) ხდება  $\sigma$ -ბმების გაწყვეტა (გვ. 189).

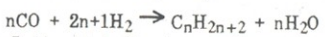
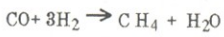
ამ მეთოდით ერთდროულად მიიღება ალკანი და ალკენი, რაც კარგად ჩანს შემდეგი ტოლობებიდან:





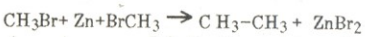
ამ შემთხვევაშიც ნარევის ფრაქციული გამოხდით მიიღება ინდივიდუალური ნახშირწყალბადი.

წარმოებაში ალკანებს იღებენ სინთეზ-აირისაგან (200°C-300°C-მდე გაცხელებით, კატალიზატორია Ni) (ფიშერ-ტროპშის რეაქცია)

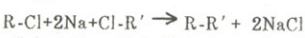


ამ მეთოდით იღებენ ძრავის საწვავს და ინივიდუალურ ნახშირწყალბადებს. ალკანსა და ალკენს ღებულობენ აგრეთვე ლაბორატორიული მეთოდებით.

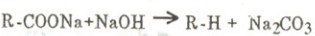
ალკანის მიღება. ალკანის სინთეზისათვის მეტად მნიშვნელოვანია შ. ვიურცის რეაქცია. ალკანის მონოჰალოგენწარმოებულზე მეტალური ნატრიუმის ან თუთიის მტკრის მოქმედებით ჰალოგენი შორდება მარილის სახით და ორგანული რადიკალები ერთმანეთს უკავშირდება:



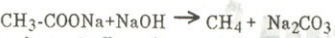
იმ შემთხვევაში, როდესაც იყენებენ სხვადასხვა ჰალოგენწარმოებულს, მიიღება ნახშირწყალბადების ნარევი.



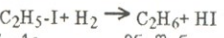
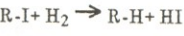
დაწერეთ სხვა ალკანების მიღების შესაძლო რეაქციათა ტოლოგები. ალკანი მიიღება კარბონმეკანატრიუმის მარილის გახურებით ნატრიუმის ჰიდროქსიდთან (დიუმას რეაქცია).



შესაბამისად, მეთანი მიიღება ძმარმეკანატრიუმისაგან:



ალკანის იოდწარმოებულის წყალბადთან ურთიერთქმედებით წარმოიქმნება ალკანი ნახშირბადატომების ჩონჩხის შენარჩუნებით:



თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ალკანის მიღებას არაორგანული ნაერთებისაგან.

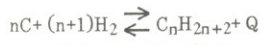
მეთანი მიიღება ნახშირისა და წყალბადის ურთიერთქმედებით კატალიზატორის - Ni თანაობისას 500°C ტემპერატურაზე.





რეაქცია შექცევადია და მეთანის გამოსავლიანობა 2%-მდეა (რატომ?) ამ პროცესის მოდიფიცირებით დამუშავებულ იქნა საწარმოო მნიშვნელობის ე. წ. ნახშირობის გათხევადების პროცესი.

ფენილისებური ნახშირისა და კატალიზატორის ნარევის სუსპენზიაში მაღალი წნევის პირობებში ატარებენ წყალბადს:

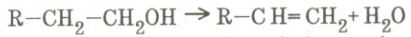
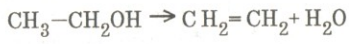


წარმოქმნილი თხევადი ნარევიდან გამოხდით შესაძლებელია ინდივიდუალური ალკანის მიღება, მაგრამ ამ მეთოდს ძირითადად იყენებენ საწვავის მისაღებად (ე. ი. ფრაქციის დაყოფის გარეშე).

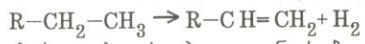
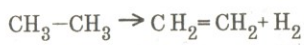
ლაბორატორიაში მეთანი აგრეთვე მიიღება ალუმინის კარბიდის ჰიდროლიზით



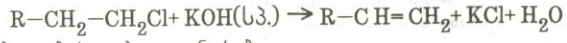
**ალკენის მიღება.** ალკენის სინთეზი შესაძლებელია სპირტის დეჰიდრატაციით, წყალწამრთმევი ნაერთის — კონცენტრირებული გოგირდმკვავას თანაობისას და ნარევის 200° C-მდე გაცხელებით. კატალიზატორად იყენებენ  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ , სილიკატს, თიხამიწას.



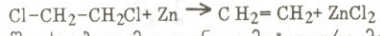
ალკანის დეჰიდრირებით ალკენის მიღების რეაქცია მიმდინარეობს კატალიზატორის თანაობისას ( $Cr_2O_3$ ) 150°C ტემპერატურამდე გაცხელებით.



ჰალოგენალკილების დეჰიდროჰალოგენირებით ტუტე სპირტისნარში რეაქციის მიმართულებაზე გავლენას ახდენს რეაქციის პირობები და მოლეკულაში ჰალოგენის მდებარეობა. ჰალოგენალკილთან რეაქცია ძირითადად შემდეგი მიმართულებით მიმდინარეობს:



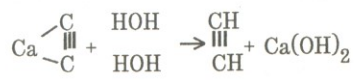
დიჰალოგენწარმოებულების დეჰალოგენირებით



თუთიის ნაცვლად შეიძლება გამოვიყენოთ მეტალური მაგნიუმი.

**აცეტილენის მიღება.** აცეტილენი მაღალი ქიმიური აქტივობის გამო ბუნებაში არ გვხვდება. მას შემდეგი მეთოდებით ღებულობენ:

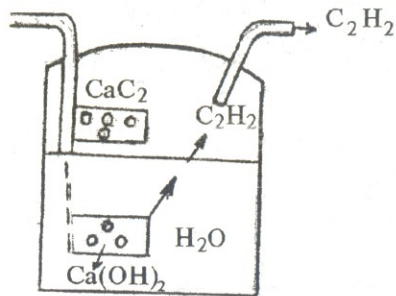
ლაბორატორიაში და ხშირად მრეწველობაში იყენებენ კარბიდულ მეთოდს. კალციუმის კარბიდზე მოქმედებენ წყლით:





რეაქცია მძაფრად მიმდინარეობს გამოიყოფა დიდი რაოდენობის ენერგია, ამიტომ რეაქცია უნდა ჩავატაროთ ფრთხილად. კალციუმის კარბიდი ავიღოთ მცირე რაოდენობით და ნელა დავუმატოთ წყალი.

კარბიდული მეთოდით აცეტილენს ყოფა-ცხოვრებაშიც იღებენ. აცეტილენ-ქანგბადის წვის სითბოს იყენებენ ზოგიერთი მეტალის საჭრელად და შესადუღებლად. გაიხსენეთ, გინახავთ თუ არა კალციუმკარბიდისაგან აცეტილენის მისაღები მარტივი მოწყობილობა (სურ. 17).



სურ. 17. აცეტილენის მიღების დანადგარი

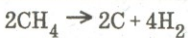
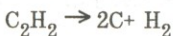
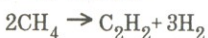
უნდა აღინიშნოს, რომ კარბიდული მეთოდი ძვირია, რადგან კალციუმკარბიდის მისაღებად საჭიროა მაღალი ტემპერატურა და შესაბამისად დიდი ხარჯები.

კალციუმკარბიდს იღებენ ელექტროლუმელში ნახშირბადთან (კოქსი) ჩაუმჭრალი კირის ურთიერთქმედებით 2000°C ტემპერატურაზე.



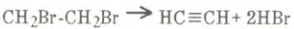
აცეტილენის მიღების შედარებით ხელსაყრელი ხერხია მისი მიღება ბუნებრივი აირიდან (მეთანიდან).

მეთანი მაღალ ტემპერატურაზე (800°C) გახურებით იშლება ნახშირბადად და წყალბადად, შუალედური პროდუქტია აცეტილენი:



რეაქციის პროდუქტები აცეტილენისა და წყალბადის გარდა შეიცავს მურს, ნახშირბადის ოქსიდს და სხვა ნივთიერებებს. შემდეგ ნარევიდან ხდება აცეტილენის გამოყოფა.

ლაბორატორიაში აცეტილენს და მის ჰომოლოგებს ღებულობენ დიჰალოგენალკილის დეჰიდროჰალოგენირებით ტუტის სპირტსნარში:



ამ მეთოდით მიიღება სხვადასხვა შედგენილობის ალკინი.

აღკანი და ალკენი წარმოებაში ძირითადად ნავთობის კადამუშავებით მიიღება.





1. დაწერეთ რეაქციის ტოლობები, რომელთა საშუალებითაც მეთანისა და აცეტილენის ნული ნივთიერების გამოყენებით შეიძლება მივიღოთ ბუტანი.
2. დასახელეთ ნახშირწყალბადების მილების ძირითადი ბუნებრივი წყაროები.
3. რა არის გამოხდა? დასახელეთ მისი გამოყენების მაგალითები.
4. მიიღეთ ბუტენ-1-დან ბუტენ-2. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.
5. მეთანის გამოყენებით როგორ შეიძლება ორი სხვადასხვა გზით მივიღოთ ეთანი? დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.
6. დაწერეთ რეაქციის ტოლობები, რომელთა საშუალებითაც შეიძლება განვხორციელოთ შემდეგი გარდაქმნები:  
1-ქლორბუტანი → ბუტენ-1 → 1,2-დიბრომბუტანი → ბუტენ-1.
7. დაწერეთ რეაქციის ტოლობები, რომელთა საშუალებითაც შეიძლება განვხორციელოთ შემდეგი გარდაქმნები:



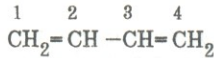
8. დაწერეთ რეაქციის ტოლობები, რომელთა მეშვეობითაც კალციუმის კარბიდისა და არაორგანული რეაგენტების გამოყენებით შეიძლება მივიღოთ 1,2-დიქლორეთანი და 1,1-დიქლორეთანი.
9. რამდენი გრაში დიქლორეთანის მიღება შეიძლება 1 მოლი ეთილენისა და (ნ.პ.) 11,2 ლ ქლორის ნარევისაგან?
10. უჩვერი ნახშირწყალბადის ქლორთან მოქმედებით მიიღება პროლუქტი, რომლის ორთქლის სიმკვრივე (ნ.პ.) 6,35 გ/ლ-ის ტოლია. რომელი ნახშირწყალბადი შესულა რეაქციაში?
11. რა მოცულობის აცეტილენი მიიღება (ნ.პ.) 5 კგ ტექნიკური კალციუმკარბიდისაგან, რომელშიც მინარევის მასური წილი 20%-ია.
12. 12,5 მლ ( $\rho=0,8$  გ/მლ) ეთილის სპირტის დეჰიდრატაციით მიღებულია 3 ლ ეთილენი. განსაზღვრეთ ეთილენის გამოსავლიანობა პროცენტობით თეორიულთან შედარებით.

**§19. ორი ორმაგბინანი ნახშირწყალბადები - ალკადიენები**

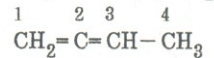
ცნობილია ორი ორმაგი ბმის შემცველი ნახშირწყალბადები. ვინაიდან მოლეკულაში ერთი ორმაგი ბმის არსებობის შემთხვევაში ნივთიერების სახელწოდება „ენ“-ით ბოლოვდება, ორი ორმაგი ბმის მქონე ნახშირწყალბადისა შესაბამისად დაბოლოვდება „დიენით“ და მას ალკადიენი ეწოდება.

**ჰომოლოგიური რიგი და ფიზიკური თვისებები**

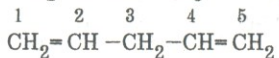
ალკადიენის ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n-2}$ . ალკადიენების უმარტივესი წარმომადგენელია  $C_3H_4$  პროპადიენი, შემდეგი ჰომოლოგებია  $C_4H_6$ -ბუტადიენი,  $C_5H_8$ -პენტადიენი და ა. შ. საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით მათი სახელწოდება იმავე წესით მიიღება, რომლითაც ალკენური ნახშირწყალბადებისა, განსხვავება მხოლოდ სახელის დაბოლოებაშია. აქ დასახელება ბოლოვდება „დიენ“-ით.



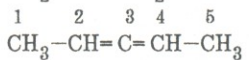
(1) ბუტადიენ-1,3



(2) ბუტადიენ -1,2



(3) პენტადიენ-1,4



(4) პენტადიენ-2,3

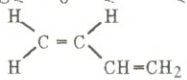
როგორც სტრუქტურული ფორმულიდან ჩანს, ორმაგი ბმების ურთიერთმდებარეობა სხვადასხვაგვარი შეიძლება იყოს. ეს გავლენას ახდენს ალკადიენის თვისებებზე. ამიტომ მიზანშეწონილია ალკადიენების შემდეგი კლასიფიკაცია:

1. ნახშირწყალბადი, კუმულირებული ორმაგი ბმებით (ორმაგი ბმები ერთმანეთის გვერდით, ფორმულები (2), (4)).
2. ნახშირწყალბადი შეუღლებული ორმაგი ბმებით (ორმაგი ბმები გაყოფილია ერთი  $\sigma$ -ბმით, ფორმულა (1)).
3. ნახშირწყალბადი იზოლირებული ორმაგი ბმებით - (ორმაგი ბმები გამოყოფილია ორი ან მეტი  $\sigma$ -ბმით, ფორმულა(3)).

**ბუტადიენი.** პრაქტიკული და თეორიული თვალსაზრისით ყველაზე საინტერესოა ნახშირწყალბადები შეუღლებული ორმაგი ბმით (ორმაგი ბმების ჭერადობა). ამათგან ბუტადიენ-1,3 ანუ დივინილი  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$ , რომელიც ადვილად თხევადდება ( $-50^\circ\text{C}$ ) და იზოპრენი  $\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2$  2-მეთილბუტადიენ-1,3. იგი დაბალმდლარე სითხეა.

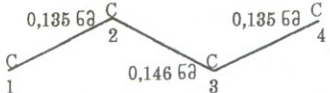
**ბუტადიენის აღნაგობა**

ბუტადიენის მოლეკულა განიხილება, როგორც ეთილენის წარმოებული, რომელშიც წყალბადატომი ჩანაცვლებულია ვინილის რადიკალით:



ნახშირბადატომის გარე შრეზე ხდება  $sp^2$  ჰიბრიდიზაცია, რის შედეგადაც წარმოქმნილი სამი ტოლფასი ელექტრონული ორბიტალის საშუალებით თითოეული ნახშირბადატომი წარმოქმნის სამ  $\sigma$ -ბმას, რომლებიც განლაგებულია ერთ სიბრტყეში (გაიხსენეთ ეთილენის აღნაგობა). დარჩენილი ოთხი  $p$  ელექტრონი განლაგდება სიბრტყის პერპენდიკულარულად და გვერდითი გადაფარვით წარმოქმნის  $\pi$ -ბმებს.

რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს, რომ ბუტადიენში ნახშირბადატომებს შორის შემდეგი მანძილებია:

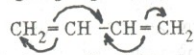


როგორც ვხედავთ აქ ორმაგი ბმით დაკავშირებული ნახშირბადატომებს შორის მანძილი მეტია, ვიდრე ეთილენში, მეორე და მესამე ნახშირბადატომებს შორის მანძილი კი ნაკლებია, ვიდრე C-C ბმისა ალკანებში. რით აიხსნება ეს?

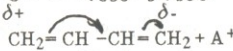
ბუტადიენის მოლეკულაში  $\pi$  ორბიტალების გადაფარვა ხდება არა მარტო პირველ-მეორე და მესამე-მეოთხე ნახშირბადატომებს შორის, არამედ მეორე და მესამე ნახშირბა-



დატომებს შორისაც. ამიტომ ბუტადიენის მოლეკულის ჩონჩხის ზემოთ და ქვემოთ წარმოიქმნება თითქოს ერთიანი ღრუბელი (დელოკალიზაცია).  $\pi$  ბმების ასეთი განაწილება შეუღლებების (მეზომერული) ეფექტი ეწოდება. მეზომერული ეფექტი, ესე რაოდენობის ინდუქციური, შეიძლება იყოს დადებითი ან უარყოფითი, რაც განპირობებულია ჯერადობით დაკავშირებული ატომების, ან ატომთა ჯგუფის გავლენასთან. შეუღლებების ეფექტი ვლინდება არა მარტო ჯერად  $\pi$  ბმებს შორის, არამედ  $\pi$  ბმისა და  $\sigma$  მასთან დაკავშირებული სხვა ატომების ან ატომთა ჯგუფის თავისუფალი ელექტრონული წყვილის ღრუბლებთან (მაგალითად ქლორეთენში გვ. 219). ასეთ შემთხვევაში ლაპარაკობენ  $\pi$  ბმების შეუღლების გადანაწილებაზე,  $\pi$  შეუღლება ხდება სივრცეში და, როგორც უკვე იცით, მოლეკული ისრებით აღინიშნება. მაგრამ რეაქციაში შეუსვლელ მოლეკულაში განაპირა ნახშირბადატომებზე ნაწილობრივი მუხტი არ არის. ეს სქემატურად ასე შეიძლება გამოვსახოთ

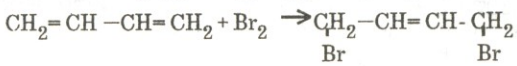


„ორსართულიანი“ მოლეკული ისარი გვიჩვენებს ელექტრონული ღრუბლების თანაბარ განაწილებას. სხვა ნივთიერებასთან ურთიერთქმედებისას ბუტადიენის მოლეკულაში ხდება  $\pi$ -ბმის პოლარიზაცია (ირრვევა ელექტრონული ღრუბლის თანაბარი განაწილება):



ამით აიხსნება შეუღლებულობიანი ალკადიენის მაღალი რეაქციისუნარიანობა 1,4-მდგომარეობაში ჩვეულებრივ პირობებში.

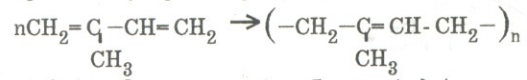
**ქიმიური თვისებები.** ალკადიენის რეაქციისუნარიანობა მაღალია. ბუტადიენი ადვილად აუფერულებს ბრომიან წყალს, ე. ი. ახასიათებს ორმაგბმისანი ნაერთის თვისებას. მისთვის დამახასიათებელია მიერთების რეაქცია ჰალოგენწყალბადთან, წყალბადთან და ა. შ. ამასთან აღსანიშნავია, რომ მიერთება ძირითადად მიმდინარეობს 1,4-მდებარეობაში, ხოლო ორმაგი ბმა გადაინაცვლებს 2,3 მდებარეობაში. ბრომის ეკვიმოლურ რაოდენობასთან რეაქცია სქემატურად ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



რეაქციის თანაურ პროდუქტებს შორის არის მიერთების პროდუქტი 1,2 მდებარეობაში (დაწერეთ შესაბამისი სტრუქტურული ფორმულა).

ბრომის სიჭარბისას დარჩენილი ორმაგი ბმის ხარჯზე კიდევ შესაძლებელია ბრომის მიერთება (შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა).

ორმაგი ბმების არსებობის გამო ალკადიენი ადვილად შედის პოლიმერიზაციის რეაქციაში. 2-მეთილბუტადიენ-1,3-ის (იზოპრენის) პოლიმერიზაციის პროდუქტია ბუნებრივი კაუჩუკი. იზოპრენის პოლიმერიზაციის რეაქცია ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



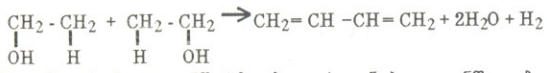
მიღებული მაღალმოლეკულური ნივთიერების ყოველ ელემენტარულ რგოლში ერთი ორმაგი ბმაა, რის ხარჯზეც წარმოიქმნება სივრცითი იზომერები.

ბუტადიენის და მისი ჰომოლოგების, ბუნებრივი და სინთეზური კაუჩუკის გამოყენების შესახებ იხილეთ გვ. 205, აგრეთვე დანართი 2 და 3.

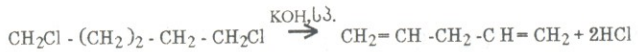
ალკადიენების მიღება

ალკადიენი, როგორც ალკენი (გვ. 54) ძირითადად მიიღება სპირტისა და ნახშირწყალბადის ჰალოგენწარმოებულებისაგან (შესაბამისად ფუნქციური ჯგუფების რაოდენობის გათვალისწინებით), აგრეთვე ალკანისა და ალკენის დეჰიდრირებით:

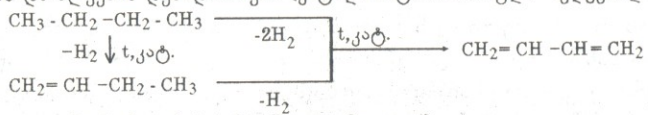
I. სპირტების დეჰიდრატაცია და დეჰიდრირება (ს. ლებედევის რეაქცია, კატალიზატორი  $Cr_2O_3 + ZnO$ ):



II. ნახშირწყალბადის ჰალოგენწარმოებულისაგან ჰალოგენწყალბადის წართმევა:



III. ალკანის და ალკენის დეჰიდრირება (კატალიზატორი რთული შედგენილობის).



I და III ბუტადიენ-1,3 მიღების სამრეწველო მეთოდები.

ალკადიენში ორი ორმაზი ბმის ურთიერთგანლაგება დიდ გავლენას ახდენს მის რეაქციისუნარიანობაზე.

შეუღლებულობიან ალკადიენს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

ბუტადიენ-1,3-ში ნახშირბადის ატომს აქვს სამი  $sp^2$  ჰიბრიდული ღრუბელი და ერთი P ღრუბელი.

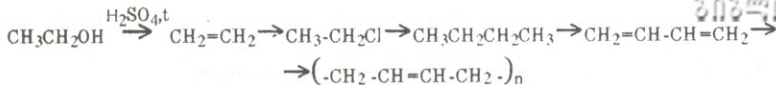
„ორსართულიანი“ მოლეკული იხრებით აღნიშნულია  $\pi$ -ბმების შეუღლება და მოლეკულის ნეიტრალობა.

ბუტადიენი იმეორებს ალკენის თვისებებს; გაცხელების ჰირობებში მიერთება მიმდინარეობს 1,4-მდებარეობაში.

სავარჯიშოები და ამოცანები

1. ბუტადიენ-1,3-ს დივინილსაც უწოდებენ. შეიძლება თუ არა ასევე ვუწოდოთ ნივთიერებას, რომლის ფორმულაა  $CH_2 = C = CH - CH_3$ ? დაასახელეთ ეს ნივთიერება საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით.
2. შეადგინეთ იზოპრენის  $C_5H_8$  ელექტრონული და შესაძლო იზომერების სტრუქტურული ფორმულები.
3. შეადგინეთ დივინილის პოლიმერიზაციის რეაქციის ტოლობა.
4. როგორ მიიღება ჰექსადიენ-2,4: ა) ჰექსანისაგან, ბ) ჰექსანის ჰალოგენწარმოებულისაგან?

5. დაწერეთ რეაქციის ტოლობები, რომელთა საშუალებითაც შეიძლება განვხილავთ ელთ შემდეგი გარდაქმნები:



## IV თავი

### ციკლური ნახშირწყალბადები

ჩვენს მიერ განხილული ღია ჯაჭვის მქონე ნახშირწყალბადების გარდა არსებობს ჩაკეტილი ანუ ციკლური აღნაგობის ნახშირწყალბადები. ნახშირწყალბადს, რომელსაც ნახშირბადული ჯაჭვი ჩაკეტილი აქვს, **კარბოციკლური** ნახშირწყალბადი ეწოდება. კარბოციკლური ნახშირწყალბადებია: ნაჯერი ციკლური ნახშირწყალბადები – ციკლოალკანები, უჯერი ციკლური ნახშირწყალბადები – ციკლოალკენები, ციკლოალკადიენები (ორმაგი ბმის სხვადასხვა მდებარეობით) და ა. შ. ციკლების რაოდენობის მიხედვით არსებობს მონოციკლური, ბიციკლური, ტრიციკლური და ა. შ. ნაერთები.

ციკლში ნახშირბადატომის რაოდენობა სამზე ნაკლები არ შეიძლება იყოს, ხოლო მაქსიმალური რაოდენობა კი თეორიულად უსაზღვროა. უკანასკნელ დროს აღწერილია ნაერთი, რომლის ციკლი 80 ნახშირბადატომისაგან შედგება. ექვსწევრიანი ციკლური ნაერთი, რომელშიც პირობითად ერთმაგი და ორმაგი ბმების მონაცვლეობაა არის ბენზოლი. ბენზოლი და მისი წარმოებულები, სპეციფიკური თვისებების გამო გამოყოფილია ნახშირწყალბადების ცალკე კლასად (გვ. 64).

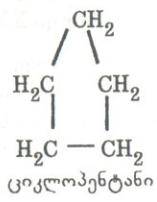
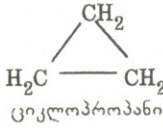
#### §20. ციკლოალკანები

ციკლური ნახშირწყალბადების ერთ-ერთი კლასის – ციკლოალკანების ჰომოლოგიური რიგის ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n}$ .

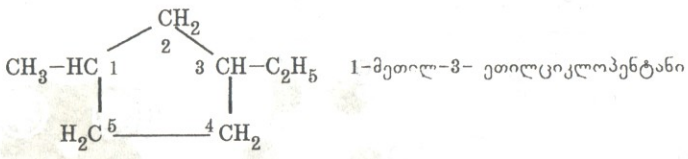
**ნომენკლატურა.** კარბოციკლური ნახშირწყალბადების ზუსტი დასახელების წესს, როგორც სხვა კლასის ნახშირწყალბადების შემთხვევაში, დიდი მნიშვნელობა აქვს.

ამჟამად ფართოდ გამოიყენება საერთაშორისო ნომენკლატურა.

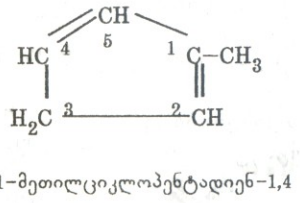
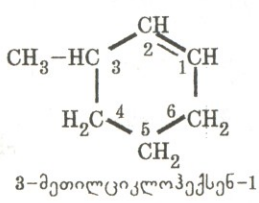
ციკლური ნახშირწყალბადების სახელწოდება იწარმოება შესაბამის ღიაჯაჭვიან ნახშირწყალბადის სახელწოდებაზე თავსართ „ციკლო“-ს დამატებით:



თუ ციკლში არის ჩამნაცვლებელი, მაშინ ციკლის ნახშირბადატომებს ნომრავენ. დანომვრას იწყებენ იმ ნახშირბადატომიდან, რომელთანაც დაკავშირებულია ჩამნაცვლებელი. თუ რამდენიმე ჩამნაცვლებელია, მაშინ დანომვრას იწყებენ იმ ნახშირბადატომიდან, რომელთანაც ჩამნაცვლებელი უფრო მარტივი აღნაგობის რადიკალია. დანომვრის მიმართულებას იღებენ ისე, რომ ჩამნაცვლებლებს დასახელებაში ჰქონდეთ უფრო მცირე რიცხვითი მნიშვნელობა. მაგალითად:



ციკლში შეიძლება იყოს ორმაგი ან სამმაგი ბმები. ამ შემთხვევაში სახელწოდების ფუძედ იღებენ შესაბამისი ალკენის, ალკადიენის, ალკინის დასახელებას. ამასთან ციკლის დანომვრას იწყებენ იმ ნახშირბადატომიდან, რომელიც დაკავშირებულია მეორე ნახშირბადატომთან უჯერი ბმით. ამ ბმის მდებარეობას აღნიშნავენ ციფრით, რომელიც იწერება საერთო სახელწოდების შემდეგ. დანომვრის მიმართულებას ირჩევენ ისევ ჩამნაცვლების მიხედვით:

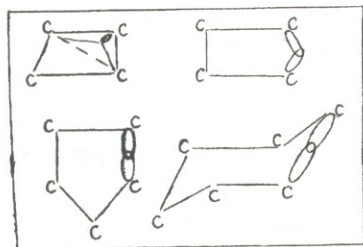


**ციკლოალკანის აღნაგობა.** ციკლური ნახშირწყალბადების თავისებურებას სწრაფად მიიპყრო მეცნიერთა ყურადღება. საინტერესო იყო ის გარემოება, რომ ბუნებაში, მაგალითად, ნავთობში, ძირითადად არის ხუთ- და ექვსწევრიანი ციკლები. ლაბორატორიაში სინთეზირებული ციკლოპროპანი ხასიათდება არამდგრადობით. ციკლის ზომაზე ციკლოალკანის თვისე-

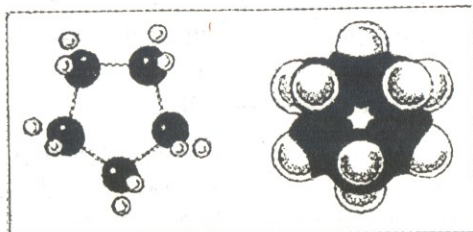
ბების დამოკიდებულება პირველად აღიარებულ იქნა ა. ბაიერის თეორიაში და სრული განვითარება ჰპოვა XX საუკუნეში.

ციკლოალკანის აღნაგობის თანამედროვე თეორიას საფუძვლად უდევს ნახშირბადის ატომების ტეტრაედრული მოდელი (სმ<sup>3</sup> ჰიბრიდიზაცია). ექსპერიმენტული კვლევის შედეგად დადგენილია, რომ თუ კუთხის ცვლილება 3-4°-ს აღემატება, მაშინ, როგორც წესი, ციკლური მოლეკულა იშლება. ამჟამად თვლიან, რომ ატომებს შორის ელექტრონული ღრუბლების გადაფარვა სავალენტო კუთხეების შენარჩუნებით ხორციელდება, მაგრამ არა ატომების შემაერთებელი წრფის გასწვრივ, არამედ მის გარეთ. ამიტომ ნაერთი, მართალია, არამდგრადია, მაგრამ არსებობს. ჩონჩხიდან ბების „გამოვარდნა“ უფრო მეტია ციკლოპროპანში, ნაკლებია ციკლოპენტანში, ხოლო ციკლოპენტანში ელექტრონული ღრუბლების გადაფარვა ხაზოვანია. რაც შეეხება ექვს- და მეტწევრიან ციკლოალკანს, აქ საკითხი უფრო რთულდება. ამ შემთხვევაში მოლეკულა სივრცითი აღნაგობისა და სავალენტო კუთხეები ისევ უცვლელი რჩება (სურ. 18,19).

**ფიზიკური თვისებები.** ციკლოალკენის ფიზიკური თვისებები ძირითა-



სურ. 18. ციკლოალკანებში  $\sigma$  ბების წარმოქმნა

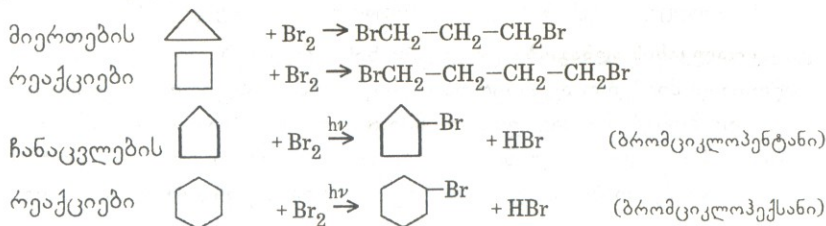


სურ. 19. ციკლოპენტანის ბურთულდგროვანი(ა) და ციკლოექსანის მასშტაბური(ბ) მოდელები.

დად ისეთივეა, როგორიც ლიაჯაჰვიანი ნახშირწყალბადებისა: წყალში უხსნადია,  $\rho < 1$  და ა. შ.

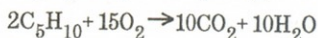
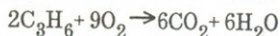
$C_3H_6$  და  $C_4H_8$  - აირებია;  $C_5H_{10}$  -  $C_7H_{14}$  სითხეებია;  $C_8H_{16}$ -დან დაწყებული მყარი ნაერთებია.

**ქიმიური თვისებები.** ციკლოალკანების თავისებურ აღნაგობას ადასტურებს მათი რეაქციისუნარიანობის შედარება:



როგორც ხედავთ, როდესაც ბმა ჩონჩხიდან „გამოვარდნილია“, ნაერთს ძირითადად ახასიათებს მიერთების რეაქცია (ჰგავს ალკენს), ხოლო ხუთ- და ექვსწევრიანი ციკლოალკანი ხასიათდება ჩანაცვლების რეაქციებით (ემსგავსება ალკანს).

ციკლოალკანი, ისევე როგორც ყველა ნახშირწყალბადი, იწვის.



ხუთ- და ექვსწევრიანი ციკლოალკანებს გამოყოფენ ნავთობისაგან, მათი სინთეზისათვის ლაბორატორიაში იყენებენ ვიურცის რეაქციას (გაიხსენეთ ეს რეაქცია და დაწერეთ მაგალითები).

სამ- და ოთხწევრიანი ციკლოალკანებისათვის დამახასიათებელია აგრეთვე რეაქცია კალიუმპერმანგანატის წყალხსნართან (რატომ?).

ხუთ- და ექვსწევრიანი ციკლოალკანები პირველად აღმოაჩინა ვ. მარკოვნიკოვმა ნავთობში. აქედან წარმოდგა მათი მეორე სახელწოდება – ნაფთენები. ამ ნივთიერებებს, როგორც ნავთობპროდუქტების შემადგენელ ერთ-ერთ ძირითად ნაწილს, დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

ციკლოალკანის ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n}$ .

ციკლოალკენის ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n-2}$ .

ციკლოალკანის ნახშირბადის ატომში არის ოთხი  $sp^3$  ჰიბრიდული ორბიტალი.

#### სავარჯიშოები და ამოცანები

1. რატომაა ციკლოპროპანი და ციკლობუტანი სხვა ციკლურ ნახშირწყალბადებთან შედარებით ნაკლებად მდგრადი?
2. რომელი ნახშირწყალბადის (6-ჰექსანის, 3-ჰექსენ-2-ის, 3-ჰექსინ-3-ის, 1,2,3-ტრიმეთილციკლოპროპანის) იზომერად შეგვიძლია ჩავთვალოთ ციკლოპექსანი?
3. დიმეთილციკლოპროპანის რომელ იზომერს აქვს გეომეტრიული (ცის-ტრანს) იზომერი? პასუხი დაასაბუთეთ.
4. დაწერეთ სტრუქტურული ფორმულები იზომერული ციკლოალკანისა, რომლის ემპირიული ფორმულაა  $C_6H_{12}$  და დაასახელეთ ისინი.
5. 7 გ ციკლოალკანის დაწვით წარმოიქმნება 22 გ ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდი. რა მოცულობა (ნ.პ.) ეანგბადი დაიხარჯა ამ რეაქციაზე?
6. განსაზღვრეთ ფორმულა ციკლოალკანისა, რომლის დასაწვავად დაიხარჯა ციკლოალკანის ორთქლის მოცულობაზე 9-ჯერ მეტი მოცულობის ეანგბადი. დაასახელეთ ეს ნივთიერება, თუ ცნობილია, რომ ციკლი არ არის განტოტვილი.
7. პლასტილისაგან დაამზადეთ ციკლოპენტანის და მეთილციკლოპექსანის მასშტაბური და ბურთულეროვანი მოდელები.
8. ქიმიური რეაქციების საშუალებით როგორ განვასხვავოთ  $C_5H_{10}$  შედგენილობის ალკენი და ციკლოალკანი?



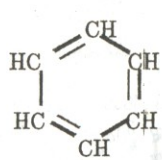


არომატული ნახშირწყალბადები ორგანული ნაერთების ფართო კლასია, რომლის მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია ბენზოლი. იგი პირველად 1825 წელს იქნა გამოყოფილი ქვანახშირის ფისისაგან. ბენზოლმა თავიდანვე მეცნიერთა დიდი ინტერესი გამოიწვია როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით.

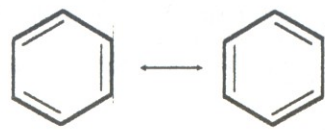
არომატულ ნახშირწყალბადებს, ჯერ კიდევ მათი აღნაგობისა და გარდაქმნის მექანიზმის შესწავლამდე, ღებულობდნენ და იყენებდნენ ქიმიური მრეწველობის მრავალ დარგში.

სახელწოდება „არომატული“ ისტორიულია, რაც იმასთანაა დაკავშირებული, რომ პირველად შესწავლილი ამ კლასის წარმომადგენლები სასიამოვნო სუნით ხასიათდებოდნენ, თუმცა როგორც შემდეგში აღმოჩნდა, უმრავლესობისათვის ეს მართებული არ არის.

**ბენზოლის აღნაგობა.** ბენზოლის შედგენილობა სწრაფად დადგინდა. მისი მოლეკულური ფორმულაა  $C_6H_6$ . პირველი შეხედვით იგი ტიპური უჯერი ნახშირწყალბადია (შეადარეთ ნ-პექსანს  $C_6H_{14}$ ). როგორც უჯერ ნახშირწყალბადს ჩვეულებრივ პირობებში მას უნდა ახასიათებდეს დაჟანგვისა და მიერთების რეაქციები, მაგრამ ბენზოლისათვის ეს ექსპერიმენტულად არ დასტურდება. შესაბამისად, ბენზოლის ლიჯაჰვიანი შესაძლო სტრუქტურები გამოირიცხა. (დაწერეთ ისინი). ბენზოლის მოლეკულისათვის დაიწერა 500-ზე მეტი სტრუქტურული ფორმულა, მაგრამ დღემდე აღიარებულია **ფ. კეკულეს** მიერ შემოთავაზებული სტრუქტურული ფორმულა:



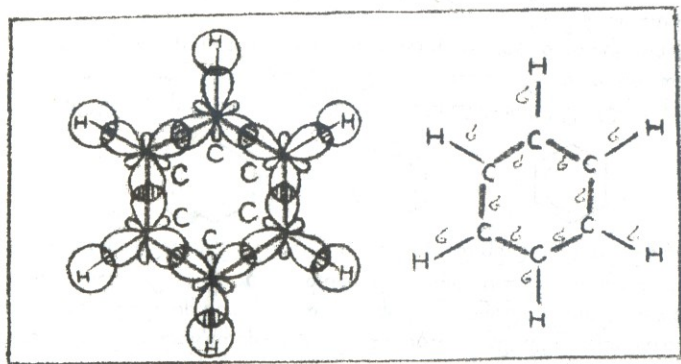
ამ ფორმულაში ერთმაგი და ორმაგი ბმები მონაცვლეობით არის განლაგებული. იცით, რომ ორმაგი ბმების განლაგება განაპირობებს იზომერების არსებობას. ფ. კეკულემ აღნიშნა, რომ ბენზოლის შემთხვევაში ამ ბმების განლაგებას მნიშვნელობა არა აქვს, რის გამოც მისი სტრუქტურული ფორმულა ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



ბენზოლის მოლეკულაში ორმაგი ბმების დელოკალიზაციით (ორმაგი ბმა არ არის „დამაგრებული“, როგორც ეთილენურ ნახშირწყალბადში) განპირობებულია მისი თავისებურებანი. იმ დროისათვის ეს იყო ფ. კეკულეს გენიალური წინასწარმეტყველება.

დღეისათვის დადგენილია, რომ ბენზოლის მოლეკულაში გვაქვს თვისობრივად ახალი ბმა. თანამედროვე ფიზიკური მეთოდებით დადგენილია, რომ ბენზოლის მოლეკულას ციკლური აღნაგობა აქვს და ნახშირბადატომები ერთ სიბრტყეშია განლაგებული. გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ ნახშირბადატომების ცენტრებს შორის მანძილი თანაბარია და უდრის **0,140 ნმ**-ს, რაც ადასტურებს, რომ ბენზოლში კლასიკური მარტივი და ორმაგი ბმები არ არის (გაიხსენეთ ერთმაგი და ორმაგი ბმის სიგრძეები), კეკულეს ფორმულის მიხედვით კი სამი ერთმაგი და სამი ორმაგი ბმაა.

დადგენილია, რომ ნახშირბადის თითოეული ატომი სხვა ატომებთან წარმოქმნის სამ  $\sigma$ -ბმას, ე. ი. ბენზოლის მოლეკულაში ნახშირბადატომი  $sp^2$  ჰიბრიდიზაციის მდგომარეობაშია. ელექტრონების სამი ჰიბრიდული ორბიტელი, რომლებსაც გაწეილი მოცულობითი რვიანის ფორმა აქვთ, მაქსიმალურად დასცილდებიან ერთმანეთს, განლაგდებიან ერთ სიბრტყეში და წარმოქმნიან თორმეტ  $\sigma$ -ბმას  $120^\circ$  კუთხით (სურ. 20).

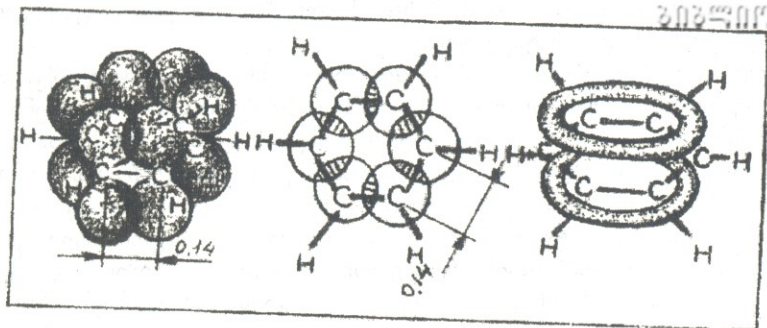


სურ. 20. ბენზოლის მოლეკულაში  $\sigma$ -ბმების წარმოქმნის სქემა (მოლეკულის ზედხედი).

ნახშირბადის თითოეულ ატომს რჩება თითო  $p$  ელექტრონი, რომლებიც არ მონაწილეობს ჰიბრიდიზაციაში, ინარჩუნებს მოცულობითი რვიანის ფორმის ორბიტელს და განლაგდება  $\sigma$ -ბმების სიბრტყის პერპენდიკულარულად. თითოეული ასეთი ორბიტელი ერთნაირად გადაიფარება ნახშირბადის ორივე მეზობელი ატომის  $p$  ელექტრონული ორბიტლებით. ამრიგად, ექვსივე  $p$  ელექტრონული ორბიტლის ორმხრივი გადაფარვით წარმოიქმნება ერ-

თანნი  $\pi$  ელექტრონული სისტემა ( $\pi$ -სექსტეტი), რომელიც განლაგებულია ბენზოლის ჩონჩხის ზემოთ და ქვემოთ (სურ. 21).

ქართული  
ენციკლოპედია

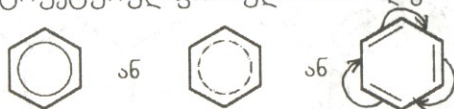


ა) ბ)

სურ. 21. ბენზოლის მოლეკულაში  $\pi$  ღრუბლის წარმოქმნის სქემა (მოლეკულის ზედხედი (ა) და გვერდხედი (ბ)).

$\pi$  ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე თანაბრადაა განაწილებული ციკლის პერიმეტრის გასწვრივ. აღსანიშნავია, რომ  $\pi$  ელექტრონული სისტემა ხასიათდება დიდი სიმტკიცით, რადგან სექსტეტის წარმოქმნისას გამოიყოფა დიდი ენერგია.

ამით აიხსნება თანაბარი მანძილი ნახშირბადატომებს შორის. ბენზოლის მოლეკულაში  $\pi$  ელექტრონული ღრუბლის თანაბარი განაწილება რომ აჩვენონ, მის სტრუქტურულ ფორმულას ხშირად გამოსახავენ ასე:



ეს ფორმულა კეკულეს ფორმულის პარალელურად გამოიყენება.

ბენზოლის მოლეკულის ბრტყელი აღნაგობა და შეკრული  $\pi$ -სექსტეტის არსებობა, როგორც აღინიშნა, განაპირობებს მის მრავალ თავისებურებას. ბენზოლი თავისი შედგენილობით უჭერი ნახშირწყალბადია, მაგრამ მდგრადია მჟანგავის ზემოქმედებისადმი და ჩანაცვლების რეაქციებში უფრო ადვილად მიმდინარეობს, ვიდრე მიერთებისა. ეს სპეციფიკური თვისებები გაერთიანებულია ტერმინით „**არომატული თვისებები**“. ამრიგად, დღეისათვის ისტორიული სახელწოდება არომატული ნახშირწყალბადები, ასევე ცნება „**არომატული თვისებები**“ (არომატულობა) ახალ შინაარსს იძენს. ბენზოლი არომატულია იმიტომ, რომ ენერგია  $\pi$  ბმების დელოკალიზაციის გამო ნაკლებია, ვიდრე კეკულეს ფორმულის მიხედვით გამოთვლილი ენერგია.

არომატულობა დამახასიათებელია არა მარტო ბენზოლისა და მისი ჰომოლოგებისათვის, არამედ ბენზოლის წარმოებულებისა და სხვა ნაერთები-



ბენზოლის მოლეკულაში არ არის ჩვეულებრივი „ეთილენური“  $\pi$ -ბმა.

ბენზოლში ნახშირბადის ატომებისათვის დამახასიათებელია  $sp^2$  ჰიბრიდიზაცია.

ბენზოლის მოლეკულაში შეკრული  $\pi$ -სექსტეტის სიმკვრივე თანაბრად „ვაითითხნია“ ციკლის ჰერიმეტრის კანსწვრივ.

**§22. ბენზოლის ჰომოლოგიური რიგი**

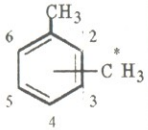
ბენზოლი, სხვა ნახშირწყალბადების მსგავსად, წარმოქმნის ჰომოლოგიურ რიგს. თუ ბენზოლის მოლეკულაში ერთ ან რამდენიმე წყალბადატომს ჩავანაცვლებთ ნახშირწყალბადების რადიკალებით, მივიღებთ მის ჰომოლოგებს. მაგალითად, თუ ჩავანაცვლებთ ნაჯერი ნახშირწყალბადის რადიკალით, მივიღებთ ჰომოლოგიურ რიგს

- |                 |                        |
|-----------------|------------------------|
| $C_6H_6$        | ბენზოლი                |
| $C_6H_5-CH_3$   | მეთილბენზოლი (ტოლუოლი) |
| $C_6H_5-C_2H_5$ | ეთილბენზოლი            |
| $C_6H_5-C_3H_7$ | პროპილბენზოლი და ა. შ. |

მათი ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n-6}$

**ფიზიკური თვისებები.** ბენზოლის ჰომოლოგიური რიგის პირველი წარმომადგენლები სითხეებია. მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად იზრდება მათი დუღილისა და დნობის ტემპერატურა. მათი სიმკვრივე ერთზე ნაკლებია. არ იხსნებიან წყალში. ნებისმიერი შეფარდებით იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში (ქლოროფორმი, ყინულოვანი ძმარმჟავა, აცეტონი და ა. შ.)

არომატული ნახშირწყალბადების კომპლექსური რიგი და მისი მახასიათებლები

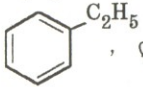
სახელწოდება	ფორმულა	ჩამნაცვლებელი ჯგ. მდებ-ბა	დნობის ტემპ. °C	დუღილის ტემპ. °C	სიმკვრივე ρ
ბენზოლი	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	-	-5,53	80,1	0,8790
ტოლუოლი	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	-	-95,0	110,6	0,8669
ქსილოლები:		1,2	-25,2	144,41	0,8802
ორთო-		1,3	-47,9	139,10	0,8642
მეტა-		1,4	-13,3	138,3	0,8611
პარა-					

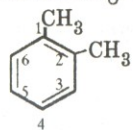
**იზომერია. ნომენკლატურა.** ციკლოალკანების მსგავსად ბენზოლის შემთხვევაშიც დიდი მნიშვნელობა აქვს ჩამნაცვლებლის მდებარეობას. ბენზოლის ბირთვში ნახშირბადატომების ტოლფასობის გამო ერთი ჩამნაცვლებლის შემთხვევაში მის მდებარეობას მნიშვნელობა არა აქვს, მაგალითად,

მეთილბენზოლის  შემთხვევაში. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ

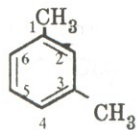
უკვე ერთი ჩამნაცვლებელი (ნებისმიერი შედგენილობის) არ ღვევს π ელექტრონული ღრუბლის თანაბარ განაწილებას და როგორც შედეგი ბირთვის ნახშირბადატომები აღარ არის ტოლფასოვანი (ამის გამოძწვევი მიზეზი ახსნილი იქნება 80-ე გვერდზე).

ამასთან დაკავშირებით ორჩანაცვლებულ ბენზოლს აქვს იზომერები. მაგალითად: C<sub>8</sub>H<sub>10</sub> - ს აქვს ერთჩანაცვლებული (ერთი) და ორჩანაცვლებული (სამი) იზომერები. ეთილბენზოლში ეთილის რადიკალის მდებარეობას

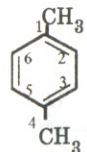
არა აქვს მნიშვნელობა , დიმეთილბენზოლისათვის კი შესაძლოა სამი იზომერი:



1,2-დიმეთილბენზოლი  
ორთო-დიმეთილბენზოლი



1,3-დიმეთილბენზოლი  
მეტა-დიმეთილბენზოლი



1,4- დიმეთილბენზოლი  
პარა-დიმეთილბენზოლი

1 CH<sub>3</sub> შესაბამისად დაკავშირებულია ნახშირბადის მეორე, მესამე ან მეოთხე ატომთან.



საერთაშორისო ნომენკლატურის თანახმად ბენზოლის ერთხანაცვლებული ჰომოლოგის დასახელება მარტივია: მეთილბენზოლი, ეთილბენზოლი და ა. შ. ორხანაცვლებული ბენზოლის შემთხვევაში აუცილებელია ბირთვის ნახშირბადატომების დანომრვა იმავე წესით, როგორც ციკლოალკანებში (გვ. 61) და ჩამნაცვლებლების მდებარეობის მითითება ციფრით.

ციფრების მაგივრად ხშირად ხმარობენ იზომერის სხვა აღნიშვნასაც. 1,2- ჩანაცვლებულს **ორთო**, 1,3-**მეტა**, 1,4-**პარა** იზომერს უწოდებენ. შემოკლებით **ო-**, **მ-** და **პ-** იზომერი. ხშირად იყენებენ ისტორიულ სახელწოდებასაც. დიმეთილბენზოლის ისტორიული სახელწოდებაა ქსილოლი. შესაბამისად, დიმეთილბენზოლის იზომერების სახელწოდება იქნება: ორთო-ქსილოლი, მეტა-ქსილოლი, პარა-ქსილოლი. არომატულ ნახშირწყალბადებს შეესაბამება რადიკალები. მაგალითად, ბენზოლის ერთვალენტური რადიკალია  $-C_6H_5$  ფენილი,  $C_6H_5-CH_2-$  რადიკალს ბენზილი,  $-C_6H_4CH_3$  კი ტოლილი ეწოდება.

საერთაშორისო ნომენკლატურით არომატული ნახშირწყალბადების ზოგადი სახელწოდებაა **არენები**.

არენის ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n-6}$ .

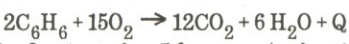
ერთხანაცვლებულ ბენზოლს იზომერი არა აქვს.

ორ და მეტ ჩანაცვლებულ ბენზოლში:

- 1,2- მდებარეობაა „ორთო“.
- 1,3- მდებარეობაა „მეტა“.
- 1,4- მდებარეობაა „პარა“.

**§23. ბენზოლის ქიმიური თვისებები**

**წვის და უანგვის რეაქცია.** ბენზოლის წვის დროს დიდი რაოდენობით გამოიყოფა ქვარტლი (ახსენით რატომ?)



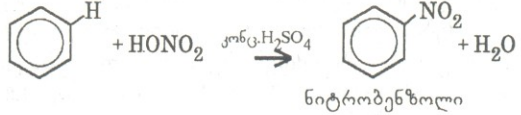
მქანგავის მიმართ ბენზოლის ბირთვი მდგრადია.

**ჩანაცვლების რეაქციები.**

ნიტრირების რეაქცია. ბენზოლს დავუმატოთ კონცენტრირებული აზოტმჟავასა და კონცენტრირებული გოგირდმჟავას ნარევი და შევათბოთ. შევამჩნევთ, რომ გამოიყოფა მოყვითალო ფერის მძიმე სითხე, ეს ნიტრობენზოლია  $C_6H_5NO_2$ , რომელსაც მწარე ნუშის სუნი აქვს. ამ შემთხვე-

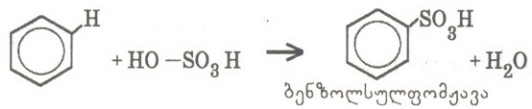


ვაში ბენზოლის მოლეკულაში წყალბადის ატომი ჩაინაცვლება ნიტროჯუფით  $\text{NO}_2$ :



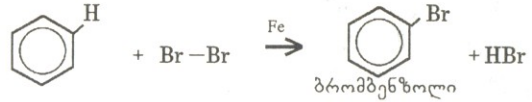
რა დანიშნულება აქვს კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას ამ რეაქციაში? სულფირების რეაქცია. ბენზოლი ურთიერთქმედებს კონცენტრირებულ გოგირდმჟავასთან.

ამ შემთხვევაში ჩამნაცვლებელი ( $\text{SO}_3\text{H}$ ) სულფოჯგუფია.

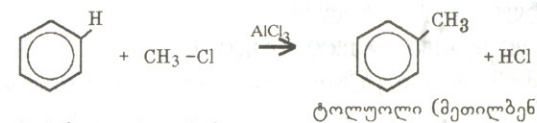


ჰალოგენირების რეაქცია. ბენზოლი ურთიერთქმედებს ბრომთან და ქლორთან რკინის თანაობისას.

რკინისა და ბრომის ურთიერთქმედების შედეგად წარმოიქმნება  $\text{FeBr}_3$  რომელიც ამ რეაქციის კატალიზატორია. მსგავსად მიმდინარეობს რეაქცია ქლორთან.



ალკილირების რეაქცია. ბენზოლი შედის რეაქციაში ჰალოგენალკილებთან ალკილბენზოლების წარმოქმნით, კატალიზატორია  $\text{AlCl}_3$  (ფრიდელ-კრაფტის რეაქცია).



ჩანაცვლების (S რეაქციები) რეაქციები პრაქტიკულად ადვილად მიმდინარეობს და მიღებულ პროდუქტებს დიდი გამოყენება ჰქონდა ჯერ კიდევ XIX საუკუნეში.

ნიტრობენზოლს იყენებენ მედიკამენტების დასამზადებლად, საღებურების სინთეზში; სულფირების შედეგად მიღებულ სულფომჟავებს კი მრავალი სხვადასხვა სინთეზისათვის, რადგან სულფოჯგუფი ადვილად ჩაინაც-



ვლება სხვადასხვა ფუნქციური ჯგუფით. გარდა ამისა, სულფოჯგუფი ზრდის არომატული ნახშირწყალბადის ხსნადობას წყალში. ამიტომ საღებბრების მედიკამენტებისა და სხვათა მოლეკულებში მათი არსებობა ხშირად აუცილებელია (დანართი 2 და 3).

არომატული ნახშირწყალბადების ჰალოგენწარმოებულები მრავალი ნაერთის სინთეზის შუალედური პროდუქტებია, ისინი კარგი გამხსნელებია.

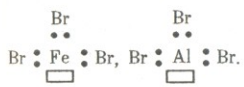
**ჩანაცვლების რეაქციის მექანიზმი**

დააკვირდით ზემოთ ჩამოთვლილ ჩანაცვლების რეაქციებს. ბენზოლის ბირთვში ჩანაცვლება ხდება ისეთი რეაგენტით (ან სარეაქციო არეში წარმოქმნილი ჯგუფით), რომელსაც სრული ან ნაწილობრივი დადებითი მუხტი აქვს იმ ატომზე ( $\text{NO}_2^+$ ,  $\text{SO}_3\text{H}^+$ ,  $\text{Br}^+$ ,  $\text{Cl}^+$ ,  $\text{R}^+$ ), რომლითაც იგი უერთდება ბენზოლის ბირთვის ნახშირბადის ატომს. ასეთ რეაგენტს (ან ჯგუფს) ელექტროფილურ (ბერძ. *phileo* მიყვარს) ეწოდება.

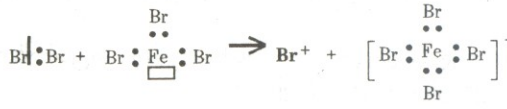
ბენზოლის ბირთვში ჩანაცვლების რეაქციები მიდის ელექტროფილური მექანიზმის შესაბამისად.

ისმის კითხვა, რატომ მიმდინარეობს ბენზოლის მოლეკულაში შედარებით ადვილად ჩანაცვლების რეაქციები და რატომა ეს რეაქციები ელექტროფილური ხასიათის? ეს ბენზოლის ბირთვში  $\pi$  სექსტეტის „დამსახურებაა“, რომელიც ბენზოლის ბირთვში ციკლოპექსანთან შედარებით ზრდის ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივეს. ამით აიხსნება, რომ სხვადასხვა ბუნების მორიაგირე ნაწილაკებიდან დადებითად დამუხტული იონები, ან ნაწილობრივ დადებითად დამუხტული ნაწილაკები მისივე მისწრაფვის.

მაქციეთ ყურადღება მოცემული რეაქციის პირობებს. როგორც ვიცით ბრომირება მიმდინარეობს მხოლოდ კატალიზატორის  $\text{FeCl}_3$ -ის ან  $\text{AlCl}_3$ -ის ან შესაბამისი ბრომიდების თანაობისას. კატალიზატორად იყენებენ ნაერთს, რომელსაც აქვს თავისუფალი ორბიტალი:



კატალიზატორის თავისუფალი ორბიტალის ხარჯზე შეუძლია მიერთოს ელექტრონული წყვილი, რასაც მოჰყვება იონების წარმოქმნა:



ბრომის იონი  $\text{Br}^+$  რჩება სარეაქციო არეში. ანალოგიურად ბენზოლის ალკილირებისას იმავე კატალიზატორის თანაობისას სარეაქციო არეში წარმოიქმნება ელექტროფილური ნაწილაკები  $\text{R}^+$  ( $\text{CH}_3^+$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5^+$ ). ნიტრირების რეაქციისას კონცენტრირებული აზოტმჟავა კონცენტრირებულ გოგირდმჟავასთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის  $\text{NO}_2^+$ .

ყველა შემთხვევაში წარმოიქმნება დადებითად ან ნაწილობრივ დადებითად დამუხტული ნაწილაკი, რომელსაც აღნიშნავენ E-თი. წარმოქმნილი ელექტროფილური ნაწილაკი  $\text{E}^+$  სწრაფად უკავშირდება ბენზოლის  $\pi$ -სექსტეტს ე. წ.  $\pi$  კომპლექსის წარმოქმნით:



რომელშიც ჯერ კიდევ არ არის ქიმიური ბმა. შემდგომ საფეხურზე მიმდინარეობს  $\pi$ -სექსტეტიდან ელექტრონების ერთერთი წყვილის „ამოღეჯა“, რომლის ხარჯზე ელექ-



ტროფილური ნაწილაკი  $\sigma$  მით უერთდება ერთ-ერთ ნახშირბადატომს (დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით). მეორე ნახშირბადატომი კარგავს ელექტრონს, ეზღუდება დადებითად და ამჯერად წარმოიქმნება ე. წ.  $\sigma$  კომპლექსი, რომლის გამოსახვის ერთ-ერთი ფორმაა



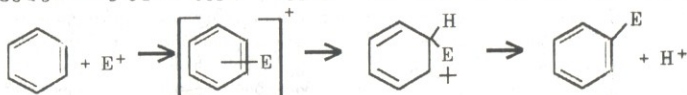
შემდგომ საფეხურზე ნახშირბადატომს, რომელთანაც მიერთებული იყო  $E^+$  ელექტროფილური ნაწილაკი, ჩამოცილება წყალბადის იონი (პროტონი), რადგან  $C-H$  -ბმა უფრო სუსტია და ენერჯიის გამოყოფით კვლავ აღდგება ბენზოლის ბირთვიში მდგრადი  $\pi$  ელექტრონული სექსტეტი:



წარმოქმნილი პროტონი უერთდება უარყოფითად დამუხტულ კომპლექსს:



ჩანაცვლების რეაქციის ყველა საფეხური სქემატურად ასე შეიძლება გამოვსახოთ:

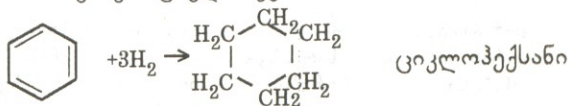


ამრიგად, ბენზოლში ჩანაცვლების (S) რეაქცია ალკენებისაგან განსხვავებით იონური (ელექტროფილური) მექანიზმით მიმდინარეობს. აღსანიშნავია, რომ ამ შემთხვევაში რეაქციის პირობები უფრო რბილია და გამოსავლიანობა მაღალი. ეს აიხსნება არომატული ბირთვის აღნაგობით ( $\pi$  სექტეტის არსებობა) და გამოყენებული არაორგანული რეაგენტების რეაქტიულობის უნარით (ელექტროფილური ნაწილაკების წარმოქმნის მაღალი უნარი).

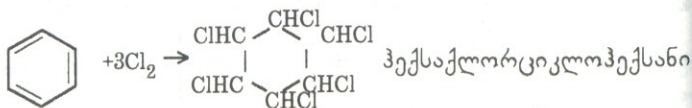
### მიერთების რეაქციები.

ბენზოლს, ალკენების მსგავსად, ახასიათებს მიერთების რეაქციებიც.

თუ ბენზოლის ორთქლსა და წყალბადის ნარევეს გავატარებთ კატალიზატორზე (Ni), წარმოიქმნება ციკლოჰექსანი:



ბენზოლს შეუძლია მიერთოს ქლორი. რეაქციისათვის საჭიროა სინათლის კვანტი:



ამ ნაერთს იყენებდნენ როგორც ინსექტიციდს (დანართი 3).

მიერთების რეაქციები ბენზოლთან უფრო მკაცრ პირობებში მიმდინარეობს, ვიდრე უჯერი ნახშირწყალბადების შემთხვევაში. (რატომ?)

ამრიგად, ბენზოლის ელექტრონული აღნაგობის თავისებურება მის ქიმიურ თვისებებში ვლინდება.

ბენზოლს ახასიათებს წვის, ჩანაცვლებისა და მიერთების რეაქციები.

ბენზოლის ჩანაცვლების რეაქციებია:

1. ნიტრირების
2. სულფირების
3. ჰალოგენირების
4. ალკილირების

ელექტროფილი ელექტრონების „მოკვარული“ ნაწილაკია.

$\sigma$  და  $\pi$  კომპლექსები ჩანაცვლების რეაქციების არამდგრადი შუალედური პროდუქტებია.

ჩანაცვლების რეაქციები მიმდინარეობს იონური მექანიზმით

#### სავარჯიშოები და ამოცანები

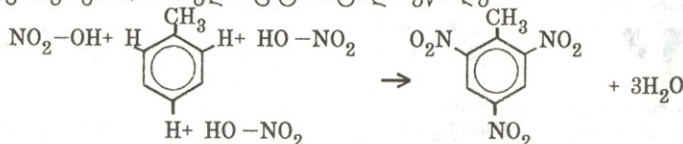
1. რომელ ნახშირწყალბადს უწოდებენ არომატულს და რატომ?
2. რა ექსპერიმენტული ფაქტებით დასტურდება ბენზოლის სტრუქტურული ფორმულა? გაეცით დასაბუთებული პასუხი.
3. რა წინააღმდეგობა არსებობს კეკულეს სტრუქტურულ ფორმულასა და ბენზოლის თვისებებს შორის და როგორ ხსნის ამ წინააღმდეგობას ელექტრონული თეორია?
4. როგორ წარმოიქმნება ბენზოლის მოლეკულაში თვისობრივად ახალი ბმა -  $\pi$  ელექტრონული სისტემა ( $\pi$ -სექსტეტი)?
5. რა სახის ჰიბრიდიზაცია ხდება ბენზოლის მოლეკულაში და როგორია მისი აღნაგობა?
6. ბენზოლის რა თვისებებს გულისხმობს ტერმინი „არომატულობა“?
7. შეადგინეთ არომატული ნახშირწყალბადების არანაკლებ ექვსი სტრუქტურული ფორმულა, რომლებიც დიეთილბენზოლის იზომერებია და დაასახელეთ ისინი.
8. დაწერეთ სტრუქტურული ფორმულები არომატული ნახშირწყალბადების იზომერებისა, რომელთა ფორმულებია: ა)  $C_7H_7Cl$  ბ)  $C_7H_6Cl_2$  (ცხრა იზომერი) და დაასახელეთ ისინი.
9. შეადგინეთ იმ იზომერების სტრუქტურული ფორმულები, რომელთა ემპირიული ფორმულაა  $C_9H_{12}$  და დაასახელეთ ისინი.
10. რა მსგავსებაა ბენზოლისა და ნაჯერი ნახშირწყალბადების ქიმიურ თვისებებს შორის? რითაა განპირობებული ეს მსგავსება? დაწერეთ რეაქციათა ტოლობები და მიუთითეთ მათი მიმდინარეობის პირობები.

11. შეადგინეთ ორი ტიპის რეაქცია ბენზოლსა და ბრომს შორის ა) მიერთების, ბ) ჩანაცვლების. მიუთითეთ ამ რეაქციათა მიმდინარეობის პირობებზე და დაასაბუღეთ მიღებული ნივთიერებები.
12. რატომ მიმდინარეობს ბენზოლის მოლეკულაში ჩანაცვლების რეაქცია ელექტროფილური მექანიზმით?
13. რატომ არ შეიძლება წყლის მოქმედებით ბენზოლის მოლეკულაში წყალბადატომის ჰიდროქსილის ჩვრით ჩანაცვლება?
14. რა ქიმიური თვისებებია დამახასიათებელი ნახშირწყალბადებისათვის, რომელთა მოლეკულაში არის: ა) მარტივი, ბ) ჭრადი, გ) „არომატული ბმები“? პასუხი დაასაბუღეთ რეაქციათა ტოლობებით.
15. ლაბორატორიაში 37,5 ლ აცეტილენისაგან (ნ.პ.) მიიღეს 24 გ ბენზოლი. თეორიულად შესაძლებელი გამოსავლიანობის რამდენ პროცენტს შეადგენს ეს?
16. 3,9 გ ორგანული ნივთიერების დაწვით, რომლის ორთქლის სიმკვრივე წყალბადის მიმართ 39-ია, გამოიყო 13,2 გ ნახშირბადი (IV)-ის ოქსიდი და 2,7 გ წყალი. დაადგინეთ ამ ნივთიერების სტრუქტურული ფორმულა და მიუთითეთ მისთვის დამახასიათებელი ქიმიური თვისებები.
17. რამდენი ლ ჰაერია საჭირო (ნ.პ.) 1 ლ ბენზოლის დასაწვავად, რომლის სიმკვრივეა 0,88 გ/სმ<sup>3</sup>.
18. განიხილეთ ბენზოლიდან და ქლორომეთანიდან ტოლუოლის მიღების რეაქციის მექანიზმი.

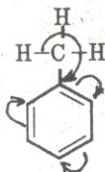
#### §24. ბენზოლის კომბოვაციის (ტოლუოლის) თვისებები

**ტოლუოლი** ბენზოლს ბევრი თვისებით ჰგავს, მაგრამ მას თავისებურებაც ახასიათებს.

თქვენთვის ცნობილია, რომ ბენზოლს ახასიათებს ნიტრირების რეაქცია. ტოლუოლი ნიტრირდება უფრო ადვილად, ვიდრე ბენზოლი. ტოლუოლის ნიტრირებით წარმოიქმნება 2,4,6-ტრინიტროტოლუოლი. ეს ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელსაც ტროტილი ეწოდება:



რამ გამოიწვია ბენზოლის ბირთვის უფრო მაღალი რეაქციისუნარიანობა? რატომ მოხდა ტოლუოლის მოლეკულაში განსაზღვრული მდებარეობის წყალბადატომების ჩანაცვლება ნიტროჯუფებით? მეთილის რადიკალი (ტოლუოლში) წყალბადატომთან შედარებით (ბენზოლში) უფრო მდიდარია ელექტრონებით. ამ რადიკალის C-H ბმების ელექტრონებსა და არომატული ბირთვის π-სექსტეტს შორის ვლინდება ურთიერთგავლენა, რის შედეგადაც მეთილის რადიკალის ელექტრონები გადაიხრება არომატული ბირთვისაკენ. ბირთვში ეს გადახრა იწვევს π-სექსტეტის ტოლფასიანი განაწილების დარღვევას (ურთიერთგავლენა აღნიშნულია ტოლუოლის მოლეკულაში მოღუწული ისრებით):

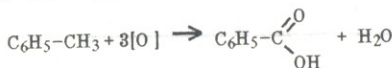


ამასთან დაკავშირებით, არომატული ბირთვი ტოლუოლში ბენზოლის ბირთვთან შედარებით გამდიდრებულია ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივით, რომელიც გაზრდილია ჩამნაცვლების მიმართ გარკვეულ მდებარეობებში (შეესაბამება ისრის დაბოლოებებს).

ამით აიხსნება ჩანაცვლების რეაქციებში ტოლუოლის ამაღლებული რეაქციისუნარიანობა ბენზოლთან შედარებით. აი, რატომ ჩანაცვლება ტოლუოლის ნიტრირების რეაქციაში ერთდროულად სამი წყალბადის ატომი 2,4 და 6 მდებარეობაში.

ტოლუოლს ბენზოლის ანალოგიურად ახასიათებს სულფირების, ბრომირების რეაქციები (შეადგინეთ რეაქციის ტოლობები).

ისმის კითხვა: ბენზოლის ბირთვი თავის მხრივ გავლენას ხომ არ ახდენს მეთილის რადიკალზე? მეთანი, როგორც უკვე ცნობილია, შეანგავების მიმართ მდგომარეობაშია. თუ ტოლუოლს  $KMnO_4$ -ის ხსნარს დაუუმატებთ და გვაცხელებთ, შევნიშნავთ, რომ ხსნარის შეფერილობა შეიცვლება. ეს იმიტომ მოხდა, რომ მეთილის რადიკალი დაიჟანგა. რეაქცია პირობითად ასე შეიძლება გამოისახოს:

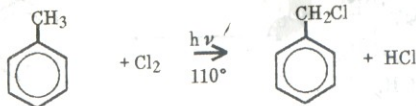


რეაქციის პროდუქტი ბენზომჟეაა.

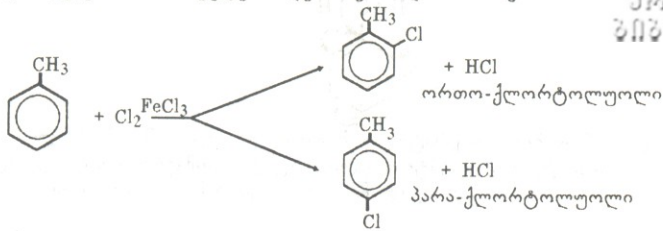
ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ტოლუოლის მოლეკულაში ბენზოლის ბირთვი და მეთილის რადიკალი ახდენენ ურთიერთგავლენას. რადიკალი მეთილი ბენზოლის ბირთვში აადვილებს რეაქციას ორთო- და პარა- მდგომარეობაში, ხოლო ბენზოლის ბირთვი გავლენას ახდენს მეთილის ჯგუფზე და განაპირობებს მის ნაკლებ მდგრადობას შეანგავების მოქმედებისადმი.

ბენზოლის წარმოებულების მოლეკულაში პირველი ჩამნაცვლებლის ბუნება განაპირობებს მეორე ჩამნაცვლების ბირთვში „შესვლის“ მდებარეობას (იხ. § 27). ამას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რადგან იგი საფუძვლად უდევს მიზანდასახულ სინთეზს, ე. ი. წინასწარ განსაზღვრული თვისებების მქონე ახალი ორგანული ნივთიერების მიღებას.

ტოლუოლის ურთიერთქმედება ჰალოგენებთან რეაქციის პირობების შესაბამისად სხვადასხვა მიმართულებით შეიძლება წარიმართოს. ეს ერთ-ერთი საუკეთესო მაგალითია რეაქციის პირობების გავლენისა მიღებული პროდუქტების შედგენილობასა და აღნაგობაზე. ტოლუოლისა და ქლორის ურთიერთქმედებისას, სინათლის კვანტის მოქმედებით მიიღება ქლორბენზილი.



ხოლო კატალიზატორად რკინის (სარეაქციო არეში წარმოიქმნება რკინა (III)-ის ქლორიდი) გამოყენებისას ჩანაცვლება ხდება ბენზოლის ბირთვში:



აღსანიშნავია, რომ ბოლო ორი პროდუქტი ერთდროულად წარმოიქმნება რთული შედგენილობის ნარევეში. კიდევ რომელი ქლორნაერთების წარმოქმნაა შესაძლებელი? ტოლუოლს ბენზოლის მსგავსად ახასიათებს ჰიდრირების რეაქცია (შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა).

ერთი ჩამნაცვლებელი უკვე არღვევს ბენზოლში  $\pi$ -სექსტეტის თანაბარ განაწილებას.

**§25. ბენზოლისა და მისი ჰომოლოგების მიღება**

ბენზოლისა და მისი ჰომოლოგების მიღების მნიშვნელოვანი წყაროა ქვანახშირის ფისი (ქვანახშირის ფისი 900-მდე არომატულ ნახშირწყალბადს და სხვა ნაერთს შეიცავს), რომელიც დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება ქვანახშირის დაკოქსვის პროცესში. იგი მუქი ფერის, ბლანტი სითხეა, რითაც ნავთობს ჰგავს. მისი გამოხდით მიიღება არომატული ნახშირწყალბადები და სხვა ნაერთები (გვ. 191).

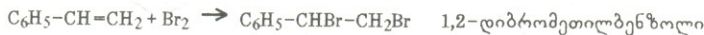
ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები აგრეთვე მიიღება ციკლოალკანებისაგანაც. ბენზოლი მიიღება ციკლოჰექსანის **დეჰიდრირებით** კატალიზატორების (Pt ან Pd) თანაობისას 300°C ტემპერატურის პირობებში (ზელინსკი, რეპე).



ბენზოლის მიღება ასევე შესაძლებელია ნ-ჰექსანისაგან სათანადო პირობებში (300°C, კატალიზატორი Pt ან 400°C კატალიზატორი (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)).

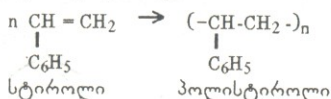
სტიროლის ახსიათებს რეაქციები, რომლებიც განპირობებულია, როგორც ვინილის რადიკალით, ასევე ბენზოლის ბირთვით.

სტიროლი, როგორც  $\pi$ -ბმის შემცველი ნივთიერება, აუფერულებს ბრძან-წყალს



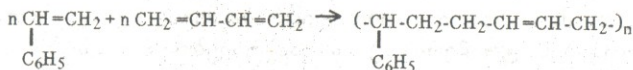
აგრეთვე აუფერულებს კალიუმბერმანგანატის წყალხსნარს. რეაგირებს ჰალოგენწყალბადებთან (შეადგინეთ რეაქციის ტოლობები).

სტიროლი ადვილად პოლიმერიზდება



პოლისტიროლი ელექტროსაიზოლაციო მასალაა, მას დიდი გამოყენება აქვს ელექტრონულ- და რადიოტექნიკაში (დანართი 3).

სტიროლისა და ბუტადიენის თანაპოლიმერიზაციით მიიღება მაღალი ხარისხის კაუჩუკი (გვ. 206)

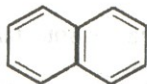


სტიროლის მიღება. წარმოებაში სტიროლს იღებენ ეთილბენზოლის დეჰიდრირებით  $400^\circ\text{C}$ -ზე აირად ფაზაში, კატალიზატორის ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) თანაობისას:



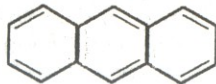
ეთილბენზოლი კი ბენზოლისა და ეთილენის ან ქლორეთანის ურთიერთქმედებით მიიღება სათანადო პირობებში. დაწერეთ რეაქციის ტოლობა.

**მრავალბირთვიანი არომატული ნახშირწყალბადები.** არომატული ნახშირწყალბადები შეიძლება შეიცავდეს არა მარტო ბენზოლის ერთ ბირთვს, არამედ ორს ან რამდენიმეს. ბენზოლის ბირთვის რაოდენობის შესაბამისად შეიძლება იყოს მონო (ერთი), დი (ორი) და პოლიბირთვიანი (მრავალბირთვიანი) არენი. ნახშირწყალბადს, რომელშიც ბენზოლის ბირთვები ერთმანეთთან უშუალოდაა დაკავშირებული, კონდენსირებულბირთვიანი არომატული ნახშირწყალბადები ეწოდება, მათი უმარტივესი წარმომადგენელია ნაფთალინი- $\text{C}_{10}\text{H}_8$ . იგი ორბირთვიანია.



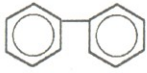
ნაფთალინი

შემდეგი წარმომადგენელია ანთრაცენი- $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$ . იგი სამბირთვიანია.

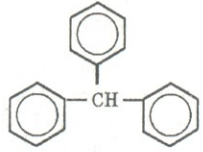


ანთრაცენი

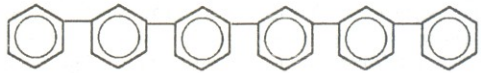
თუ ნახშირწყალბადის მოლეკულაში ბენზოლის ორი ან რამდენიმე ბირთვი ერთმანეთთან დაკავშირებულია  $\sigma$ -ბმით, ერთი ან რამდენიმე მეთილენის ჯგუფით, ასეთი ნაერთები არაკონდენსირებული არომატული ნახშირწყალბადებია.



დიფენილი



ტრიფენილმეთანი

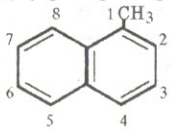


ჰექსაფენილი

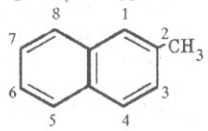
ყველა ასეთი ნახშირწყალბადი ქვანახშირის ფისში გვხვდება. მრავალბირთვიან არომატულ ნახშირწყალბადს ბენზოლის დამახასიათებელი ბევრი ქიმიური თვისება აქვს.

აღსანიშნავია, რომ ნაფთაღინში ორი ბენზოლის ბირთვის ურთიერთგავლენის გამო საერთო  $\pi$  ელექტრონული ორბიტლის ( $\pi$  დეცეტის) განაწილება არათანაბარია (შეადარეთ ბენზოლს). ნაფთაღინისათვის დამახასიათებელია ელექტრონული ორბიტლის სიმკვრივის გაზრდა 1,4,5,8 - მდებარეობებისათვის 2,3,6,7 - მდებარეობებთან შედარებით.

ამასთან დაკავშირებით ერთხანაცვლებულ ნაფთაღინს აქვს ორი იზომერი:



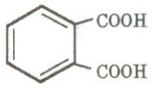
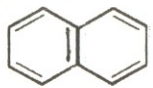
1-მეთილნაფთალინი



2-მეთილნაფთალინი

(მიაქციეთ ყურადღება, რომ ნახშირბადატომების ნუმერაცია მუდმივია და არ არის დაკავშირებული ჩანაცვლების მდებარეობასთან).

უნდა აღინიშნოს, რომ ნაფთაღინი ( $\pi$  ორბიტლის ტოლფასიანი განაწილების დარღვევის გამო) ბენზოლთან შედარებით იქანგება. ერთი ბირთვი იხლიჩება, ხოლო მეორე, „ბენზოლის“ - უცვლელი რჩება.



ფთალმჟავა

წარმოქმნილ ფთალმჟავას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს (გვ. 204), ხოლო თვით რეაქცია ადასტურებს, რომ ნაფთაღინში „არომატულობა“ ბენზოლთან შედარებით შემცირებულია.

ნაფთაღინს ახასიათებს მაღალი რეაქციისუნარიანობა. აღსანიშნავია, რომ ჩანაცვლების რეაქციაში უფრო ადვილად შედის 1,4,5,8 ნახშირბადატომები.

ნაფთაღინს და მის ჰომოლოგებს ფართოდ იყენებენ საღებრების, მედიკამენტებისა და სხვა მნიშვნელოვანი ნაერთების მისაღებად (დანართი 2 და 3).

სტიროლში ეთილენური ჯგუფი ინარჩუნებს უჯვრობას.  
ნაფთაღინი ბენზოლთან შედარებით ნაკლებად არომატულია.



1. პროპინის  $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$  პოლიმერიზაციით (ტრიმერიზაციით) მიიღება ბენზოლის ჰომოლოგი. შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა და დაასახელეთ მიღებული ნივთიერება.
2. ვ. მარკოვნიკოვმა გასული საუკუნის ბოლოს ბაქოს ნავთობიდან გამოყო ბენზოლი, ტოლუოლი, იზომერული ქსილოლები, ეთილბენზოლი, 1,2,4-ტრიმეთილბენზოლი და სხვა ნახშირწყალბადები. შეადგინეთ ზემოთ დასახელებული ნივთიერებების სტრუქტურული ფორმულები, ავრეთვე ბენზოლისა და ტოლუოლის შესაბამისი რადიკალების ფორმულები და დაასახელეთ ისინი.
3. რა მსგავსება და რა განსხვავებაა ბენზოლისა და ტოლუოლის თვისებებს შორის? გაეცით დასაბუთებული პასუხი.
4. შეადგინეთ ტოლუოლის ქანკვის რეაქციის ტოლობა ელექტრონული ბალანსის მეთოდით.
5. შეადარეთ ბენზოლისა და სტიროლის თვისებები. რა მსგავსება და რა განსხვავებაა მათ შორის მოლეკულის აღნაგობისა და ქიმიური თვისებების მიხედვით?
6. შეადგინეთ სტიროლის ჰომოლოგების ფორმულები და დაასახელეთ.
7. 10,6 გ ორთო-ქსილოლის დაწვით მიღებულ ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდი გაატარეს 80 გ 10% ნატრიუმჰიდროქსიდის ხსნარში. რა ნივთიერება წარმოიქმნება და რას უდრის მისი მასა?
8. რამდენი გრამი ტოლუოლი დაიხარჯება 118,5 გ ტრინიტროტოლუოლის მისაღებად, თუ რეაქციის პროდუქტის გამოსავლიანობა თეორიულის 80% შეადგენს?
9. რამდენი გრამი ნ-ჰეპტანი უნდა დაიხარჯოს ტოლუოლის მისაღებად, რომ გამოყოფილი წყალბადი (ნ. პ.) საკმარისი აღმოჩნდეს 81 გ ჰექსენ-1-ის ჰიდრირებისათვის. რამდენი გრამი ტოლუოლი წარმოიქმნება ამ დროს?
10. აღნაგობის ფორმულების მიხედვით იმსჯელეთ, შეიძლება თუ არა ქიმიური თვალსაზრისით ტოლფასოვნად ჩაითვალოს წყალბადის ატომები: ა) ბენზოლში, ბ) ეთილბენზოლში, გ) ბრომბენზოლში, დ) ნაფთალინში.
11. დაწერეთ ნაფთალინის რეაქცია გოგირდმეყვასთან. რამდენი იზომერული ნაფთალინსულფომეყავა წარმოიქმნება? რომელი იზომერი წარმოიქმნება უფრო რბილ პირობებში?
12. როგორ მივიღოთ ორთო-ქსილოლი 1-ქლორბუტანისა და საჭირო არაორგანული ნაერთებისაგან?
13. დაწერეთ ნაფთალინის ნიტრირების, სულფირების და ალკილირების რეაქციათა ტოლობები.

## §27. ბენზოლის ბირთვში ჩანაცვლების წესი

ბენზოლის ბირთვთან დაკავშირებული ერთი ჩამნაცვლებელიც კი (გაიხსენეთ ტოლუოლში მეთილის ჯგუფის ვალენა ბირთვზე) არღვევს  $\pi$ -სექსტეტის თანაბარ განაწილებას. ამის გამო იზრდება ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე ორთო- და პარა-მდებარეობაში ჩამნაცვლების მიმართ.

ამავე დროს ბენზოლის ბირთვში ჩანაცვლების რეაქციის განხილვისას დარწმუნდით, რომ ეს პროცესი მიმდინარეობს იონური მექანიზმით და ბენზოლის მოლეკულაზე იერიშს პირველ საფეხურზე იწყებს დადებითად დამუხტული ნაწილაკი-ელექტროფილი.

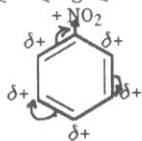
ცხადია, რომ ჩანაცვლებული ბენზოლის ბირთვის რეაქციისუნარიანობა ჩუნაცვლებელ ბენზოლთან შედარებით განსხვავებულია. ეს კარგად დასტურდება შემდეგი რეაქციებით:



1) ნიტრობენზოლში ბირთვის  $\pi$ -სექსტეტის განაწილება.

ცნობილია, რომ ნიტრო ჯგუფში აზოტის ატომი დამუხტულია დადებითად (გვ. 140) ადვილი წარმოსადგენია, რომ ასეთი აზოტის ატომი ბირთვთან დაკავშირებისას იზრდება  $\pi$ -სექსტეტს (მიზიდვა აღნიშნულია სწორი ისრით). აქ ვლინდება ნიტროჯგუფის ინდუქციური ეფექტი. ამის შედეგად ბირთვში ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე არაჩანაცვლებულ ბენზოლთან შედარებით მცირდება, და ყველა ნახშირბადატომთან ჩნდება  $\delta^+$  (ნაწილობრივი დადებითი მუხტი). ამავე დროს  $\pi$  სექსტეტის ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივის ნაწილობრივი გადაწევა ნიტრო ჯგუფისაკენ ძირითადად მიმდინარეობს სივრცეში ბენზოლის  $\pi$  ღრუბლის გასწვრივ (მეზომერული ეფექტი აღნიშნულია მოლუნული ისრებით).

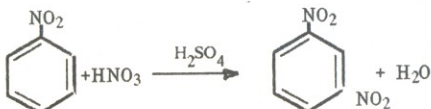
თუ გაიხსენებთ, რომ ისრის დაბოლოება ელექტროუარყოფითობის გადიდებას მიუთითებს, ადვილად დაასკვნით, რომ 2,4 და 6 მდებარეობებთან შედარებით 3 და 5 მდებარეობებში ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე იზრდება და შესაბამისად  $\delta^+$  მცირდება.



ბენზოლის და ნიტრობენზოლის ნიტრირება მიმდინარეობს სხვადასხვა პირობებში.

ბენზოლის ნიტრირებისას ნიტრობენზოლის გამოსავლიანობა 90%-ია. ნიტრირებისათვის იყენებენ 30%-იან აზოტმეჯავას და გოგირდმეჯავას ნარევეს, რომელსაც აცხელებენ  $50^{\circ}\text{C}$ -მდე. ნიტრობენზოლის ნიტრირება მიმდინარეობს ბევრად უფრო მკაცრ პირობებში. რეაქტივისათვის იყენებენ მხოლოე აზოტმეჯავას და სარეაქციო ნარევეს აცხელებენ  $110^{\circ}\text{C}$ -მდე. პროდუქტის გამოსავლიანობა არ აღემატება 70-80%-ს.

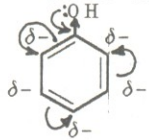
ამავე დროს, თუ გაიხსენებთ ზემოთ აღწერილი ნიტროჯგუფის გავლენას ბენზოლის ბირთვზე, გასაგები ხდება, რომ ძირითად პროდუქტს წარმოადგენს 1,3-დინიტრობენზოლი.



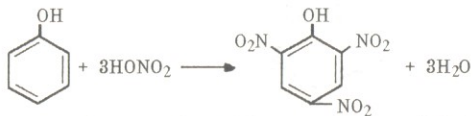
2) ჰიდროქსიბენზოლში (ფენოლში) ბირთვის  $\pi$ -სექსტეტის განაწილება.

ანალოგიურად განვიხილოთ ჰიდროქსილის ჯგუფის გავლენა ბენზოლის ბირთვზე. აქაც ვლინდება ინდუქციური ეფექტი. მაგრამ ჰიდროქსილის ჯგუფი ნიტროჯგუფისაგან მკვეთრად განსხვავდება იმით, რომ ჰიდროქსილის ფანგვადატომს აქვს ორი თავისუფალი ელექტრონული წყვილი. ეს ელექტრონული წყვილი შეუძლებს ბირთვის  $\pi$ -სექსტეტთან (მეზომერული ეფექტი). ამ შემთხვევაში მეზომერული ეფექტი უფრო ძლიერია ვიდრე ინდუქციური, რის შედეგადაც ბირთვის ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე არაჩანაცვლებულ ბენზოლთან შედარებით მკვეთრად იზრდება, და ყველა ნახშირბადატომთან ჩნდება  $\delta^-$  (ნაწილობრივი უარყოფითი მუხტი). ბირთვში ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივის ზრდასთან ერთად ყველა ნახშირბადატომის ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე არ იჩნება ერთნაირი. ეს, როგორც ნიტრობენზოლში, აქაც გამოწვეულია (ოღონდ საწინააღმდეგო მიმართულებით) სივრცეში  $\pi$ -ელექტრონული ღრუბლების გადაადგილებით (აღნიშნულია მოლუნული ისრებით).

ადვილად დავასკვნით, რომ 2,4,6-მდებარეობებში, 3 და 5 მდებარეობებთან შედარებით ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე მკვეთრად იზრდება.



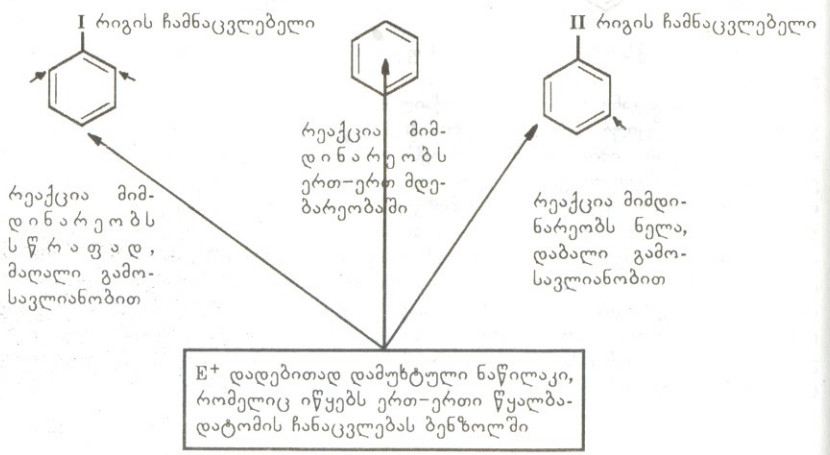
ექსპერიმენტიც ამას ადასტურებს. ფენოლის ნიტრირების რეაქცია მიმდინარეობს ბევრად უფრო რბილ პირობებში, ვიდრე ბენზოლის და, მით უმეტეს, ნიტრობენზოლის შემთხვევაში. რეაქციას ატარებენ განზავებული აზოტმკვავას გამოყენებით შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე. რეაქცია მიმდინარეობს უფრო სწრაფად, შედარებით უფრო მაღალი გამოსავლიანობითა და სამი წყალბადის ატომის ერთდროული ჩანაცვლებით 2,4,6- მდებარეობებში.



ამრიგად, განხილული მაგალითებიდან ნათლად ჩანს, რომ ჩანაცვლებული ბენზოლის ბირთვის რეაქციისუნარიანობა ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციებში არ არის ერთნაირი და ჩანაცვლების ბუნებითაა განპირობებული. ჩანაცვლებული, რომელიც ზრდის ბირთვის რეაქციისუნარიანობას, პირობითად განეკუთვნება **I რიგის ჩანაცვლებლებს**. ჩვენს შემთხვევაში ასეთია ჰიდროქსილის ჯგუფი. I რიგის ჩანაცვლებლებს მიეკუთვნება აგრეთვე მეთილის ჯგუფი და ამონოჯგუფი (გვ. 138). ტოლუოლის შემთხვევაშიც ჩანაცვლება ერთდროულად ხდება 2,4,6-მდებარეობაში (გვ. 75).

ჩანაცვლებული, რომელიც ამცირებს ბენზოლის ბირთვის რეაქციისუნარიანობას, პირობითად განეკუთვნება **II რიგის ჩანაცვლებლებს**. ჩვენს მაგალითში ასეთია ნიტროჯგუფი. ამ შემთხვევაში, როგორც წესი, ხდება მხოლოდ ერთი წყალბადატომის ჩანაცვლება 3-მდებარეობაში.

II რიგის ჩანაცვლებელს მიეკუთვნება, აგრეთვე, ჯგუფები: სულფოჯგუფი (გვ. 70), კარბონილი (გვ. 109), კარბოქსილი (გვ. 118).



ჩანაცვლების წესის გაცნობა პირველად გვაძლევს წარმოდგენას იმაზე, თუ როგორ შეიძლება წინასწარ განსაზღვრული აღნაგობისა და თვისებების ნივთიერების სინთეზის დაგეგმვა.



ბენზოლის ბირთვში ერთი ჩამნაცვლებელიც კი არღვევს  $\pi$  ელექტრონული ღრუბლის თანაბარ განაწილებას.

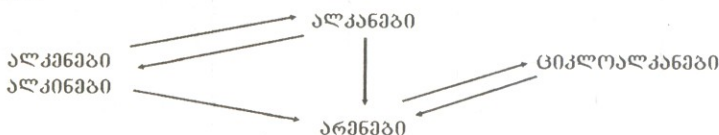
$\text{NO}_2$ -ჯგუფი ამცირებს ბენზოლის ბირთვის ელექტროუარყოფითობას და შესაბამისად ამცირებს მის რეაქციისუნარიანობას.

$\text{OH}$ -ჯგუფი ზრდის ბენზოლის ბირთვის ელექტროუარყოფითობას და შესაბამისად ზრდის მის რეაქციისუნარიანობას.

ჩამნაცვლებლის ბუნება დიდ გავლენას ახდენს ბენზოლის ბირთვის რეაქციისუნარიანობასა და შემაჯავლი ჩამნაცვლებლის ადვილმდებარეობაზე.

**§28. ნახშირწყალბადების კომპლექსური რიგვის შორის ურთიერთკავშირი და მათი შედარებითი დახასიათება**

ნახშირწყალბადების ქიმიური თვისებების შესწავლის შემდეგ შეიძლება დავასკვნათ, რომ მათ შორის ურთიერთკავშირი არსებობს, ხოლო შესაძლო ურთიერთგარდაქმნები შეიძლება შემდეგი სქემის მიხედვით განვახორციელოთ:



ქიმიური ხერხებით შეიძლება განხორციელდეს სხვა გარდაქმნებიც, რომლებიც სქემაზე ნაჩვენები არ არის. (შეადგინეთ მოცემული სქემის შესაბამისი რეაქციის ტოლობები, მიუთითეთ მათი ჩატარების პირობები).

ყველა შესწავლილი ნახშირწყალბადების კლასის შედარებითი აღნაგობა, ნომენკლატურა და მთავარი თვისებები მოყვანილია მე-5 ცხრილში.

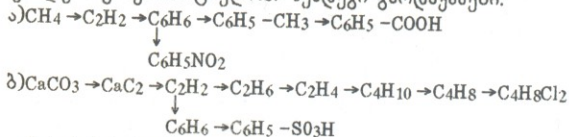
დასახელება	ზოგადი ცნებები						იზომერია			ქიმიური თვისებები					
	ზოგადი ფორმულა	დასახელების სუფიქსი	ჰიბრიდიზაციის სახე	ბმის სახე	ბმის სიგრძე, ნმ	ბმის კუთხე	ჩონჩხის	ჩამნაცვლ. მდებარეობის	გეომეტრიული	წვა	ჟანგვა	მიერთება	ჩანაცვლება	პოლიმერიზაცია	კრიკინგი
1. ალკანი (პარაფინი)	$C_nH_{2n+2}$	ან	$sp^3$	$\sigma$	0,154	109°28	+	+	-	+	-	-	+	-	+
2. ალკენი (ოლენინი)	$C_nH_{2n}$	ენ	$sp^2$	$\sigma, \pi$	0,134	120°	+	+	+	+	+	+	-	+	-
3. ალკინი	$C_nH_{2n-2}$	ინ	$sp$	$\sigma, \pi$	0,121	180°	+	+	-	+	+	+	+	+	-
4. ალკადიენი	$C_nH_{2n-2}$	დიენ	$sp^2$	$\sigma, \pi$	0,135 0,146	122°	+	+	*	+	+	+	-	+	-
5. ციკლური (ნაფთენი)	$C_nH_{2n}$ $C_nH_{2n-2}$	ან ენ	$sp^3$ $sp^2$	$\sigma$ $\sigma, \pi$	0,154 *	*	+	+	+ *	+	+	+ **	+	**	+
6. არენი (არომატული)	$C_nH_{2n-6}$	-	$sp^2$	$\sigma$ $\pi$ -სექსტეტბ	0,140	120°	+ ჩამნაცვლებლებში	+	-	+	-	+	+	-	-

\* - სირთულის გამო არ ისწავლება საშუალო სკოლაში  
 \*\* - დაკავშირებულია ციკლის ზომასთან

## საპარაზიოზები და ამოცანები



- მიუთითეთ რომელ ჰომოლოგიურ რიგს მიეკუთვნება შემდეგი ნახშირწყალბადები:  
 $C_6H_{10}$ ,  $C_6H_{14}$ ,  $C_6H_{12}$ ,  $(CH_3)_2C=CHCH_3$ ,  $C_6H_5-C_2H_5$ ,  $C_6H_5-C_2H_3$ ,  $C_{10}H_7-CH_3$ .
- როგორ შეიძლება განვახორციელოთ შემდეგი გარდაქმნები:



- შეადგინეთ შესაბამის რეაქციათა ტოლობები. მიუთითეთ მიმდინარეობის პირობები და დაასახელეთ მიღებული ნივთიერებები.
- საწყის ნივთიერებად აღებულია ნახშირბადი და წყალბადი. ამ ნივთიერებების გამოყენებით მიიღეთ ალკანები, ციკლოალკანები, ალკენები, ალკინები და არენები. შეადგინეთ შესაბამის რეაქციათა ტოლობები, მიუთითეთ რეაქციის მიმდინარეობის პირობები და საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით დაასახელეთ ისინი.
  - იზომერიის რა სახეობებს იცნობთ? მოიყვანეთ შესაბამისი მაგალითები.
  - დაწერეთ თქვენთვის ცნობილი ნახშირწყალბადების ჰომოლოგიური რიგების ზოგადი ფორმულები. რომელი ჰომოლოგიური რიგის ნივთიერებებია ერთმანეთის იზომერები?
  - როგორ მივიღოთ კალციუმის კარბონატისა და სხვა საჭირო არორგანული ნერთებისაგან: ა) ნიტრობენზოლი, ბ) 2-ნიტროტოლუოლი და 3-ნიტროტოლუოლი? ისარგებლეთ ორიენტაციის წესით.
  - დაწერეთ ხუთი ნახშირბადატომის შემცველი ალკენის და ალკინის მოლეკულური და სტრუქტურული ფორმულები, მათი იზომერები და დაასახელეთ ისინი.
  - დაწერეთ რვა ნახშირბადატომის შემცველი ციკლოალკენის და არენის მოლეკულური და სტრუქტურული ფორმულები, მათი იზომერები და დაასახელეთ ისინი.



**ნახშირწყალბადების ფუნქციური წარმოებულები**

ნახშირწყალბადის მოლეკულაში ერთი ან რამდენიმე წყალბადის ატომი შეიძლება ჩანაცვლებული იყოს ფუნქციური ჯგუფით. (გაიხსენეთ ფუნქციური ჯგუფის განმარტება, გვ. 14).

ფუნქციური ჯგუფი შეიძლება იყოს ატომი — მაგალითად, ჰალოგენი ან ატომთა ჯგუფი, რომელიც შეიცავს ჟანგბადის, აზოტის, გოგირდის, ფოსფორისა და სხვა ელემენტის ატომებს. ამიტომ არსებობს ჟანგბადშემცველი, აზოტშემცველი და სხვ. ფუნქციური ჯგუფები. ფუნქციური ჯგუფი განაპირობებს ნივთიერების თვისებებს, რითაც აიხსნება ორგანული ნაერთის თვისებების მრავალფეროვნება.

V თავი

**ჰალოგენშემცველი ორგანული ნაერთები**

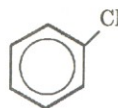
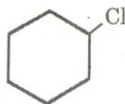
ნახშირწყალბადების ჰალოგენშემცველ ფუნქციურ წარმოებულებს მიეკუთვნება ფტორ-, ქლორ-, ბრომ- და იოდშემცველი ნაერთები. ამ ნაერთების ზოგადი თვისებები და თავისებურებანი განპირობებულია ჰალოგენატომის შემცველობით.

გაიხსენოთ, რომ ჰალოგენის ატომის გარე შრეზე სამი გაწყვილებული და ერთი გაუწყვილებელი ელექტრონია, რომელთა საშუალებით მყარდება კოვალენტური ბმა ორგანული ნაერთის რადიკალთან.

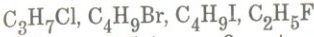
ჰალოგენშემცველი ორგანული ნაერთებიდან ყველაზე დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ქლორ- და ბრომშემცველ ნაერთებს (რატომ?).

**კლასიფიკაცია.** ნახშირწყალბადების ჰალოგენწარმოებულების თვისებები განპირობებულია:

ა) ნახშირწყალბადის რადიკალის ბუნებით. ნახშირწყალბადის რადიკალი შეიძლება იყოს ნაჭერი, უჯერი, ციკლური, არომატული.



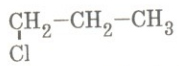
ბ) ჰალოგენის ბუნებით



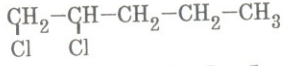
გ) ჰალოგენის ატომთა რაოდენობით



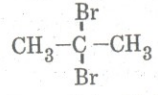
**ნომენკლატურა.** საერთაშორისო ნომენკლატურით ნახშირწყალბადის ჰალოგენწარმოებულის სახელწოდებაში პირველ ადგილზე იწერება შესაბამისი ჰალოგენის ადგილმდებარეობა (ციფრის ჩვენებით) და დასახელება. თვით ნახშირწყალბადის ნაშთი კი დასახელდება ცნობილი წესით.



1-ქლორპროპანი



1,2-დიქლორპენტანი



2,2-დიბრომპროპანი

**§29. ჰალოგენშემცველი ორგანული ნაერთების თვისებები**

**ფიზიკური თვისებები.** ნახშირწყალბადების ჰალოგენწარმოებულები წყალში უხსნადია. ბრომ- და პოლიქლორწარმოებულები წყალზე მძიმე ნივთიერებებია ( $\rho > 1$ ).

ჰალოგენწარმოებულებში კარგად იხსნება მრავალი ორგანული ნივთიერება, ამიტომ მათ იყენებენ ორგანულ გამხსნელებად. მეთანის ქლორ- და ბრომწარმოებულები დიქლორეთანი, ქლორბენზოლი და სხვა, ფართოდ გამოიყენება პლასტმასების, ბოჭკოების, წებოების, სამკურნალო პრეპარატების წარმოებაში; მეთანის ქლორ- და ფთორწარმოებულები გამოიყენება სამაცივრო საქმეში, ზოგიერთი დაბალმდულარე ჰალოგენწარმოებული (ქლოროფორმი, იოდოფორმი, დიქლორეთანი და სხვ.) – მედიცინაში, როგორც საანესტეზიო საშუალება. ოთხქლორიანი ნახშირბადი ( $CCl_4$ ) არ იწვის (რატომ?) და იყენებენ ცეცხლქრობად, აგრეთვე ორგანულ სინთეზში. ზოგიერთი ჰალოგენწარმოებული ცრემლდენას იწვევს, ამიტომ მათ „ლაკრიმატორებს“ (Lacrimose ცრემლი) უწოდებენ (დანართი 2 და 3).

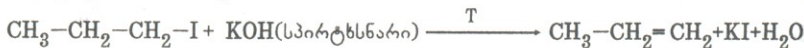
**ქიმიური თვისებები**

ნახშირწყალბადების ჰალოგენწარმოებულებში ჰალოგენი ადვილად ჩაინაცვლება სხვადასხვა ფუნქციური ჯგუფით, ამიტომ ისინი გამოიყენება ორგანულ სინთეზში.

წყლის მოქმედებით ტუტის თანაობისას ჰალოგენი ჩაინაცვლება ჰიდროქსილის ჯგუფით, რის შედეგად მიიღება სპირტი.



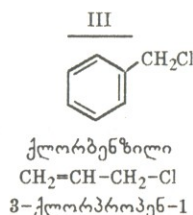
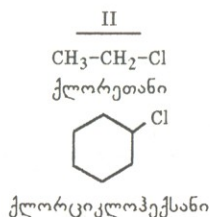
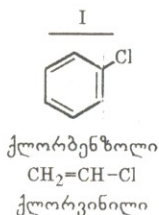
პირობების შეცვლა იწვევს ქიმიური რეაქციის სხვა მიმართულებით წარმართვას. ტუტის წყალხსნარის სპირტხსნარით შეცვლისას, რეაქციის ძირითადი პროდუქტი უჯერი ნახშირწყალბადია (რეაქციას ეწოდება მობილური ჩის ან ელიმინირების).



ნატრიუმის მოქმედებით ალკანები მიიღება (ვიურცის რეაქცია):



პალოვენწარმოებულები შეიძლება დაეყოთ სამ ჯგუფად მათი რეაქციისუნარიანობის მიხედვით. ქლორწარმოებულების რეაქციისუნარიანობა შედარებულია ჰიდროლიზის რეაქციების მიხედვით.



რეაქციისუნარიანობის ზრდა

როგორც მოცემული სქემიდან ჩანს, ქვეჯგუფებში გაერთიანებულია ნაერთები, რომლებიც აღნაგობითა და შესაბამისად, რეაქციისუნარიანობით მსგავსია.

ნორმალური რეაქციისუნარიანობის მქონე ნაერთებში (II) ქლორის ატომი მდებარეობს იმ ნახშირბადის ატომთან (ნახშირბადის ატომი  $\text{sp}^3$  ჰიბრიდიზაციის მდგომარეობაში), რომელიც სხვა ატომებთან დაკავშირებულია  $\sigma$ -ბმით.

ასეთი ნაერთების ჰიდროლიზი მიმდინარეობს ტუტის წყალხსნარში გაცხელებისას.

შემცირებული რეაქციისუნარიანობის ნაერთებში (I) ქლორის ატომი მდებარეობს იმ ნახშირბადის ატომთან (ნახშირბადის ატომი  $\text{sp}^2$  ჰიბრიდიზაციის მდგომარეობაშია), რომელიც სხვა ატომს უკავშირდება  $\pi$ -ბმით. ამ შემთხვევაში ქლორის განუყოფელი ელექტრონული წყვილი შეუღლებაში შედის  $\pi$ -ბმასთან, რაც ზრდის C-Cl ბმის სიმტკიცეს. ჰიდროლიზის რეაქცია მიმდინარეობს მაღალ ტემპერატურასა და წნევაზე.



მაღალი რეაქციისუნარიანობის მქონე ნაერთებში (III) განუყოფელი წყვილის შეუღლება  $\pi$ -დარუბელთან შეუღლებელია (შეუღლებას ხელს უშლის  $-\text{CH}_2$  ჯგუფი). ამ შემთხვევაში C-Cl ბმა შესუსტებულია და ჰიდროლიზის რეაქცია მიმდინარეობს დუღილის პირობებში ქარბი რაოდენობის წყალთან.





რეაქციისუნარიანობაზე აგრეთვე დიდ გავლენას ახდენს ჰალოგენის ბუნება. რეაქციისუნარიანობა მცირდება შემდეგ მწკრივში:  $\text{R-I} > \text{R-Br} > \text{R-Cl} > \text{R-F}$   
ახსენით რატომ? პასუხის გაცემისას შეგიძლიათ გამოიყენო დანართი №1, გვერდი 217.

**ჰალოგენწარმოებულების მიღება.** მიღების ძირითად ხერხებს ნახშირწყალბადების ქიმიური თვისებების შესწავლისას გაცევით.

ჰალოგენწარმოებულები ჩანაცვლების რეაქციით მიიღება. მაგალითად, ალკანებში ქლორით ჩანაცვლება მიმდინარეობს სინათლის ენერჯიის გამოყენებით ან მაღალ ტემპერატურაზე. რეაქცია რადიკალური მექანიზმით მიმდინარეობს (იხ. მეთანის ქლორირება, გვ. 29)

არომატული ნახშირწყალბადების ბრომირებისათვის საჭიროა კატალიზატორი. რეაქციის მექანიზმი იონურია (გვ. 40)

ჰალოგენწარმოებულები შეიძლება მივიღოთ მიერთების რეაქციით. მაგალითად, ალკენების ჰალოგენწყალბადებთან, ჰალოგენებთან (გვ. 70) ურთიერთმოქმედებით.


როგორც ვხედავთ, რეაქციის წარმართვისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მექანიზმის შესწავლას და ოპტიმალური პირობების შერჩევას. ამას ადასტურებს ჰალოგენის შეყვანა არომატულ ბირთვში. არსებობს არაპირდაპირი გზით ჰალოგენწარმოებულების მიღების სხვა ხერხებიც (გვ. 97).

ჰალოგენირება ჟანგვა-აღდგენითი პროცესია.

ჰალოგენწარმოებულებს ახასიათებს ჩანაცვლება და დეჰიდროჰალოგენირება.

### სავარჯიშოები და ამოცანები

1. ბრომი მეთანზე მოქმედებს ქლორის მსგავსად. შეადგინეთ მეთანის ბრომირების თანამიმდევრული რეაქციების ტოლობები და ახსენით რომელი მექანიზმით მიმდინარეობს ეს რეაქციები.
2. რით არის განპირობებული ნახშირწყალბადების ჰალოგენწარმოებულების თვისებები? დაასახელეთ სათანადო მაგალითები.
3. რა განაპირობებს ჰალოგენწარმოებულების ფართო გამოყენებას?
4. შეადგინეთ ბუტენისა და ქლორწყალბადის ურთიერთმოქმედების რეაქციის ტოლობა. განმარტეთ რეაქციის მექანიზმი. დაასახელეთ მიღებული ნივთიერება.
5. დაასახელეთ საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით შემდეგი ქლორწარმოებულები ა)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl}$  ბ)  $\text{CH}_3\text{-CHCl}_2$  გ)  $\text{CH}_2\text{Cl-CH}_2\text{Cl}$  დ)  $\text{CCl}_3\text{-CCl}_3$

- 
6. ტეტრაეთილტყვია (შიდაწვის თხევადი საწვავის ანტიდეტონატორი, მიიღება ქლორეთილზე ნატრიუმის ტყვიასთან შენადნობის ურთიერთქმედებით) დაწვავს შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.
  7. 3,5 გ ეთილენის რივის ნახშირწყალბადის სრული ბრომირებისათვის დაიხარჯა 20 გ ბრომი. რომელი ნახშირწყალბადი იყო აღებული?
  8. 15,9 გ ბენზოლზე ქლორის მოქმედებისას მიიღეს 28,4 გ ჰექსაქლორანი. თეორიულად შესაძლო გამოსავლიანობის რამდენ პროცენტს შეადგენს ჰექსაქლორანის ეს რაოდენობა?
  9. დაასაბუთეთ, რომ ეთილენის ბრომირება ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციაა.
  10. შეადარეთ ჩანაცვლების რეაქციებში ფთორ-, ქლორ-, ბრომ- და იოდეთანის რეაქციისუნარიანობა. ისარგებლეთ ცხრილით (დანართი 1).

## VI თავი

### ქანგბადშემცველი ორბანული ნაერთები

ნახშირწყალბადების ქანგბადშემცველ ფუნქციურ წარმოებულებს მიეკუთვნება: სპირტი, ალდეჰიდი, კეტონი, მჟავა, ეთერი.

ამ ნაერთების ზოგადი თვისებები და თავისებურებანი განპირობებულია ქანგბადატომის შემცველობით.

გავიხსენოთ, რომ ქანგბადის ატომის გარე ელექტრონულ შრეზე ორი შეწყვილებული s-ელექტრონი, ორი შეწყვილებული p-ელექტრონი და ორიც შეუწყვილებელი p ელექტრონია, რომლებიც ურთიერთპერპენდიკულარულ სიბრტყეშია განლაგებული. სწორედ ამ მიმართულებით წარმოქმნის ქანგბადის ატომი კოვალენტურ ბმებს სხვა ატომებთან. ქანგბადის ელექტრონული კონფიგურაციაა:  $1s^2 2s^2 2p^4$ ;

მიაქციეთ ყურადღება, რომ სპირტის მოლეკულაში ქანგბადატომს, ისევე როგორც წყლის მოლეკულაში, აქვს ორი განუყოფელი ელექტრონული წყვილი, რაც გავლენას ახდენს ამ კლასის ნაერთების თვისებებზე.

#### §30. ალკანოლები (სპირტები)

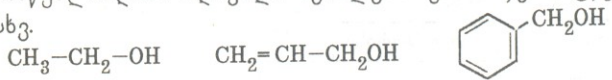
**სპირტების კლასიფიკაცია, ჰომოლოგიური რიგი, იზომერია, ნომენკლატურა.** სპირტები შეიძლება განვიხილოთ როგორც ნახშირწყალბადების წარმოებულები, რომელთა მოლეკულაში ერთი ან რამდენიმე წყალბადატომი ჩანაცვლებულია ჰიდროქსილის ( $-OH$ ) ჯგუფით. ჰიდროქსილი ატომთა ჯგუფია, რომელიც განპირობებს სპირტების ქიმიურ თვისებებს. ამიტომ მას ფუნქციური ჯგუფი ეწოდება.



სპირტების კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს:

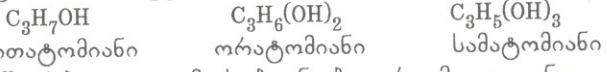
ა) ნახშირწყალბადის რადიკალის ბუნება.

ნახშირწყალბადის რადიკალი შეიძლება იყოს ნაჯერი, უჯერი, არომატული და სხვ.

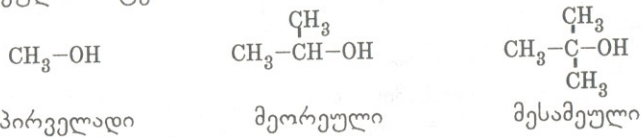


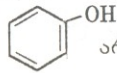
ნაჯერი სპირტი      უჯერი სპირტი      არომატული სპირტი

ბ) ჰიდროქსილის ჯგუფის რაოდენობა. არჩევენ ერთ- და მრავალატომიან სპირტებს.



გ) ნახშირბადატომის ბუნება, რომელთანაც დაკავშირებულია ჰიდროქსილის ჯგუფი. არჩევენ პირველად, მეორეულ და მესამეულ სპირტებს.



ფენოლი  არ მიეკუთვნება სპირტების კლასს.

ჰიდროქსილი OH სპირტების ფუნქციური ჯგუფია.

### §31. ნაჯერი ერთატომიანი სპირტები

თუ ალკანის მოლეკულაში ერთ წყალბადატომს ჩავანაცვლებთ ჰიდროქსილის ჯგუფით, მივიღებთ ნაჯერ ერთატომიან სპირტს.

**ჰომოლოგიური რიგი და ფიზიკური თვისებები.** ნაჯერი ერთატომიანი სპირტები წარმოქმნის ჰომოლოგიურ რიგს, რომელთა ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n+1}OH$  ან  $R-OH$ .

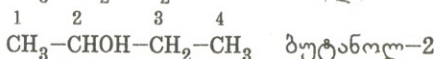
დააკვირდით ჰომოლოგიურ რიგს. დაცულია თუ არა ჰომოლოგიური სხვაობა?

როგორც მე-6 ცხრილიდან ჩანს, სპირტების პირველი წარმომადგენლები ( $C_9$ -მდე) სითხეებია. შემდეგი ჰომოლოგები მყარი ნივთიერებებია. პირვე-

ფორმულა R-OH	დასახელება		დუღილის ტემპ. (°C)	სიმკვრივე, ρ	ხსნადობა წყალში
	ისტორიული	საერთაშორისო			
CH <sub>3</sub> OH	მეთილის, ხის	მეთანოლი	64,7	0,791	∞
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	ეთილის, ღვინის	ეთანოლი	78,3	0,790	∞
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	პროპილის	პროპანოლ-1	97,2	0,803	∞
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	ბუტილის	ბუტანოლ-1	117,7	0,809	9გ /100გ
C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	ამილის	პენტანოლ-1	137,8	0,814	2,7გ /100გ
და ა. შ.					

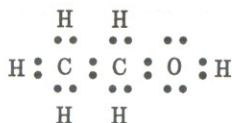
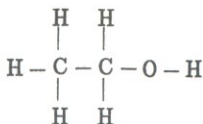
ლი სამი წარმომადგენელი (C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>-მდე) ნებისმიერი თანაფარდობით იხსნება წყალში. მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად სპირტების წყალში ხსნადობა თანდათან კლებულობს. როგორც წესი სპირტებს აქვს დამახასიათებელი სუნი. მათი სიმკვრივე ერთზე ნაკლებია (ρ<1).

**ნომენკლატურა.** საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით სპირტის სახელწოდება მიიღება შესაბამისი ნახშირწყალბადის სახელწოდებიდან დაბოლოება „ოლ“-ის დამატებით. ციფრით აღნიშნავენ იმ ნახშირბადატომს, რომელთანაც მიერთებულია ჰიდროქსილის ჯგუფი. ნახშირბადატომების დანომერას იწყებენ იმ ბოლოდან, რომელთანაც უფრო ახლოა ფუნქციური ჯგუფი.



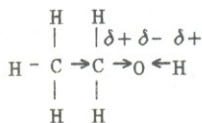
საერთაშორისო ნომენკლატურით სპირტების კლასის სახელწოდება ალკანოლები. მაგრამ დღემდე სარგებლობენ ისტორიული სახელწოდებებით, რომლებიც დაკავშირებულია რადიკალის სახელწოდებასთან, ან მათ ბუნებაში გავრცელებასთან. სპირტების ძველი ზოგადი სახელწოდება ალკოჰოლები.

**აღნაგობა.** სპირტების აღნაგობა შევისწავლოთ ეთილის სპირტის მაგალითზე. შევადგინოთ მისი სტრუქტურული და ელექტრონული ფორმულა:



როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, მოლეკულაში მხოლოდ σ-ბმებია.

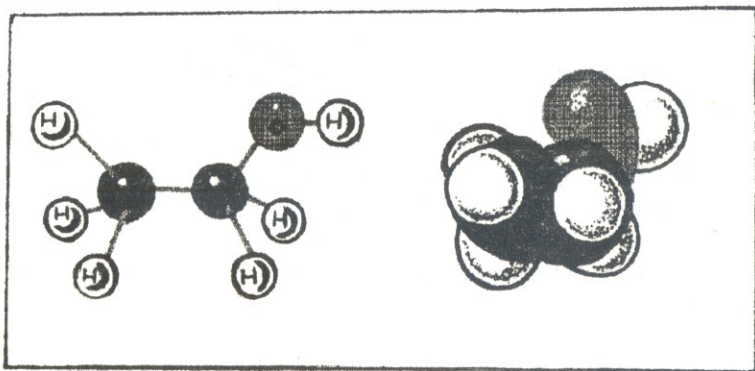
მაგრამ ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე თანაბრად არაა განაწილებული, როგორც ეს იყო ალკანების მოლეკულაში, რაც მოლეკულაში ჟანგბადატომის არსებობითაა განპირობებული. როგორც თქვენთვის ცნობილია, ჟანგბადი ძლიერ ელექტროუარყოფითი ელემენტია, ამიტომ (O-H) ბმის ელექტრონული სიმკვრივე ჟანგბადატომისაკენ მკვეთრადაა გადაწეული, რის გამოც წყალბადატომი მასთან შედარებით სუსტადაა ბმული. მოლეკულაში ელექტრონული სიმკვრივის გადაწევას ასე გამოსახავენ:



ჟანგბადატომზე ჩნდება ნაწილობრივ უარყოფითი (δ-), ხოლო წყალბად- და ნახშირბადატომზე - ნაწილობრივ დადებითი (δ+) მუხტი.

სპირტების მოლეკულები აგებულებით წყლის მოლეკულებს ჰგავს. კუთხე H - O - R 105°-ს უახლოვდება.

სპირტის მოლეკულაში ატომთა სივრცით განლაგებაზე წარმოდგენას იძლევა 22-ე სურათზე გამოსახული მოდელები.



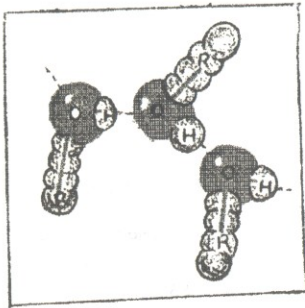
სურ. 22. ეთილის სპირტის მოლეკულის მოდელები

სპირტის მოლეკულების ასეთი აღნაგობა განაპირობებს მათ მრავალ ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებას.

როგორც ვნახეთ, სპირტის მოლეკულაში ნახშირწყალბადის რადიკალი, ჟანგბადატომი და წყალბადატომი ერთმანეთთან გარკვეული კუთხითაა დაკავშირებული.

სპირტის მოლეკულაში ჟანგბადის ატომს აქვს ელექტრონების ორი განუყოფელი წყვილი, რომლის ხარჯზე მას შეუძლია იმოქმედოს სპირტის მეორე მოლეკულის ჰიდროქსილის ჯგუფის წყალბადატომთან, რომელსაც ყველაზე მაღალი ნაწილობრივ დადებითი მუხტი (δ+) აქვს. გავიხსენოთ, რომ (O-H) ბმის ელექტრონული სიმკვრივე ჟანგბადისაკენაა გადაწეული.

ამიტომ სპირტის მოლეკულებს შორის მყარდება წყალბადური ბმე-  
ბი, რომლის სიმტკიცე ჩვეულებრივ კოვალენტურ ბმასთან შედარებით  
დაახლოებით 10-ჯერ სუსტია. მოლეკულებს შორის წყალბადური ბმის წერ-  
ტილებით აღნიშნავენ (სურ. 23).



სურ. 23. წყალბადური ბმა სპირტის მოლეკულებს შორის.

ამრიგად, სპირტში გვხვდება ასოციაცი-  
ბი და არა ცალკეული მოლეკულები, რაც განა-  
პირობებს სპირტების დუღილის მაღალ ტემ-  
პერატურას შესაბამის ალკანებთან და ჰალო-  
გენალკანებთან შედარებით. ჩვეულებრივ პი-  
რობებში ჰომოლოგიური რიგის პირველი  
ცხრა წარმომადგენელი თხევად მდგომარეო-  
ბაშია. წყალბადური ბმების არსებობით აიხ-  
სნება აგრეთვე სპირტების წყალში ხსნადობა  
და მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად  
ხსნადობის შემცირება.

რაც უფრო დიდია სპირტის მოლეკულაში  
ნახშირწყალბადის რადიკალი, მით უფრო  
უჭირს ჰიდროქსილის ჯგუფს მეორე მოლეკუ-  
ლის შეკავება ხსნარში წყალბადური ბმების წარმოქმნის ხარჯზე (გავიხსე-  
ნოთ, რომ ნახშირწყალბადები წყალში უხსნადია).

**იზომერია.** ნაჯერ ერთათომიან სპირტებს ახასიათებს როგორც ნახშირ-  
ბადოვანი ჩონჩხის, ისე ჰიდროქსილის ჯგუფის მდებარეობის იზომერია.  
მაგალითად, გამოვიყვანოთ ბუტანოლის ყველა შესაძლო იზომერის ფორ-  
მულა.

ჯერ დავწეროთ ნახშირბადოვანი ჩონჩხით გამოწვეული იზომერების  
ფორმულები:



ჰიდროქსილის ჯგუფის მდებარეობის მიხედვით ორივე ნახშირბადოვანი  
ჩონჩხისთვის კიდევ ორი იზომერული სპირტი არსებობს:



ზემოთ დასახელებული ბუტანოლის სტრუქტურული ფორმულების მი-  
ხედვით მოძებნეთ პირველადი, მეორეული და მესამეული სპირტები.

სპირტების დასახელებაში ვსარგებლობთ ნახშირწყალბადის სახელწოდებით და დაბოლოება „ოლ“-ით.

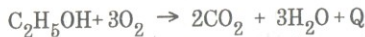
სპირტების მოლეკულები არსებობს ასოციაციების სახით.



### §32. სპირტების ქიმიური თვისებები

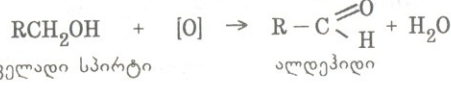
სპირტებს ახასიათებს წვა, ენგვა, რეაქციები O-H და C-O ბმის გაწყვეტის ხარჯზე.

**წვის რეაქცია.** სპირტები იწვის და დიდი რაოდენობით სითბოს გამოყოფს.



აღსანიშნავია, რომ მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად სპირტის წვისას ალის ნათება იზრდება. ასენით მიზეზი.

**ენგვის რეაქცია.** დაენგვის პროდუქტის ბუნება დაკავშირებულია სპირტის ბუნებასთან (მენგავი -  $KMnO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$  და სხვა).



მესამეული სპირტი მსგავს პირობებში არ იენგება.

**ალკოჰოლატების წარმოქმნა.** სპირტებს ახასიათებს რეაქცია ტუტე მეტალებთან. მაგალითად, ეთილის სპირტის მეტალურ ნატრიუმთან ურთიერთქმედებით მიიღება ნატრიუმეთილატი - ალკოჰოლატი და გამოიყოფა წყალბადი:



ნატრიუმეთილატი თეთრი ფერის, წყალსა და სპირტში ხსნადი ნივთიერებაა.

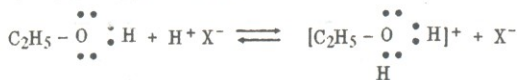
პროპილის სპირტისაგან კი მიიღება პროპილატი. შეადგინეთ ამ რეაქციის ტოლობა.

სპირტების მეტალებთან ურთიერთქმედება მიმდინარეობს O-H პოლარული ბმის იონური გაწყვეტით, რაც ასე შეიძლება გამოისახოს:

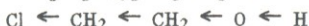


ამ რეაქციით დასტურდება სპირტის მეაფური ბუნება, მაგრამ სპირტი როგორც მეაფა, გაცილებით უფრო სუსტია, ვიდრე წყალი და იგი მეაფურ ბუნებას ამკლავებს მხოლოდ ძლიერი ტუტე თვისებების მქონე ნივთიერებებთან (მოცემულ მაგალითში Na-თან).

ნატრიუმჰიდროქსიდთან რეაქციისას კი წონასწორობა მკვეთრად მარცხნივად გადასრის.  $C_2H_5OH + NaOH \rightleftharpoons C_2H_5ONa + H_2O$ . რადგან წყალი, როგორც უფრო ძლიერი მჟავა, გამოაძეებს შედარებით სუსტ მჟავას (ეთილის სპირტს) მისი ალკოჰოლატის ჩსნარადან. აღსანიშნავია, რომ წყლის მსგავსად სპირტი ამფოტერული ბუნებისაა და ძლიერ მჟავებთან ამჟღავნებს ფუძე თვისებებს.



წარმოიქმნება ალკოქსონიუმის იონი. შედარებით იგი ჰიდროქსონიუმის იონს ( $H_3O^+$ ). სპირტის მჟავურობა (დისოციაციის ხარისხი) შეიძლება გავზარდოთ, თუ მოლეკულაში შევიყვანთ ისეთ ჩამნაცვლებელს, რომელიც თავისკენ მიიზიდავს ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივეს. მაგალითად, 2-ქლორეთანოლის დისოციაციის ხარისხი ეთანოლთან შედარებით რამდენჯერმე მეტია. ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივის გადაწევა სტრუქტურულ ფორმულაში ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



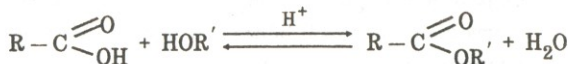
**რთული ეთერების წარმოქმნა.** სპირტები რეაქციაში შედის როგორც ორგანულ მჟავებთან, ისე არაორგანულ მჟავებთან და წარმოქმნის რთულ ეთერს. მაგალითად, აზოტმჟავასთან ეთილის სპირტის ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება აზოტმჟავაეთილეთერი.



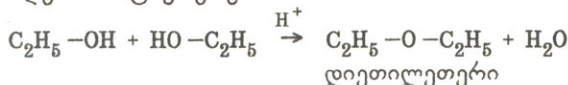
ეთილნიტრატი (აზოტმჟავაეთილეთერი)

მჟავების სპირტებთან ურთიერთმოქმედებას, რომლის შედეგად მიიღება რთული ეთერი, ეთერი ფიკაციის რეაქცია ეწოდება.

სპირტები წარმოქმნის რთულ ეთერებს ორგანულ მჟავებთანაც ( $R - C \begin{smallmatrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{smallmatrix}$ ). რეაქცია მიმდინარეობს არაორგანული მჟავას მონაწილეობით (გვ. 136)



**მარტივი ეთერების წარმოქმნა.** ეთილის სპირტის გაცხელებისას (კონცენტრირებული გოგირდმჟავას მცირე რაოდენობით არსებობისას არაუმეტეს  $140^\circ C$  -ზე) ხდება მოლეკულათა შორისი დეჰიდრატაცია, რომლის შედეგად მიიღება მარტივი ეთერი:



დიეთილეთერი მარტივი ეთერების ერთ-ერთი უმარტივესი წარმომადგენელია, იგი დამახასიათებელი სუნის, უფერო, დაბალმდულარე სითხეა. რადგანაც მისი დუღილის ტემპერატურა  $33^\circ C$  -ია, იგი ადამიანის სხეულის ზედაპირზე მოხვედრისას ადვილად ქროლდება (დუღს), რაც იწვევს ეთერით





დასველებული ადგილის გაცივებას. ამიტომ იყენებენ მას ადგილობრივი ანესთეზიისათვის.

მარტივი ეთერის ზოგადი ფორმულაა  $R-O-R$ , მარტივი ეთერი ორგანული ნივთიერებაა, რომლის მოლეკულა ჟანგბადის ატომით შეერთებული ნახშირწყალბადის ორი რადიკალისაგან შედგება.

თუ სხვადასხვა სპირტს ავიღებთ, მაშინ ასიმეტრიული აღნაგობის ეთერსაც მივიღებთ, მაგრამ შედარებით ნაკლები გამოსავლიანობით (რატომ?).

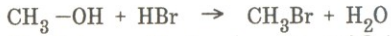
**შიდამოლეკულური დეჰიდრატაცია.** სპირტებს ახასიათებს შიდამოლეკულური დეჰიდრატაცია, რომელსაც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ლაბორატორიაში ამ მეთოდით ღებულობენ უჯერ ნახშირწყალბადებს (გვ. 54).

სპირტებს აგრეთვე ახასიათებს ერთდროული დეჰიდრატაცია და დეჰიდრირება. ამ ტიპის რეაქციას დიდი მნიშვნელობა აქვს კაუჩუკის წარმოებაში (გვ. 59).

**ჰალოგენალკანების წარმოქმნა.** სპირტები რეაქციაში შედის ჰალოგენწყალბადებთან. მაგალითად, თუ გავაცხელებთ ეთილის სპირტისა და ბრომწყალბადმქავეს ნარევეს (ბრომწყალბადის წარმოქმნისათვის იღებენ კალიუმბრომიდის ან ნატრიუმბრომიდისა და გოგირდმქავეს ნარევეს), მივიღებთ მძიმე სითხეს – ბრომეთანს (გვ. 215):



იგი მოგვავაგონებს არაორგანული ფუძეების რეაქციებს. მეთილის სპირტისაგან წარმოიქმნება ბრომმეთანი:



ამრიგად სპირტებს ახასიათებს რეაქცია  $O-H$  ბმის გახლეჩით (ალკოჰოლატების და რთული ეთერების მიღება), რეაქცია  $C-O$  ბმის გახლეჩით (ჰალოგენალკანების მიღება). მარტივი ეთერის წარმოქმნისას ხდება როგორც  $O-H$ , ისე  $C-O$  ბმის გახლეჩა.

**სპირტების რეაქციისუნარიანობა და ატომთა ურთიერთგავლენა.**

განხილული მაგალითებიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ სპირტები ხასიათდება მალალი რეაქციისუნარიანობით, მაგრამ აღსანიშნავია, რომ ჰომოლოგების და იზომერების რეაქციისუნარიანობა განსხვავებულია, რაც მოლეკულაში ატომების ურთიერთგავლენასთანაა დაკავშირებული. ნახშირწყალბადების რადიკალების ბუნებას დიდი გავლენა აქვს  $C-O$  და  $O-H$  ბმის სიმტკიცეზე. მოცემულ მე-7 ცხრილში ერთმაგზახიანი ისრებით აღნიშნულია ჟანგბადატომის გადიდებული ელექტროუარყოფითობის გავლენა მეზობელ ატომებზე, ხოლო ორმაგზახიანი ისრებით – შესაბამისად მეთილის რადიკალისა (გაიხსენეთ მარკოვნიკოვის წესი, ტოლუოლის და ბენზოლის რეაქციისუნარიანობა). დააკვირდით, რომელ შემთხვევაშია ისრების მიმართულება თანხედენილი და რომელში – არა.

სპირტი	მეავიანობა	ფუძიანობა	წარმოქმნა	
			RONa	RCl
$\text{H} \rightarrow \text{O} \leftarrow \text{H}$	↓	↑	↑	↓
$\text{CH}_3 \rightleftharpoons \text{O} \leftarrow \text{H}$ <p style="text-align: center;">პირველადი</p>				
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \downarrow \\ \text{HC} \rightleftharpoons \text{O} \leftarrow \text{H} \\ \uparrow \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p style="text-align: center;">მეორეული</p>				
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \downarrow \\ \text{CH}_3 \rightleftharpoons \text{C} \rightleftharpoons \text{O} \leftarrow \text{H} \\ \uparrow \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p style="text-align: center;">მესამეული</p>	მცირდება	მცირდება	რეაქცია ჩქარდება	რეაქცია ჩქარდება

სპირტების ძირითადი ქიმიური თვისებები.

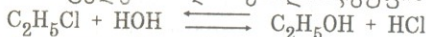
1. წვა და ჟანჯვა.
2. რეაქციები, რომლებიც O-H და C-O ბმების გაწვევების სარჯზე მიმდინარეობს (ალკოჰოლატების, მარტივი და რთული ეთერების, ჰალოგენალკილების წარმოქმნის რეაქციები).

მარტივი ეთერის ფუნქციური ჯგუფია -O-, რომელიც ორივე მხრიდან დაკავშირებულია ორგანულ რადიკალებთან.



სპირტი არის ნახშირწყალბადების ჰიდროქსილწარმოებული. სპირტი სილის ჯგუფის შეყვანა ორგანულ მოლეკულაში შეიძლება ძირითადად ორი მეთოდით:

ა) ალკანების ჰალოგენწარმოებულების ჰიდროლიზით გაცხელების პირობებში კატალიზატორის თანაობისას. ამ დროს ხდება ჰალოგენის ჩანაცვლება ჰიდროქსილის ჯგუფით.



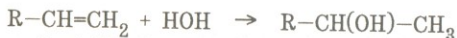
რეაქციას აქვს ზოგადი გამოყენება. ამ მეთოდით საწყისი ჰალოგენწარმოებულის შედგენილობასთან და აღნაგობასთან დაკავშირებით შესაძლებელია სპირტების ყველა ქვეკლასის მიღება:



ბ) ალკენების ჰიდრატაციით მინერალური მჟავას თანაობისას. რეაქცია მიმდინარეობს მაღალი ტემპერატურის და მაღალი წნევის ( $300^{\circ}C$ -მდე, 7-8 მგპა) პირობებში.



სხვა ჰომოლოგების გამოყენებისას წარმოიქმნება მეორეული და მესამეული სპირტები:



(გაიხსენეთ, რატომ არ წარმოიქმნება პირველადი სპირტი?)

ყველაზე დიდი გამოყენება აქვს **მეთანოლს** და **ეთანოლს**. არსებობს ამ სპირტების ბუნებრივი ნაერთები და ნიღბების კერძო მეთოდები.

ხის ნახერხის მშრალი გამოხდით სხვადასხვა ნაერთებთან ერთად დიდი რაოდენობით მიიღება მეთანოლი, რომლის გამოყოფაც გამოხდით ხდება.

შაქრის შემცველი წყალხსნარების დუღილით ფერმენტების თანაობისას იღებენ **სპირტს - რექტიფიკატს**, რომელიც 95% ეთანოლს შეიცავს (გვ 163).

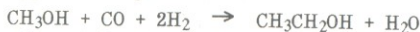
ხის მერქნის (ცელულოზის) ჰიდროლიზით მინერალური მჟავას თანაობისას იღებენ **ჰიდროლიზურ სპირტს**, რომელიც 70-80% ეთანოლს შეიცავს.

მეთანოლს და ეთანოლს იღებენ აგრეთვე არაორგანული ნაერთებიდან.

სინთეზ-აირისაგან (გვ. 53) მაღალი ტემპერატურისა და წნევის პირობებში მიიღება მეთანოლი:



ეთანოლს იღებენ მეთანოლის ურთიერთქმედებით სინთეზ-აირთან (მაღალი ტემპერატურის და წნევის პირობებში).



მეთანოლის და ეთანოლის მიღების ამ მეთოდებს პერსპექტიულ მეთოდებად ვაძლიან (რატომ?)

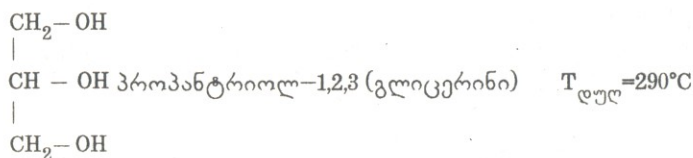
მეთანოლს იღებენ აგრეთვე მეთანის კატალიზური ჯანგვით.



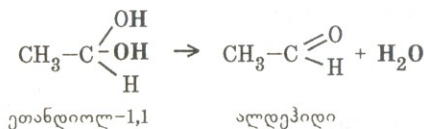
1. რით ახსნება სპირტის მოლეკულაში ჰიდროქსილის ჯგუფის წყალბადთან მიმდინარეობა? გაეცით დასაბუთებული პასუხი.
2. ახსენით წყალბადური ბმის წარმოქმნა სპირტის მოლეკულებს შორის და მისი გავლენა სპირტის თვისებებზე.
3. სპირტის დუღილის ტემპერატურა იზრდება მოლეკულაში ნახშირბადატომთა რიცხვის ზრდისა და მცირდება ნახშირბადოვანი ჩონჩხის განტოტვისას. ახსენით ეს კანონზომიერება.
4. რატომ აქვთ დუღილის სხვადასხვა ტემპერატურა იმ იზომერულ ნივთიერებებს, რომელთაც ერთი და იგივე  $C_2H_6O$  ფორმულა შეესაბამება?
5. რამდენ იზომერულ მესამეულ სპირტს აქვს შედგენილობა  $C_6H_{13}OH$ . შეადგინეთ ამ სპირტების სტრუქტურული ფორმულები და დაასახელეთ საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით.
6. დაწერეთ შემდეგი სპირტების სტრუქტურული ფორმულები ა) 3,4-დიმეთილ-2-ეთილპენტანოლ-1, ბ) 2,4-დიეთილჰექსანოლ-1, გ) 2,4-დიმეთილჰექსანოლ-2, დ) 4-მეთილ-3-ეთილჰექსენ-1-ოლ-3.
7. დაწერეთ რეაქციის ტოლობები, რომელთა საშუალებით შეიძლება განვხორციელოთ შემდეგი გარდაქმნები:
  - ა) პროპანოლ-1  $\rightarrow$  X  $\rightarrow$  პროპანოლ-2
  - ბ) ეთანოლი  $\rightarrow$  Y  $\rightarrow$  1,2-დიქლორეთანი
  - გ) 2-მეთილპროპანოლ-1  $\rightarrow$  Z  $\rightarrow$  მეთილპროპანოლ-2
 დაასახელეთ X, Y, და Z ნივთიერებები. უჩვენეთ რა პირობებში მიმდინარეობს რეაქცია.
8. სპირტების ფარდობითი მკვანინობა კლებულობს შემდეგი მიმდევრობით: 2-ფთორეთანოლი > 2-ქლორეთანოლი > მეთანოლი > პროპანოლი-2 > 2-მეთილბუტანოლი-2. როგორ შეიძლება აიხსნას ეს ელექტრონული თეორიის მეშვეობით?
9. ეთილისა და პროპილის სპირტებისა და კონცენტრირებული  $H_2SO_4$ -ის ნარევის გაცხელებისას წარმოიქმნა შერეული ეთილპროპილეთერი. შეადგინეთ ამ რეაქციის ტოლობა. კიდევ რომელი ეთერები შეიძლება წარმოიქმნას ამ დროს?
10. 1,15 გ სპირტის მეტალურ ნატრიუმთან ურთიერთმოქმედებისას გამოიყო 216 მლ წყალბადი (ნ.პ.). განსაზღვრეთ სპირტის მოლეკულური ფორმულა. დაწერეთ შესაძლო იზომერების სტრუქტურული ფორმულები.
11. 37 მლ ნაჯერი ერთატომიანი სპირტის ( $\rho=1,4$  გ/მლ) დეჰიდრატაციით მიიღეს 39,2 გ ალკენი. დაადგინეთ სპირტის ფორმულა.
12. დაასახელეთ საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით ყველა სპირტი, რომელიც მოცემულია 91 გვ-ზე.
13. დაწერეთ  $C_4H_8OH$ -ის სხვადასხვა სახის იზომერები და დაასახელეთ ისინი.
14. საჭიროა დამზადდეს 60გ 13,5%-იან ნატრიუმის ეთილატის ხსნარი ეთილის სპირტში. რომელი ნივთიერებები და რა რაოდენობით უნდა ავიღოთ ამისთვის?
15. დაადგინეთ ნაერთის აღნაგობა, თუ ცნობილია, რომ იგი ნელა შედის რეაქციაში მეტალურ Na-თან, არ იქანგება ნატრიუმის ბიკრომატით, კონცენტრირებულ  $HBr$ -თან სწრაფად შედის რეაქციაში შესაბამისი ალკილბრომიდის წარმოქმნით, რომლის მოლეკულური მასაა 161 და ბრომის შემცველობა 53%.
16. პოლოვინალკანები განლაგეთ მწკრივში მათი რეაქტიულობის მიხედვით ზრდის მიხედვით, რომელთა ჰიდროლიზით მიიღება შემდეგი სპირტები: ეთანოლი; 2-მეთილპროპანოლ-1; ბუტანოლ-2; 2-მეთილპროპანოლ-2.



ორატომიანი და სამატომიანი სპირტების ჰომოლოგიური რიგის წარმოდგენა:



აღსანიშნავია, რომ თუ ერთ ნახშირბადატომთან ორი ჰიდროქსილის ჯგუფია, ნაერთი არამდგრადია. ამ შემთხვევაში ხდება შიდამოლეკულური დეჰიდრატაცია.

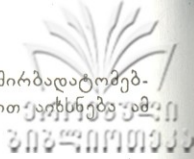


როგორც ხედავთ, დასახელების წესი იგივეა, რაც ერთატომიან სპირტებში. ემატება თავსართი დი- ან ტრი- და ყველა ჰიდროქსილის მდებარეობა აღინიშნება ციფრით.

აღსანიშნავია, რომ ეს სპირტები თვისებებით ჰგავს ერთატომიან სპირტებს, მაგრამ ახასიათებს განსხვავებული თვისებებიც.

ეთილენგლიკოლი და გლიცერინი მაღალმდუღარე სითხეებია, წყალში იხსნება ნებისმიერი თანაფარდობით. მათი სიმკვრივე  $\rho < 1$ . აქვთ ტკბილი გემო, რასთანაც დაკავშირებულია მათი ისტორიული სახელწოდებები. „გლიკოს“ – ტკბილი. გლიცერინი ოთახის ტემპერატურაზე ბლანტი სითხეა.

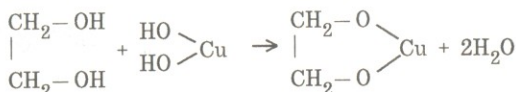
დაწერეთ შესაბამისი ალკოჰოლატების, მარტივი ეთერების, ჰალოგენ-წარმოებულების (მონო-, დი- და ტრიწარმოებულების) წარმოქმნის რეაქციის ტოლობები.



ამ სპირტების თავისებური თვისებები განპირობებულია მეზობელ ნახშირბადატომებთან დაკავშირებული ჰიდროქსილის ჯგუფების ურთიერთგავლენით. ამიტომ სპირტების მკაფიანობის გაზრდა ალკანოლებთან შედარებით.

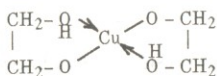
განვიხილოთ მათი ზოგიერთი ქიმიური თვისება, რომელსაც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს (დანართი 2 და 3).

ერთატომიანი სპირტებისაგან განსხვავებით ეთილენგლიკოლი ადვილად რეაგირებს ახლადდალექილ სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდთან, ხსნის მას და წარმოიქმნება კაჟკაჟა ლურჯი ფერის გამკვირვალე სპილენძის გლიკოლატის ხსნარი:

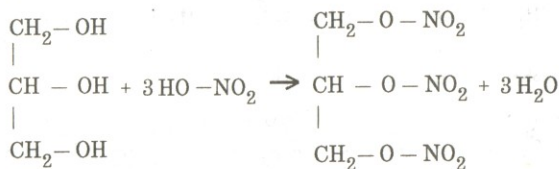


მსგავსად მიმდინარეობს რეაქცია გლიცერინთან. მრავალატომიანი სპირტებისათვის ეს თვისებები (აღმომჩენი) რეაქციაა.

სპილენძის გლიკოლატი რთული კომპლექსური ნაერთია, სადაც  $\text{O} \rightarrow \text{Cu}$  ბმა ნაჩვენებია ისრით, რაც იმაზე მიგვანიშნებს, რომ ბმა წარმოქმნილია დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით, სადაც ჟანგბადატომი ელექტრონების დონორია.



დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს გლიცერინის ურთიერთქმედებას აზოტმკაფასთან, რის შედეგად წარმოიქმნება ტრინიტროგლიცერინი<sup>1</sup>.



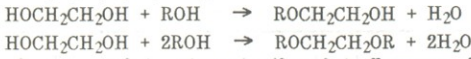
ტრინიტროგლიცერინი მძიმე ზეთისებრი, ძლიერ ფეთქებადი სითხეა (ფეთქდება მსუბუქი შერყევით ან გაცხელებით). არ ფეთქდება მისი სპირტხსნარი. ტრინიტროგლიცერინისა და ფხვნილისებური შემკვების (მაგალითად, თიხა) ნარევი დინამიტია (**ა. ნობელი**); ეს ნაერთი აგრეთვე გამოიყენება მედიცინაში (სისხლძარღვების გაფართოების საშუალებად).

გლიცერინი მაღალმოლეკულურ კარბონმკაფებთან წარმოქმნის რთულ ეთერებს - ცხიმებს (იხ. გვ. 173)

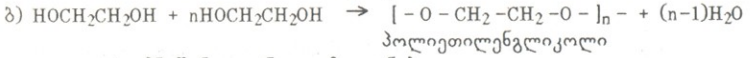
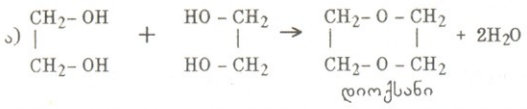
1 ტრინიტროგლიცერინის სწორი დასახელებაა გლიცერინის ტრინიტრატი.



თავისებურად მიმდინარეობს ორატომიანი სპირტებისაგან მარტივი ეთერების მიღება. ჩვეულებრივი მარტივი ეთერები წარმოიქმნება ეთილენგლიკოლის ურთიერთქმედებით ორატომიან სპირტთან (მეავე კატალიზატორი).



ეთილენგლიკოლის მოლეკულების ურთიერთქმედების შედეგად წარმოიქმნება სხვა სახის ეთერებიც. შესაძლებელია რეაქცია ორი მიმართულებით წარმართოს. ა) ციკლიზაციისა და ბ) მაღალმოლეკულური ნაერთის წარმოქმნით (პოლიკონდენსაციის რეაქცია, გვ 199).

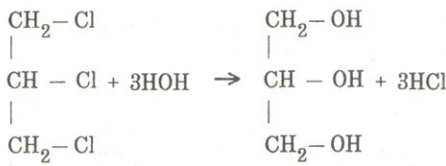
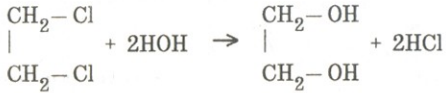


ყველა ეთერი მნიშვნელოვნად გამოიყენება. დიოქსანი ძალიან კარგი გამხსნელია (როგორც წყალში ხსნადი, ასევე უხსნადი ნაერთებისათვის).

სხვადასხვა მოლეკულური მასის (n=100,200,1000 და ა. შ.) პოლიეთილენგლიკოლი ფართოდ გამოიყენება, როგორც შთამნთქმელი ქრომატოგრაფიაში.

ქრომატოგრაფია ნაერთების დაყოფისა და მათგან სუფთა ინდივიდუალური ნაერთების მიღების თანამედროვე მეთოდია, რომელიც ნაერთების განსხვავებული აღსორბციისა და დესორბციის უნარს ეყრდნობა.

ორ და სამატომიანი სპირტების მიღების ზოგად მეთოდს წარმოადგენს შესაბამისი დი- და ტრიქლორალკანების ჰიდროლიზი:



ასეთი მეთოდით ლებულობენ სხვა ორ- და სამატომიან სპირტებს. მეთოდს დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგანაც საწყისი ნაერთები (ეთენი და პროპენი) ნავთობის გადამუშავების პროდუქტებია (გვ. 188). ორატომიან სპირტებს იღებენ ალკენების დაჟანგვითაც:



გლიცერინს დღემდე წარმოებაში იღებენ ცხიმების შესაპვნით (გვ. 174). ეთილენგლიკოლის წყალხსნარს ფართოდ იყენებენ, როგორც მაღალხარისხიან ანტიფრიზს; გლიცერინს იყენებენ კვების მრეწველობაში და

პარტიუმერიაში; ორივე სპირტს იყენებენ ფარმაკოპრეპარატების და მალამოლეკულური ნაერთების სინთეზში (დანართი 2 და 3).



ჰიდროქსილის ჯგუფის რაოდენობის გაზრდასთან ერთად სპირტების წყალში ხსნადობა იზრდება.

მრავალატომიანი სპირტების რეაქცია ახლად დალექილ  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ -თან მათი აღმომხენი რეაქციაა.

ტრინიტროვლიცერინი სამკურნალო საშუალება და ასევე თქვეული ნივთიერებაა.

ქრომატოგრაფია ნაერთების დაყოფის და მათგან სუფთა ინდივიდუალური ნაერთების მიღების თანამედროვე მეთოდია.

#### სავარჯიშოები და ამოცანები

1. რომელ ნაერთებს ეწოდება მრავალატომიანი სპირტი? რა განაპირობებს სპირტების ატომიანობას?
2. ერთატომიან სპირტებთან შედარებით მრავალატომიანი სპირტების მჟავიანობა გაზრდილია. როგორ ახსნით ამას ელექტრონული თეორიის თვალსაზრისით.
3. შეადგინეთ სტრუქტურული ფორმულები გლიკოლებისა, რომელთა მოლეკულური ფორმულაა  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$ . დაასახელეთ ისინი საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით.
4. როგორ განვასხვავოთ გლიცერინი ეთილის სპირტისაგან? დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.
5. რომელი სპირტი უფრო კარგად იხსნება წყალში: პენტანოლი, პენტანდიოლი თუ პენტანტრიოლი? მოგვეცით დასაბუთებული პასუხი.
6. დაწერეთ გლიცერინის შესაძლო იზომერები. რომელია მათ შორის მდგრადი ნაერთი?
7. ნავთობის მეორადი გადამუშავებით მიღებული ნახშირწყალბადებისა და საჭირო არაორგანული ნივთიერებების გამოყენებით მიიღეთ გლიცერინი და ეთილენგლიკოლი.
8. ტრინიტროვლიცერინის აფეთქებისას წარმოიქმნება ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდი, წყალი, თავისუფალი სახით აზოტი და ენგბადი. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა და გამოიანგარიშეთ 2,27 კგ ტრინიტროვლიცერინის აფეთქებისას რა მოცულობას დაიკვებს გამოყოფილი აირები (ნ. პ.)?



### §35. ფენოლები



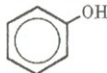
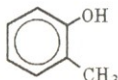
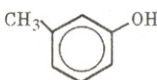
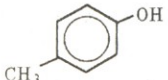
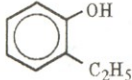
განვიხილოთ არომატული ნახშირწყალბადების ჰიდროქსიწარმოებულები, რომლებშიც ჰიდროქსილის ჯგუფი უშუალოდ უკავშირდება ბენზოლის ბრთვს, რაც მკვეთრად ცვლის როგორც ბენზოლის ბირთვის, ასევე ჰიდროქსილის ჯგუფის თვისებებს. ამიტომ ამ ორგანულ ნაერთებს ცალკე კლასად გამოყოფენ და მათ ფენოლებს უწოდებენ.

უმარტივესი წარმომადგენელია ფენოლი  $C_6H_5OH$ . ჰიდროქსილის ჯგუფი შეიძლება იყოს რამოდენიმე, რაც განსაზღვრავს ამ ნაერთების ატომიანობას.

განვიხილოთ ერთატომიანი ფენოლების ჰომოლოგიური რიგი.

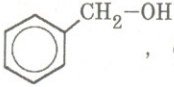
ცხრილი №8

ფენოლების ჰომოლოგიური რიგი და თვისებები

ფორმულა	დასახელება	T <sub>ღვ</sub> , °C	T <sub>დ.</sub> , °C	ხსნადობა
	ფენოლი ჰიდროქსიბენზოლი	181,8	40,8	წყალი (საშუალოდ), კარგად: ეთანოლი, აცეტონი, ბენზოლი
	ორთო-მეთილფენოლი (ო-კრეზოლი)	191,0	30,9	კარგად: ეთანოლი, ეთერი, ბენზოლი
	მეტა-მეთილფენოლი (მ-კრეზოლი)	202,2	11,5	კარგად: ეთანოლი; იხ- სნება ცხ. წყალი
	პარა-მეთილფენოლი (პ-კრეზოლი)	201,9	34,8	კარგად: ბენზოლი; იხ- სნება ცხ. წყალი
	ორთო-ეთილფენოლი	207,0	-	კარგად: ეთანოლი, ეთერი, ბენზოლი


**ფენოლის ფიზიკური თვისებები.** ფენოლი უფერო, დამახასიათებელი სუნის კრისტალური ნივთიერებაა. ჰაერზე ნაწილობრივ იყვანება, რის გამოც იგი ვარდისფერი ხდება და შემდგომ მისი ფერი თანდათან მუქდება. წყალში საშუალოდ ხსნადია, ადვილდნობადია.

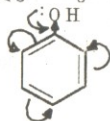
როგორც ვხედავთ ფენოლების ჰომოლოგიურ რიგში (ცხრილი №8) და-  
ცულია ჰომოლოგიური სხვაობა, მაგრამ ჰიდროქსილის ჯგუფი ბენზოლის  
ბირთვთან უშუალოდ უნდა იყოს დაკავშირებული. ამიტომ ბენზოლის

სპირტი  , რომელიც ფენოლისაგან აგრეთვე განსხვავდება  $\text{CH}_2$

ჯგუფით, არ მიეკუთვნება ფენოლების ჰომოლოგიურ რიგს.

ისმის კითხვა, რა გავლენას ახდენს ჰიდროქსილის ჯგუფის უშუალო და-  
კავშირება ბენზოლის ბირთვთან ამ ნაერთების რეაქციისუნარიანობაზე  
რის გამოც ცალკე კლასადაა გამოყოფილი?

**ფენოლის აღნაგობა.** თქვენთვის უკვე ცნობილია, რომ ბენზოლის ბირთვში ელექტრო-  
ნული ღრუბლის სიმკვრივე თანაბრადაა გადანაწილებული. იგი ნებისმიერი ჩამნაცვლებ-  
ლის გავლენით ადვილად ირღვევა. ფენოლის შემთხვევაში ჩამნაცვლებელი ჰიდროქსილის  
ჯგუფია. ჰიდროქსილის ჯგუფის ეანგბადის ატომის თავისუფალი p ელექტრონული  
წყვილი უღლდება ბენზოლის ბირთვის  $\pi$ -სექსტეტთან (გავიხსენოთ, რომ მას ბლითის  
ფორმა აქვს), ცვლის მის ფორმას, რის შედეგადაც მიიღება „ჩოგანის“ ფორმის ელექტრო-  
ნული ღრუბელი  . ბენზოლთან შედარებით ფენოლში იზრდება ბირთვში ელექ-  
ტრონული ღრუბლის სიმკვრივე. ელექტრონული სიმკვრივე განსაკუთრებით იზრდება  
ორთო- და პარა- ანუ 2,4,6 მდგომარეობაში, რაც შემდეგნაირად შეიძლება გამოვსახოთ.



შესაბამისად იზრდება ჰიდროქსილის ჯგუფში O-H ბმის პოლარობა. ამიტომ ფენოლი  
სუსტი მჟავაა. ყოველივე ეს განაპირობებს ფენოლის თავისებურებას, რაც განასხვავებ მას  
სპირტებისაგან.

ბენზოლის სპირტშიც ვაკვს ჰიდროქსილის ჯგუფი და არომატული ბირთვი, მაგრამ  
მათ შორის არსებული  $\text{CH}_2$  ჯგუფი ხელს უშლის (როგორც მექანიკური ტიხარი),  
ეანგბადატომის თავისუფალი p ელექტრონულ წყვილის ბენზოლის ბირთვის  $\pi$ -სექსტეტ-  
თან შეუღლებას. ამიტომ ბენზოლის სპირტი მიეკუთვნება არომატული სპირტების რიგს.

**ქიმიური თვისებები.** ფენოლს ახასიათებს ჰიდროქსილის ჯგუფისა და  
არომატული ბირთვისათვის დამახასიათებელი რეაქციები.

რეაქციები ჰიდროქსილის ჯგუფის ხარჯზე.

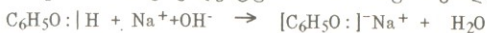
ფენოლები, ერთატომიანი სპირტების მსგავსად, რეაქციაში შედის ტუტე  
მეტალებთან, რის შედეგად - ფენოლატები წარმოიქმნება:



მაგრამ ერთატომიანი სპირტებისაგან განსხვავებით მათ ახასიათებს ტუ-  
ტესთან რეაქცია, რაც მათი მჟავური ბუნებითაა განპირობებული:

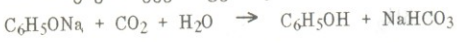


ეს რეაქცია მიმდინარეობს O-H კოვალენტური ბმის იონური გახლეჩით:





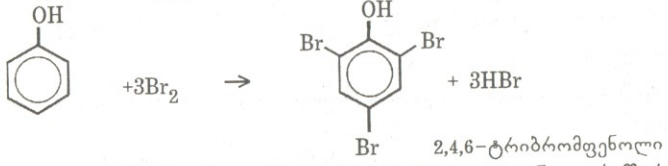
ამ რეაქციით მტკიცდება ფენოლის მკაფური ბუნება. მისი დისოციაციის ხარისხი წყლისა და ერთატომიანი სპირტების დისოციაციის ხარისხზე მეტია, მას აგრეთვე კარბოლმეჟასაც უწოდებენ. მაგრამ ფენოლი უფრო სუსტი მჟავაა, ვიდრე ნახშირმჟავა. ეს ვლინდება ფენოლატის წყალხსნარზე ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდის მოქმედებისას. ამ რეაქციისას ნახშირმჟავა აძევებს ფენოლს მისი მარილიდან:



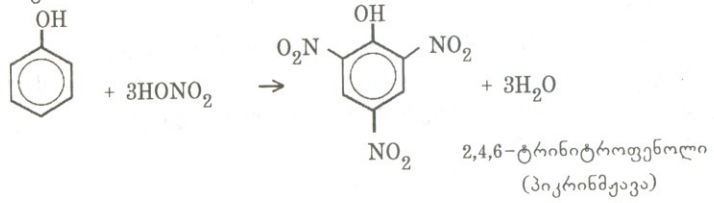
**რეაქციები ბენზოლის ბირთვის ხარჯზე<sup>1</sup>.**

ფენოლში არომატული ბირთვის ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე არაჩანაცვლებულ ბენზოლთან შედარებით გაცილებით მეტია. ამასთან დაკავშირებით ჩანაცვლების რეაქციები, რომლებიც არომატულ ბირთვთან ელექტროფილური ნაწილაკების მოქმედებით მიმდინარეობს, ფენოლის შემთხვევაში უფრო ენერგიულად წარმართება. ბენზოლთან შედარებით რეაქცია უფრო რბილ პირობებში მიმდინარეობს და ჩანაცვლება ხდება არა ერთ, არამედ, როგორც წესი, ერთდროულად სამ ნახშირბადატომთან. აღსანიშნავია, რომ ჩანაცვლება მიმართულია 2,4,6 მდგომარეობაში (იქ, სადაც გაზრდილია ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე).

რეაქცია ბრომიან წყალთან. ფენოლის ხსნარს თუ დავამატებთ ბრომიან წყალს, შევამჩნევთ, რომ ხსნარი გაუფერულდება და წარმოიქმნება თეთრი ფერის ნალექი (ალმომჩენი რეაქცია).



რეაქცია აზოტმჟავასთან 2,4,6-ტრინიტროფენოლის წარმოქმნით მიმდინარეობს

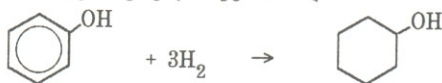


მსგავსი რეაქციაა გოგირდმჟავასთან.

ზემოთ განხილული რეაქციები – ფენოლის ურთიერთმოქმედება ნატრიუმის ტუტესთან, ბრომთან და აზოტმჟავასთან ადასტურებს ჰიდროქსილის ჯგუფის და ბენზოლის ბირთვის ურთიერთგავლენას.

<sup>1</sup> ამ თავის დამუშავებისას ისარგებლეთ ჩანაცვლების წესით (გვ. 80).

ფენოლს ბენზოლის ბირთვის ხარჯზე მიერთების რეაქციებიც ახასიათებს. მაგალითად, წყალბადთან რეაგირებს კატალიზატორის (Ni) თანაობისას და მიიღება ციკლოჰექსანოლი:



ფენოლის თვისებების განხილვისას ნათლად ჩანს, რომ მას ახასიათებს ტიპური არომატული ბუნება; ამავე დროს განხილული რეაქციების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ფუნქციური ჯგუფის და ბირთვის რეაქციისუნარიანობა დაკავშირებულია არა მარტო მათ ინდივიდუალურ თვისებებთან, არამედ მათ ურთიერთგავლენასთანაც. გაიხსენეთ ტოლუოლის მოლეკულაში მეთილისა და ფენილის რადიკალების ურთიერთგავლენა (გვ. 75).

**ფენოლის მიღება.** მრეწველობაში ფენოლს ღებულობენ ქვანახშირის ფისისაგან (გვ. 191). ეს მეთოდი ვერ აკმაყოფილებს ფენოლზე გაზრდილ მოთხოვნილებას. ფენოლი დიდი რაოდენობით მიიღება ქლორბენზოლისაგან სინთეზური გზით, რომელიც ემყარება ქლორის ჩანაცვლებას ჰიდროქსილის ჯგუფით (გვ. 88).

ჰიდროქსილის ჯგუფი შევიძლია შევიყვანოთ არომატულ ბირთვში სულფოჯგუფის ჩანაცვლებით.

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{H} \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} \xrightarrow{\text{HCl}} \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$$

ფენოლატის მიღება მიმდინარეობს მკაცრ პირობებში (მყარი ნაერთების შეცხოვით 300-400°C-ზე), ხოლო სუფთა ფენოლს კი ღებულობენ ფენოლატის ხსნარში CO<sub>2</sub>-ის გატარებით.

ფენოლი და მისი წარმოებულები ფართოდ გამოიყენება მრავალი ფარმაკოპრეპარატის, სინთეზური საღებრის, შხამქიმიკატისა და მაღალმოლეკულური ნაერთების წარმოებაში. მას აგრეთვე იყენებენ როგორც საღებზინფექციო პრეპარატს.

ფენოლები სუსტი მჟავებია.

ბენზოლის ბირთვთან დაკავშირებული ჰიდროქსილის ჯგუფი სრდის მის რეაქციისუნარიანობას.

ციკლოჰექსანოლი ტიპური სპირტია.



1. რამდენი იზომერი შეესაბამება: ა) ორატომიან ფენოლს? ბ) მეთილფენოლს? შეადგინეთ შესაბამისი ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები.
2. რითაა გამოწვეული, რომ ფენოლი და მისი ჰომოლოგები გამოყოფილია სპირტების კლასისაგან?
3. ფენოლის კრისტალური მდგომარეობა განპირობებულია წყალბადური ბმებით, რომლებიც მის მოლეკულებს შორის მყარდება. როგორია ამ ბმათა ფარდობითი სიმტკიცე ერთატომიან სპირტებში არსებული წყალბადურ ბმებთან შედარებით?
4. როგორ რეაგირებს 3-მეთილფენოლი და ბენზოლის სპირტი შემდეგ ნივთიერებებთან: ა) ნატრიუმის ტუტის წყალხსნართან, ბ) მეტალურ ნატრიუმთან. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები.
5. ფენოლი გახსნეს ეთილის სპირტში და „დაამუშავეს“ მეტალური ნატრიუმით. გამოიყო 6,72 ლ აირი (ნ.პ.), ხოლო ასეთივე რაოდენობის ნარევის ბრომიანი წყლით დამუშავებისას, გამოიყო 16,51 გ ნალექი. განსაზღვრეთ ფენოლის სპირტხსნარში საწყისი ნივთიერებების მასა.
6. ფენოლი შეიძლება მივიღოთ ბენზოლისაგან თანამიმდევრული გარდაქმნის გზით. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციების ტოლობები.
7. მიიღეთ ბენზოლისაგან შემდეგი ორატომიანი ფენოლები: 1,2- და 1,3- დიჰიდროქსიბენზოლი (გამოიყენეთ არომატულ ბირთვში ჩანაცვლების წესი).

§36. ალდეჰიდები და კეტონები

ალდეჰიდები და კეტონები ჟანგბადშემცველი ორგანული ნივთიერებების მნიშვნელოვანი წარმომადგენლებია. თქვენთვის უკვე ცნობილია, რომ სპირტები ნახშირწყალბადების დაჟანგვის პროდუქტებია. ალდეჰიდები და კეტონები კი სპირტების შემდგომი დაჟანგვის პროდუქტს წარმოადგენს. ამ ნივთიერებათა თვისებებს განაპირობებს ატომთა ჯგუფი  $C=O$ , რომელსაც კარბონილის ფუნქციური ჯგუფი ეწოდება.

**ჰომოლოგიური რიგი. ფიზიკური თვისებები.** ალდეჰიდების ჰომოლოგიური რიგის პირველი წარმომადგენელია ჰიანჰველალდეჰიდი, რომლის მოლეკულური ფორმულაა  $CH_2O$ , სტრუქტურული  $H-C \begin{matrix} \parallel \\ O \\ \backslash \\ H \end{matrix}$  შემდეგი ძმა-

რალდეჰიდია  $CH_3-C \begin{matrix} \parallel \\ O \\ \backslash \\ H \end{matrix}$  და ა. შ.

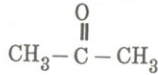
ალდეჰიდები ეწოდება ისეთ ორგანულ ნივთიერებებს, რომელთა მოლეკულაში ნახშირწყალბადის რადიკალი შეერთებულია ატომთა ფუნქციურ ჯგუფთან  $-C \begin{matrix} \parallel \\ O \\ \backslash \\ H \end{matrix}$  ( $-CHO$ ) გამონაკლისია ჰიანჰველმჟავა ალდეჰიდი.

ალდეჰიდების ზოგადი ფორმულაა  $R-C \begin{matrix} \parallel \\ O \\ \backslash \\ H \end{matrix}$ .

ალდეჰიდებში  $>C=O$  კარბონილის ფუნქციური ჯგუფი ერთი ბმით უკავშირდება ნახშირწყალბადის რადიკალს (ან წყალბადატომს), მეორე ერთ-წყალბადატომს.

კეტონებში კარბონილის ფუნქციური ჯგუფი დაკავშირებულია ნახშირწყალბადის ორ რადიკალთან. მათი ზოგადი ფორმულაა  $R-C \begin{matrix} \text{=O} \\ \text{-R} \end{matrix}$

კეტონების უმარტივესი წარმომადგენელია დიმეთილკეტონი (აცეტონი)



ცნობილია აგრეთვე არომატული ალდეჰიდები და კეტონები, რომლებიც შეიცავს არომატული ნახშირწყალბადის რადიკალს - ფენილს. მაგალითად, ბენზოჰეპენას ალდეჰიდი ან ბენზალდეჰიდი  $C_6H_5-C \begin{matrix} \text{=O} \\ \text{-H} \end{matrix}$  დიფენილკეტონი  $C_6H_5 \begin{matrix} \text{ } \\ \text{ } \end{matrix} C=O$  და ა. შ. ნახშირწყალბადის რადიკალი შეიძლება იყოს უჯერი.

ნაწერი ალდეჰიდების და კეტონების ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n}O$ .

(ცხრილი №9)

ალდეჰიდების და კეტონების კომოლოგიური რივი და თვისებები<sup>1</sup>

სტრუქტურული ფორმულა	სახელწოდება		დუღილის ტემპ. °C
	ისტორიული	საერთაშორისო	
<b>ა ლ დ ე ჰ ი დ ი</b>			
H-CHO	ჰიანჰეელას (ფორმალდეჰიდი <sup>1</sup> )	მეთანალი	-21,2
CH <sub>3</sub> -CHO	ძმრის (აცეტალდეჰიდი)	ეთანალი	+20,2
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CHO	პროპიონის	პროპანალი	+48,8
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CHO	ერბოს	ბუტანალი	+74,7
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CHO	ვალერიანის	პენტანალი	+64,0
<b>კ ე ტ ო ნ ი</b>			
CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>3</sub>	დიმეთილკეტონი (აცეტონი)	პროპანონი	+56,5
CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	მეთილეთილკეტონი	ბუტანონ-2	+79,6
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	დიეთილკეტონი	პენტანონ-3	+100,9

ალდეჰიდების პირველი წარმომადგენელი აირია, შემდეგი - სითხეები (ცხრილი №9). უმაღლესი ალდეჰიდები მყარი ნივთიერებებია.

კეტონების პირველი წარმომადგენლები სითხეებია, მაღალი რივისა კი მყარი ნივთიერებებია. ალდეჰიდებისა და კეტონების ფიზიკურ თვისებებს ძირითადად განაპირობებს

<sup>1</sup> ფორმალდეჰიდის 40%-იანი წყალხსნარი ცნობილია ფორმალინის სახელწოდებით



კარბონილის ფუნქციური ჯგუფის ძლიერი პოლარობა, რის გამოც მათი პირველი წარმომადგენლები წყალში კარგად იხსნება, რასაც წყლის მოლეკულებთან წყალბადური ბმების წარმოქმნა განაპირობებს. დულილის ტემპერატურა შესაბამის ალკანებთან შედარებით უფრო მაღალია, სპირტებთან შედარებით კი - დაბალი. ეს აიხსნება იმით, რომ კეტონებში და ალდეჰიდებში ასოცირებული მოლეკულები არ არის (რატომ?).  
 ალდეჰიდებსა და კეტონებში ნახშირწყალბადის ჯაჭვის ზრდასთან ერთად სუნი სასიამოვნო ხდება, მოგვაგონებს ყვავილების სურნელებას.

**ნომენკლატურა.** ალდეჰიდების დაქანგვით მუკავები მიიღება. ამასთან დაკავშირებით ალდეჰიდების სახელწოდება, როგორც წესი, წარმოდგება შესაბამისი მუკავას სახელწოდებიდან. მაგალითად, ჭიანჭველალდეჰიდი (ფორმალდეჰიდი), რომლის დაქანგვით ჭიანჭველმუკავა მიიღება (ჭიანჭველას ლათინური სახელწოდებაა formica). ძმარალდეჰიდის სახელწოდება (მას აცეტალდეჰიდსაც უწოდებენ) ძმარმუკავასთანაა დაკავშირებული.

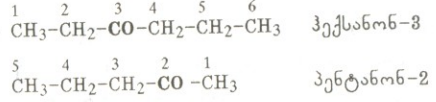
ალდეჰიდების სახელწოდება საერთაშორისო ნომენკლატურით იწარმოება შესაბამისი ალკანის სახელწოდებაზე დაბოლოება „ალ“-ის დამატებით. მაგალითად  $H-C \begin{matrix} \text{=} O \\ \text{<} H \end{matrix}$  მეთანალი,  $CH_3-C \begin{matrix} \text{=} O \\ \text{<} H \end{matrix}$  ეთანალი და ა. შ.

კეტონების სახელწოდება წარმოდგება შესაბამისი ალკანის სახელწოდებაზე დაბოლოება „ონ“-ის დამატებით. მაგალითად,  $CH_3-C \begin{matrix} O \\ || \\ - CH_3 \end{matrix}$  პროპანონი და ა. შ.

კარბონილური ნახშირბადატომი შედის გრძელი ჯაჭვის ნუმერაციაში. ნახშირბადატომების დანომერას იწყებენ იმ ნახშირბადატომიდან, რომელიც მონაწილეობს კარბონილის ფუნქციური ჯგუფის წარმოქმნაში.

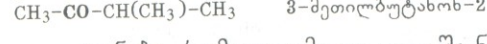


კეტონებში ნახშირბადატომების დანომერას იწყებენ იმ ბოლოდან, საიდანაც უფრო ახლოსაა კარბონილის ფუნქციური ჯგუფი:



**იზომერია.** ალდეჰიდების იზომერია განპირობებულია მხოლოდ ნახშირბადოვანი ჩონჩხით (ახსენით მიზეზი).

კეტონების იზომერია განპირობებულია როგორც ნახშირბადოვანი ჩონჩხის, ისე კარბონილის ჯგუფის მდებარეობით:

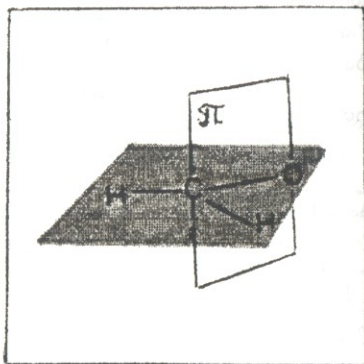
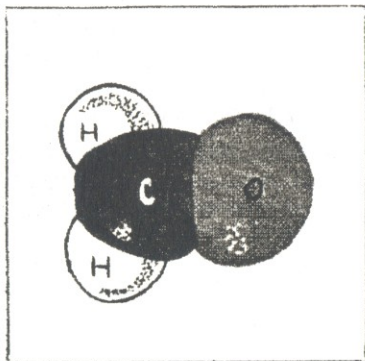


ალდეჰიდები და კეტონები, რომელთა მოლეკულაში ნახშირბადატომების რიცხვი ტოლია იზომერებია, მაგალითად:



ორივე ნაერთის მოლეკულური ფორმულაა  $C_2H_6O$ .

**აღნაგობა.** აღდექიდების და კეტონების განსაკუთრებულად დიდი რეაქციისუნარიანობა განპირობებულია კარბონილის ფუნქციურ ჯგუფის  $>C=O$ : ელექტრონული აღნაგობით. როგორც ვხედავთ, იგი ჰგავს ეთილენური ნახშირწყალბადების ჩონჩხს  $>C=C<$ . ორივე შემთხვევაში ნახშირბადის ატომი  $sp^2$  ჰიბრიდიზაციის მდგომარეობაშია. სამი  $sp^2$  ჰიბრიდული ორბიტლის მეშვეობით ნახშირბადატომი წარმოქმნის სამ  $\sigma$ -ბმას, რომლებიც განლაგდება ერთ სიბრტყეში. ბმათა შორის კუთხეა  $120^\circ$ . ჟანგბად- და ნახშირბადატომების p ელექტრონული ორბიტლების გადაფარვით სიბრტყის გარეთ წარმოიქმნება  $\pi$ -ბმა (სურ. 24).



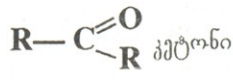
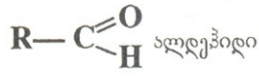
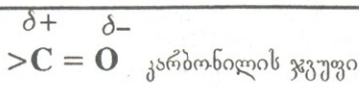
სურ. 24. ფორმალდეჰიდის მოლეკულის მოდელი და  $\pi$  ბმის სიბრტყე კარბონილის ჯგუფში.

ამრიგად, კარბონილური ნახშირბადატომი წარმოქმნის სამ  $\sigma$ -ბმას და ერთ  $\pi$ -ბმას.

როგორც ვხედავთ, კარბონილის ფუნქციურ ჯგუფში  $C=O$  ორმაგი ბმა მყარდება სხვადასხვა ელექტროუარყოფითობის მქონე ატომებს შორის, ამიტომ ბმა მკვეთრად პოლარულია, ბმის ელექტრონული სიმკვრივე (უმთავრესად  $\pi$ -ბმისა) ნახშირბადატომიდან გადაწეულია ჟანგბადატომისა-

კენ,  $\overset{\delta+}{>C}=\overset{\delta-}{O}$ , რის გამოც ჟანგბადატომი იძენს ნაწილობრივ უარყოფით ( $\delta^-$ ), ხოლო ნახშირბადატომი ნაწილობრივ დადებით ( $\delta^+$ ) მუხტს. ელექტრონული ორბიტლის გადახრა ნაჩვენებია მოლუნული ისრით.





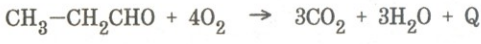
ალდეჰიდის დასახელებაში ემატება დაბოლოება **-ალი**, კეტონებისაში კი **-ონი**.



**§37. ალდეჰიდებისა და კეტონების ქიმიური თვისებები**

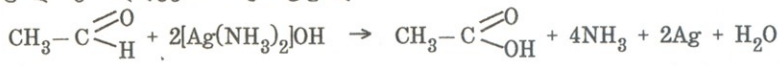
ალდეჰიდები და კეტონები შეიცავს ერთისა და იმავე ფუნქციურ ჯგუფს C=O და ხასიათდება მსგავსი ქიმიური თვისებებით. სხვა ორგანული ნაერთების მსგავსად კარბონილური ნაერთი იწვის და იჟანგება. ალდეჰიდებისა და კეტონების განსაკუთრებით მაღალი რეაქციისუნარიანობა მჟღავნდება შეერთების რეაქციების დროს.

**წვის რეაქცია.** წვის პროდუქტებია ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდი და წყალი:



**რეაქცია მჟანგავებთან.** ალდეჰიდებში ადვილად იჟანგება კარბონილის ჯგუფი.

თუ სუფთა სინჯარაში ახლადამზადებულ ვერცხლის ოქსიდის ამიაკ-სხნარს  $[Ag(NH_3)_2]OH$ , დავამატებთ ალდეჰიდის ხსნარს და ნარევეს ფრთხილად გავაცხელებთ, სინჯარის კედელზე შევამჩნევთ ვერცხლის თხელ ფენას. ეს რეაქცია ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციაა. ალდეჰიდი იჟანგება მჟავამდე, ვერცხლი კი აღდგება თავისუფალი სახით:

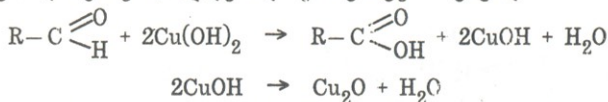


(ამიაკის სიჭარბის გამო წარმოიქმნება ამონიუმის მარილი). ეს რეაქცია გამარტივებული სახით ასე შეიძლება წარმოვიდგინოთ:



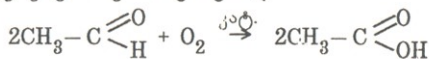
ამ რეაქციას „ვერცხლის სარკის“ რეაქცია ეწოდება.

აღდექიდების შენგავად შეიძლება გამოვიყენოთ სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდი. თუ ახლად დაღექილ სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდს დავამატებთ აღდექიდის ხსნარს და ნარევეს გავაცხელებთ, ჯერ შეიძნევა ყვითელი ფერის ნალექი  $\text{CuOH}$ , რომელიც შემდგომ წითელი ფერის სპილენძ (I)-ის ოქსიდად გარდაიქმნება, აღდექიდი კი იენგება შევად:



„ვერცხლის სარკის“ და სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდთან რეაქცია გამოიყენება აღდექიდების აღმოსაჩენად.

შენგავად იყენებენ მრავალ სხვადასხვა ნივთიერებას. წარმოებაში შენგავად ხშირად იყენებენ ჰაერის ენგბადს:

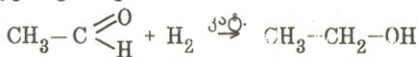


ლაბორატორიაში შენგავად იყენებენ შევავში ან წყალში გახსნილ  $\text{KMnO}_4$ -ს, აგრეთვე  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -ის ხსნარს გოგირდშევაში და სხვ.

კეტონების დაენგვა უფრო მკაცრ პირობებში მიმდინარეობს ჯაჭვის გახლეჩით და რეაქციის შედეგად შევების ნარევი წარმოიქმნება.

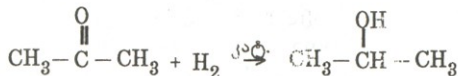
**მიერთების რეაქცია** (ორმაგი ბმით განპირობებული რეაქციები).

ჰიდრირების რეაქცია. აცეტალდეჰიდის ორთქლს წყალბადთან ერთად თუ გავატარებთ გახურებულ  $\text{Ni}$ -ის კატალიზატორზე მოხდება წყალბადის მიერთება და აღდექიდი აღდგება სპირტამდე. ეს რეაქცია სქემატურად ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



ეს არის პირველადი სპირტების მიღების ერთ-ერთი მეთოდი.

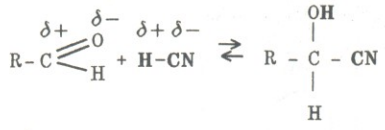
იგივე პირობებში დამეთილკეტონის წყალბადთან რეაქციით მიიღება იზოპროპილის სპირტი:



ეს არის მეორეული სპირტების მიღების ერთ-ერთი მეთოდი.

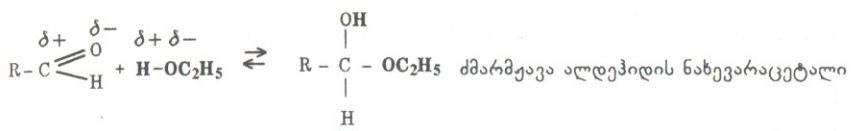
ანალოგიური რეაქციის ტოლობების შედეგა შეიძლება სხვა აღდექიდებისა და კეტონებისათვის.

რეაქცია ციანწყალბადშევასთან. აღდექიდები და კეტონები ტუტის არეში აღვილად იერთებს ციანწყალბადშევას, რომლის შედეგად წარმოიქმნება ციანჰიდრინი:



ციანჰიდრინი

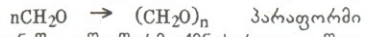
ერთმანეთს უკავშირდება სხვადასხვა ნიშნით დამუხტული ნაწილაკები.  
რეაქცია სპირტთან. ალდეჰიდებზე სპირტის მოქმედებით (კატალიზატორი NaOH) წარმოიქმნება ნახევარაცეტალები:



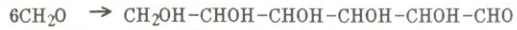
ძმარმეკვა ალდეჰიდის ნახევარაცეტალი

მივაქციოთ ყურადღება, რომ რეაქცია შექცევადია. ნახევარაცეტალი შეიცავს ჰიდროქსილის ჯგუფს და მარტივ ეთერულ დაჯგუფებას. სპირტის ჭარბ რაოდენობასთან წარმოიქმნება აცეტალი. კარბონილური ნაერთების მიერთების პროდუქტებს გამოიყენებენ ორგანულ სინთეზში.

პოლიმერიზაციის რეაქცია. ალდეჰიდებს ახასიათებს პოლიმერიზაციის უნარი.

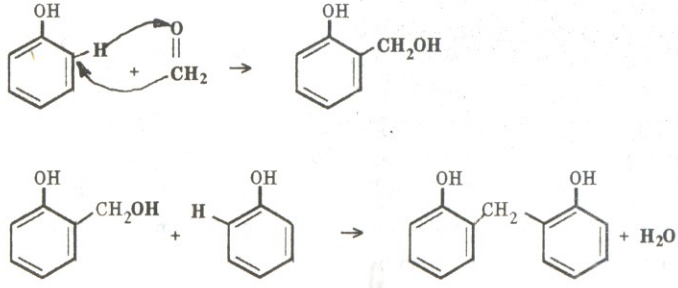


ფორმალდეჰიდი კირიან წყალში წარმოქმნის რთული შედგენილობის ნარევეს, რომელშიც დიდი რაოდენობითაა ნახშირწყალი - გლუკოზა.



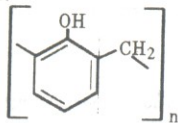
კეტონებს პოლიმერიზაციის რეაქცია არ ახასიათებს.

პოლიკონდენსაციის რეაქცია. ფორმალდეჰიდი პოლიკონდენსაციის რეაქციაში შედის ფენოლთან:



პოლიკონდენსაციის რეაქციის პირველ საფეხურზე მაღალი რეაქციისუნარიანი ფენოლოსპირტი წარმოიქმნება, რომელიც მაშინვე შედის რეაქციაში ფენოლის მეორე მოლეკულასთან, რის შედეგად ფენოლის ორი ბირთვი მეთილენური ჯგუფით უკავშირდება ერთმანეთს. ამავე დროს გამოიყოფა დაბალმოლეკულური თანაური პროდუქტი - წყალი. რეაქცია მიმდინარეობს ბენზოლის ბირთვის იმ ნახშირბადატომებთან, რომლებთანაც ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე გაზრდილია (2, 4 და 6 მდებარეობა). სიმარტივისათვის ტოლობაში ნაჩვენებია რეაქცია ერთ-ერთ წყალბადატომთან.

რეაქციის შედეგად მიიღება ფენოლფორმალდეჰიდური ფისი, რომლისგანაც პოლიმერულ ნაკეთობებს ამზადებენ.



მაღალმოლეკულურ ნივთიერებათა წარმოქმნის რეაქციას, რომელიც მიმდინარეობს თანაური დაბალმოლეკულური ნივთიერების გამოყოფით, პოლიკონდენსაციის რეაქცია ეწოდება.

აღდებების ქიმიური თვისებები:

1. წვა, ჟანგვა.
2. მიერთების რეაქციები: წვალბადთან, ციანწყალბადმჟავასთან, სპირტებთან.
3. პოლიმერი საციისა და პოლიკონდენსაციის რეაქციები ფორმალდეჰიდისათვის.

პოლიკონდენსაციით მიიღება მადალმოლეკულური ფისი, რომლისგანაც სხვადასხვა დანიშნულების პლასტმასებს, მათ შორის ბაკელიტსაც ამზადებენ.

### §38. ალდეჰიდებისა და კეტონების მიღების მეთოდები

ალდეჰიდებისა და კეტონების მიღების ზოგადი ხერხია სპირტების დაჟანგვა.

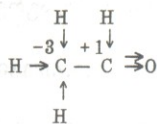
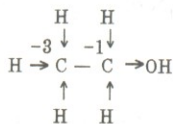
ალდეჰიდები მიიღება პირველადი სპირტების დაჟანგვით. ჩავატაროთ ასეთი ცდა: სპილენძის მავთულის ხვია გავაცხელოთ სპირტურის ალზე. შევამჩნევთ სპილენძ (II)-ის ოქსიდის ნაფიფქის წარმოქმნას. თუ მას სპირტში ჩავუშვებთ, სპილენძის ხვია მოწითალო შეფერილობას აღიდგენს და შეიგრძნობა ალდეჰიდის სუნი:



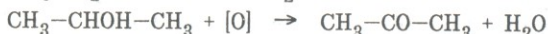
ამ რეაქციით ღებულობენ ფორმალდეჰიდის მრეწველობაში.

ლაბორატორიული ხერხით ალდეჰიდის მიღებისას სპირტის დასაჟანგავად სხვა მჟანგავებსაც იყენებენ, მაგალითად, კალიუმპერმანგანატს, კალიუმდიქრომატს და სხვ.

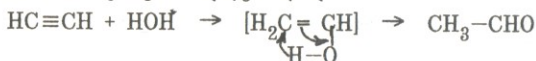




ლაბორატორიულ პირობებში მქანგავად იყენებენ კალიუმდიქრომატს, საწარმოო პირობებში კი - ჰაერის ჟანგბადს კატალიზატორის თანაობისას. მეთანალს იღებენ, აგრეთვე, მეთანის კატალიზური ჟანგვით.

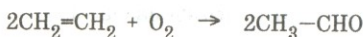


აცეტონს დიდი რაოდენობით ლებულობენ აგრეთვე ხის მშრალი გამოხდით. მრეწელობაში აცეტალდეჰიდს ლებულობენ აცეტილენის ჰიდრატაციით ვერცხლისწყლის მარილების ( $\text{HgSO}_4$ ) თანაობისას. ეს რეაქცია აღმოაჩინა მ. კუჩეროვმა (1881 წ.). ჰიდროქსილის ჯგუფი უკავშირდება „ორმაგბმიან“ ნახშირბადატომს. წარმოქმნილი ნაერთი - ვინილის სპირტი არამდგრადია. ხდება შიდამოლეკულური გადაჯგუფება (აღნიშნულია მოღუწული ისრით) და აცეტილენი გარდაიქმნება ალდეჰიდად.



აცეტალდეჰიდის მრეწელობაში მიღების ამ ხერხს ის ნაკლი აქვს, რომ კატალიზატორად გამოყენებულია ვერცხლისწყლის ძვირადღირებული და მომწამლავი ნაერთები.

უკანასკნელ წლებში აცეტალდეჰიდს ლებულობენ სხვა გზით, კერძოდ, ეთილენს ჟანგავენ ჰაერის ჟანგბადით პალადიუმის და სპილენძის ქლორიდების თანაობისას:



ეს ხერხი პერსპექტიულია.

დიდი მნიშვნელობა აქვს უმარტივეს კეტონს - აცეტონს (დიმეთილკეტონი ან პროპანონი). რომელიც მიიღება შესაბამისი სპირტის დაჟანგვით (გაიხსენეთ რეაქცია), ალდეჰიდები და კეტონები ურთიერთმოქმედებს მაგნიუმორგანულ ნაერთებთან (გვ. 155).

ალდეჰიდები და კეტონები, მაღალი რეაქციისუნარიანობის გამო, გამოიყენება მაღალმოლეკულური და სხვადასხვა კლასის ორგანული ნაერთების

სინთეზში. ისინი გამოიყენება მედიცინაში, სოფლის მეურნეობასა (ფორმა-ლინი) და პარფიუმერიაში, აგრეთვე გამხსნელებად (აცეტონი) და სხვა.

### სამარჯიშოები და ამოცანები

1. დაწერეთ შემდეგი ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები: 2,3-დიმეთილპენტანალი, 2-მეთილბუტანალი, 3-მეთილპენტანონ-2, 2,3,4-ტრიმეთილპენტანალი.
2. დაასახელეთ საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით შემდეგი ნაერთები:  
 $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-CHO}$   $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3$   
 $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{-CH}_2\text{-CHO}$   $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_3$
3. რით განსხვავდება ალდეჰიდები კეტონებისაგან? მიუთითეთ მათი განმასხვავებელი მნიშვნელოვანი თვისებები.
4. როგორ აღმოაჩენთ სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდის დახმარებით გლიცერინსა და ძმარალდეჰიდს?
5. ქლორაცეტონი წარმოადგენს „ლაკრიმატორს“. იგი მიიღება ქლორის მოქმედებით აცეტონთან. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.
6. რა ქიმიური თვისებები უნდა ჰქონდეს აკროლენის (პროპენალს)  $\text{CH}_2=\text{CH-CHO}$ ? დაწერეთ მისი რეაქციის ტოლობები შემდეგ რეაგენტებთან: ა)  $\text{Ag}_2\text{O}$  (ამიაკსნარი); ბ)  $\text{Br}_2$  გ)  $\text{KMnO}_4$  წყალხსნართან; დ)  $\text{H}_2$  კატალიზატორის თანაობისას.
7. შეადგინეთ ბენზოლის სპირტის  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{OH}$  ბენზალდეჰიდად დაქანვის რეაქციის ტოლობა (მეანგველად გამოიყენეთ  $\text{KMnO}_4$  ხსნარი მქავეში).
8. 150 გ წყალში გახსნეს ფორმალდეჰიდი, რომელიც წარმოიქმნა 2 მოლი მეთილის სპირტის დაქანვით. განსაზღვრეთ მიღებულ ხსნარში ფორმალდეჰიდის მასური წილი (%).
9. რა მსგავსება და რა განსხვავებაა პოლიმერიზაციისა და პოლიკონდენსაციის რეაქციებს შორის?
10. ნივთიერება, რომელიც ცნობილია „მშრალი სპირტის“ სახელით, წარმოადგენს ძმარალდეჰიდის ციკლური პოლიმერიზაციის პროდუქტს. როგორია მისი პოლიმერიზაციის ხარისხი (n), თუ მოლეკულური მასაა 176?
11. მიიღეთ ქლორმეთანისა და აცეტონისაგან (გამოიყენეთ საჭირო არაორგანული ნაერთები): ა) ო-ნიტრობენზალდეჰიდი და ბ) მ-ნიტრობენზალდეჰიდი (ისარგებლეთ ჩანაცვლების წესით).

### §39. კარბონმაჰეზი

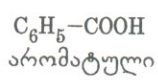
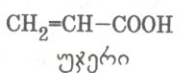
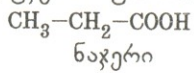
ალდეჰიდების შესწავლისას გაეცანით მათი დაქანვის პროდუქტებს – მქავეებს, რომელთა სტრუქტურულ ფორმულაში შეამჩნევდით ამ ნივთიერების დამახასიათებელ ატომთა დაჯგუფებას –  $\text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix}$ ; ეს არის კარბოქსილის ფუნქციური ჯგუფი. ეს სახელწოდება მან მიიღო იმასთან დაკავშირებით, რომ იგი შედგება კარბონილის ( $>\text{C}=\text{O}$ ) და ჰიდროქსილის ( $-\text{OH}$ ) ჯგუფისაგან.

კარბონმაჰევა ორგანული ნივთიერებაა, რომლის მოლეკულა შეიცავს ნახშირწყალბადის რადიკალთან შეერთებულ ერთ ან რამდენიმე კარბოქსი-



ლის  $-C \begin{matrix} \text{=O} \\ \diagup \\ \text{OH} \end{matrix} (-COOH)$  ჯგუფს. იმის მიხედვით, თუ რამდენი კარბოქსილის ჯგუფია მოლეკულაში, არჩევენ ერთფუძიან, ორფუძიან და ა. შ. მკვებებს. მაგალითად,  $CH_3-C \begin{matrix} \text{=O} \\ \diagup \\ \text{OH} \end{matrix}$  ერთფუძიანი,  $HO-C \begin{matrix} \text{=O} \\ \diagup \\ \text{OH} \end{matrix}$  ორფუძიანი.

ნახშირწყალბადის რადიკალის აღნაგობა კი განსაზღვრავს - ნაჭერია მკვაა, უჭერი თუ არომატული.



**ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმკვაა**

**ჰომოლოგიური რიგი. ფიზიკური თვისებები.** ერთფუძიანი კარბონმკვას ზოგადი ფორმულაა  $R-C \begin{matrix} \text{=O} \\ \diagup \\ \text{OH} \end{matrix}$  ნაჭერი ერთფუძიანისა კი  $C_nH_{2n+1}COOH$  (ცხრილი №10).

ცხრილი №10

**კარბონმკვაების ჰომოლოგიური რიგი და თვისებები**

ფორმულა	ნომენკლატურა		T <sub>დღ.</sub> °C	წყალში ხსნადობა
	ისტორიული	საერთაშორისო		
H-COOH	ჰიანჰველმკვაა	მეთანმკვაა	101	∞
CH <sub>3</sub> -COOH	მარმკვაა	ეთანმკვაა	118	∞
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	პროპიონმკვაა	პროპანმკვაა	141	ხსნადი
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -COOH	ერბომკვაა	ბუტანმკვაა	163	ხსნადი
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -COOH	ვალერიანმკვაა	პენტანმკვაა	186	ხსნადი
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -COOH	კაპრონმკვაა	ჰექსანმკვაა	205	-
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -COOH	ენანტმკვაა	ჰეპტანმკვაა	223	-
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> -COOH	პალმტინმკვაა	ჰექსადეკანმკვაა	T <sub>დღ.</sub> =63	-
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>15</sub> -COOH	მარგარიმკვაა	ჰეპტადეკანმკვაა	T <sub>დღ.</sub> =54	-
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> -COOH	სტეარინმკვაა	ოქტადეკანმკვაა	T <sub>დღ.</sub> =71	-

ჰომოლოგიური რიგის პირველი წევრია ჰიანჰველმკვაა, რომელშიც კარბოქსილის ჯგუფი ნახშირწყალბადის რადიკალის ნაცვლად წყალბადატომთანაა შეერთებული.

აღდეჰიდებისაგან განსხვავებით, აირადი მკვაა არ არსებობს. უდაბლესი წევრები (C<sub>1</sub>-C<sub>9</sub>) მკვეთრი სუნის მქონე სითხეებია, წყალში კარგად იხსნება; (C<sub>4</sub>-C<sub>9</sub>) არასასიამოვნო სუნის მქონე ბლანტი სითხეებია, წყალში ძნელად



იხსნება; C<sub>10</sub>-დან დაწყებული უმაღლესი მჟავები უსუნო, წყალში უხსნადი/ნივთიერებებია.

ცნობილია, რომ სპირტების ჰომოლოგიურ რიგში აირადი ნივთიერება არ არსებობს. ამის მიზეზია სპირტის მოლეკულებს შორის არსებული წყალბადური ბმები. ამავე მიზეზის გამო არ არსებობს აირადი კარბონმჟავა მართლაც, თხევადი მჟავას მოლეკულური მასის ექსპერიმენტული განსაზღვრა გაორმაგებულ სიდიდეს გვაძლევს, რაც დიმერების არსებობას მიუთითებს.

ჰიანჰველმჟავა ორთქლის მდგომარეობაშიც კი დიმერებისაგან შედგება. ძმარმჟავას ორთქლი კი ცალკეული მოლეკულებისა და დიმერების ნარევი. კარბონმჟავას დიმერების აღნაგობა ზოგადად ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



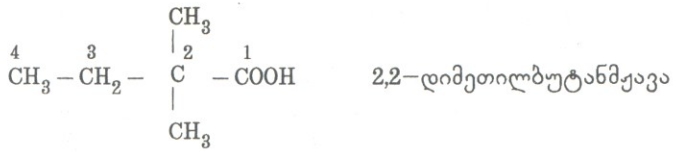
ამრიგად, კარბონმჟავას დიმერებში მოლეკულებს შორის ორი წყალბადური ბმაა, რაც მათ შედარებით მეტ სიმტკიცეს განაპირობებს. ამით აიხსნება, რომ მჟავებს სპირტებთან შედარებით უფრო მაღალი დუდილის ტემპერატურა აქვს.

ჰომოლოგიურ რიგში კარბონმჟავების წყალში ხსნადობის შემცირება აიხსნება იმით, რომ ნახშირწყალბადის რადიკალის მასის ზრდასთან ერთად მცირდება კარბოქსილის მასური წილი (შეადარეთ სპირტების წყალში ხსნადობას).

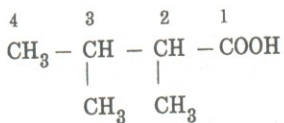
**ნომენკლატურა. იზომერია.** კარბონმჟავების დასახელებისას ხშირად იყენებენ ისტორიულ სახელწოდებებს, რადგან მრავალი მათგანი (ჰიანჰველმჟავა, ერბომჟავა და სხვ.) მჟავას გავრცელების ან მიღების ბუნებრივ წყაროს მიუთითებს.

საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით მჟავას სახელწოდება მიღებულია შესაბამისი ნახშირწყალბადის სახელწოდებისათვის სიტყვა „მჟავას“ დამატებით. მაგალითად: მეთანმჟავა, ეთანმჟავა და ა. შ. ნახშირბადული ჯაჭვის დანომკრას იწყებენ კარბოქსილის ჯგუფის ნახშირბადატომიდან.

ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავების იზომერიას ნახშირბადური ჩონჩხის აგებულება განაპირობებს.



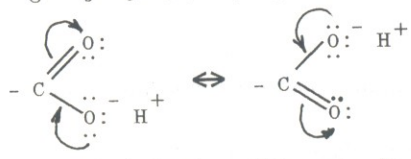




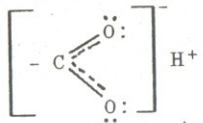
2,3 - დიმეთილბუტანმჟავა

**აღნაგობა.** კარბონმჟავათა კლასის თავისებურებას განაპირობებს კარბოქსილის ჯგუფი.

კარბოქსილის ფუნქციურ ჯგუფში, როგორც თქვენთვის უკვე ცნობილია, შედის კარბონილის ჯგუფი, რომლისთვისაც  $\pi$ -ბმის პოლარობის გამო დამახასიათებელია მიერთების რეაქციები. ამ შემთხვევაში კი ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივის გადანაწილებაში ჩაერთვება პირობების ჯგუფის ენგბადატომის განუყოფელი ელექტრონული წყვილი, ამის გამო კარბოქსილის ჯგუფისათვის თეორიულად შეიძლება დაიწეროს ორი ტოლფასი ურთიერთგარდაქმნადი სტრუქტურა:



როგორც ხედავთ, ეს ორი სტრუქტურა განსხვავდება მხოლოდ ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივის გადანაწილებითა და პირობითად წყალბადატომის მდებარეობით. არ უნდა ვიფიქროთ, რომ მჟავას ორი სტრუქტურა აქვს. როგორც აღინიშნა, ეს თეორიულად შესაძლო ფორმულებია. რეალური კარბოქსილატანიონის სტრუქტურა კი უნდა წარმოვიდგინოთ, როგორც შუალედური, რაც ასე გამოისახება:



წყვეტილი ხაზით მინიშნებულია ერთი ელექტრონული წყვილის თანაბარი განაწილება O-C-O ბმებს შორის, რის შედეგადაც ერთი უარყოფითი მუხტი (-) თანაბრად ნაწილდება ორ ენგბადატომზე.

ელექტრონული ღრუბლის ასეთი გადანაწილების შედეგად მკვეთრად სუსტდება O-H ბმის სიმტკიცე (წყალბადატომი თითქოს ორ ენგბადატომს უერთდება) და აღდგომისა და კეტონებისაგან განსხვავებით კარბონმჟავებისთვის დამახასიათებელი რეაქციები ძირითადად O-H ბმის გაწყვეტითაა განპირობებული.

კარბონმჟავას ფორმულაში გამარტივების მიზნით ვწერთ  $-\text{C} \begin{array}{l} \parallel \\ \text{O} \\ \text{OH} \end{array}$  სტრუქტურას.



კარბონმჟავას მაღალი დუდილის ტემპერატურა აქვს რასაც მოლეკულათა შორის წყალბადური ბმები განაპირობებს.

კარბონმჟავების ისტორიულ სახელწოდებებს დღესაც იყენებენ. ესენია: ჭიანჭველმჟავა, ძმარმჟავა, ჰროზიონმჟავა, ერბომჟავა, ვალერიანმჟავა.

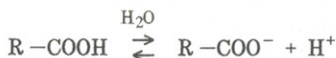
კარბოქსილატანიონში ნახშირბადი არის  $sp^2$ -ჰიბრიდულ მდგომარეობაში.

კარბოქსილატანიონის ორივე ჭანვბადი ტოლფასია.

კარბონმჟავას ბევრი თვისება ძირითადად კარბოქსილის ჯგუფის დისოციაციითაა განპირობებული.

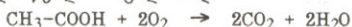
#### §40. კარბონმჟავის ქიმიური თვისებები და მიღების მეთოდი

კარბონმჟავას ახასიათებს არაორგანული მჟავას ყველა ქიმიური თვისება. მის წყალხსნარს მჟავე გემო აქვს, ელექტროლიტური დისოციაცია ასე გამოისახება:



ჭიანჭველმჟავა საშუალო სიძლიერის მჟავაა, ძმარმჟავა - სუსტი. ნორმალური ნახშირწყალბადის რადიკალის მქონე დანარჩენი მჟავების დისოციაციის ხარისხი უმნიშვნელოდ იცვლება. იმ შემთხვევაში, როდესაც კარბოქსილის ჯგუფის ნახშირბადატომი უკავშირდება რადიკალის მეორეულ ან მესამეულ ნახშირბადატომს, დისოციაციის ხარისხი უფრო მნიშვნელოვნად კლებულობს. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ნახშირწყალბადის რადიკალის განტოტებასთან ერთად ძლიერდება მისგან ელექტრონული ღრუბლის განზიდვა (გვ. 97)

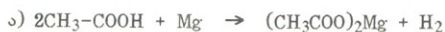
კარბონმჟავა, როგორც ორგანული ნაერთი, იწვის, წვის ძირითადი პროდუქტებია ნახშირბადი (IV)-ის ოქსიდი და წყალი. მაგალითად:



ეს რეაქცია მნიშვნელოვანია ბიოქიმიურ პროცესებში.

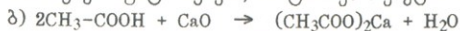
კარბონმჟავების ძირითადი თვისებები განპირობებულია **O-H ბმის გაწყვეტით**.

**მარილების მიღება.** მარილები წარმოიქმნება აქტიურ მეტალებთან (ა), შესაბამის ოქსიდებთან (ბ), ჰიდროქსიდებთან (გ) ურთიერთქმედებისას.



მაგნიუმის აცეტატი

ძმარმჟავა სუსტი მჟავაა, ამიტომ ეს რეაქცია ნელა მიმდინარეობს.



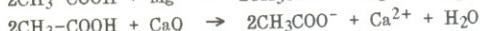
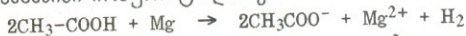
კალციუმის აცეტატი

გ)  $R-COOH + NaOH \rightleftharpoons RCOONa + H_2O$  ნეიტრალიზაციის რეაქცია.

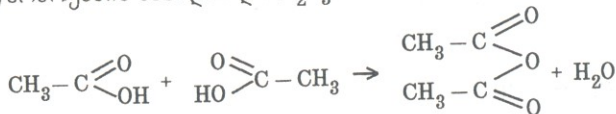
აგრეთვე კარბონმჟავები აძვეებს უფრო სუსტსა და აქროლად მჟავებსა და მათი მარილებიდან.



შესაბამისი იონური ტოლობებია:

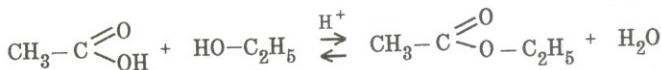


ანჰიდრიდის მიღება. არაორგანული მჟავას მსგავსად კარბონ-მჟავა წარმოქმნის ანჰიდრიდს ( $P_2O_5$ -ის თანაობისას).



ძმარმჟავას ანჰიდრიდი

**რთული ეთერის მიღება.** კარბონმჟავა რეაქციაში შედის სპირტებთან. მაგალითად, თუ ძმარმჟავას და ეთილის სპირტის ნარევეს დაუშვებთ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას რამდენიმე წვეთს და გავაცხელებთ, შევიგარძნობთ სასიამოვნო სუნს:



მიიღება ძმარმჟავაეთილეთერი, რომელიც მიეკუთვნება რთული ეთერის კლასს (გავიხსენოთ მარტივი ეთერი და შევადაროთ რთულ ეთერს). რთულ ეთერს დიდი მნიშვნელობა აქვს და ცალკე თავში შეისწავლება (გვ. 135).

ჰალოგენანჰიდრიდების მიღება. ჰიდროქსილის ჯგუფი მჟავებში ადვილად ჩაინაცვლება ჰალოგენებით.

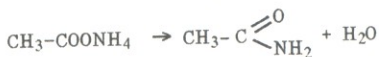


ჰალოგენანჰიდრიდებს იყენებენ კარბონმჟავის ნაშთის შესაყვანად სხვა ნივთიერების მოლექულაში.

ამიდეების მიღება. ჰალოგენანჰიდრიდები ამოაკთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის კარბონმჟავას მნიშვნელოვან წარმოებულებს - ამიდებს:



ამიდების მიღება შეიძლება შესაბამისი მჟავების ამონიუმის მარილების გაცხელებითაც (გვ. 147).



მეჟავას ალკილის თვისება. კარბონმეჟავას ახასიათებს ნახშირწყალბადის რადიკალში წყალბადის ატომების ჰალოგენის ატომით ჩანაცვლების რეაქცია, რომელიც მიმდინარეობს დასხვიების პირობებში.



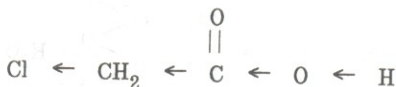
ქლორმმარმეჟავა

ჩანაცვლება ადვილად მიმდინარეობს იმ ნახშირბადატომთან, რომელიც უფრო ახლოსაა კარბოქსილის ჯგუფთან

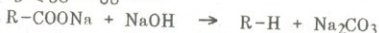


2-ქლორპროპანმეჟავა

მოლეკულაში ქლორის ატომის შეყვანა იწვევს მეჟავას სიძლიერის თითქმის 100-ჯერ გაზრდას. შეეცადეთ ახსნათ ეს ქლორმმარმეჟავას მაგალითზე:



დეკარბოქსილირების რეაქცია. მკაცრ პირობებში მიმდინარეობს კარბონმეჟავას დეკარბოქსილირების რეაქცია (კარბოქსილის ჯგუფის მოცილება). მაგალითად, კარბონმეჟავას ტუტე მეტალის მარილისა და ნატრიუმბიდროქსიდის ნარევის გახურებისას, რეაქცია მიმდინარეობს შემდეგი სქემით:

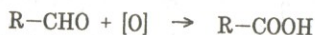


ეს არის ალკანების მიღების ერთ-ერთი მეთოდი (დიუმას მეთოდი)

აღნიშნული რეაქციის მიმდინარეობაზე დიდ გავლენას ახდენს კარბონმეჟავას მოლეკულის ნახშირწყალბადის რადიკალის ბუნება.

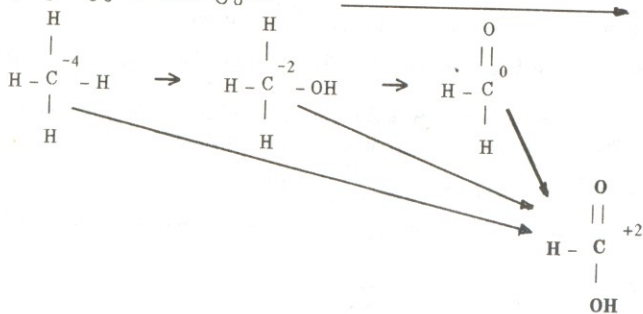
**კარბონმეჟავების მიღება.** კარბონმეჟავას მიღების ერთ-ერთ ძირითად მეთოდს საფუძვლად უდევს დაჟანგვის რეაქცია.

კარბონმეჟავას მიღების ზოგადი ხერხია შესაბამისი ალდეჰიდის დაჟანგვა:



ჩვენს მიერ განხილული ნაერთების თვისებების საფუძველზე შეგვიძლია შევადგინოთ შემდეგი სქემა:

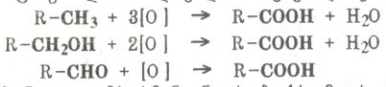
დაჟანგვის პროცესი



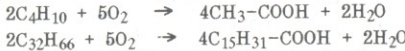


როგორც ვხედავთ, ნახშირწყალბადების თანამიმდევრული დაქანგვის ერთ-ერთი საბოლოო პროდუქტია მეთა. მაგრამ აღსანიშნავია, რომ მეთავს მიღება შეიძლება სქემაში აღნიშნული ყველა შუალედური პროდუქტის უშუალო დაქანგვითაც.

ნახშირბადატომების დაქანგვის ხარისხის ცვლილება გვიჩვენებს, რომ ყველაზე ადვილად მიმდინარეობს ალდეჰიდების დაქანგვა. მაგრამ საწარმოო სინთეზისას უნდა გვახსოვდეს საწყისი ნივთიერების ღირებულება. ყველაზე იაფი საწყისი ნივთიერებაა ალკანი. ამ პროცესის მიხედვით შეგვიძლია ნებისმიერი ნახშირწყალბადის, სპირტისა და ალდეჰიდისაგან მივიღოთ შესაბამისი მეთა. (ნებისმიერ ნაერთში ადვილად გამოვყოფთ იმ რადიკალს, რომელიც მეთილის რადიკალის მსგავსად იქანგება).

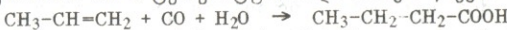


მეთავებზე იყენებენ კალიუმპერმანგანატს, ბიქრომატს, პერიის ქანგბადსა და სხვ. აღსანიშნავია, რომ ნახშირწყალბადების გამოყენებისას დაქანგვასთან ერთად, როგორც წესი, წყდება ჯაჭვიც:

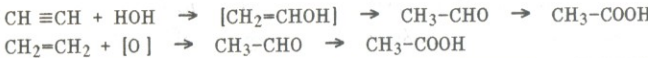


წარმოებაში ამ მეთოდით მიიღება მალაქოლენკულური მეთაების ნარევი. ამ ნარევეს ძირითადად სარეცხი საშუალების დასამზადებლად იყენებენ (დანართი 2 და 3).

წარმოებაში კარბონმეთაებს, აგრეთვე, იღებენ ალკენებისაგან ოქსოსინთეზით, რომელიც ტარდება 300°C-400°C ტემპერატურისა და 2500კპა წნევის პირობებში.



არსებობს ზოგიერთი მეთავს მიღების კერძო მეთოდი. მათ შორის შეიძლება გამოვყოთ ძმარმეთავს მიღება აცეტილენისა (კატალიზატორი Hg<sup>+2</sup>) და ეთილენისაგან (კატალიზატორი Pd).



კარბონმეთავს ბევრი თვისება ძირითადად კარბოქსილის ჯგუფის ღისოცი-  
 აციით არის განპირობებული.

კარბონმეთაები წარმოქმნის მარილებს, რთულ ეთერებს, ანჰიდრიდებს,  
 ჰალოგენანჰიდრიდებს, ამიდებს.

**§41. ერთშუქიანი კარბონმეთავის წარმოადგენლობა**

ქიანჭველმეთავა. იგი შედის ქიანჭველას გამონაყოფის, ჭინჭრის შედგენილობაში.

ქიანჭველმეთავა საშუალო სიძლიერის მეთავაა. სხვა კარბონმეთავებისაგან განსხვავებით იგი შეიცავს ალდეჰიდის ფუნქციურ ჯგუფსაც, რის გამოც მას აქვს ალდეგენის უნარი (ვერცხლის სარკის რეაქცია).



ქიანჭველმკვავას სპირტებთან ურთიერთმოქმედებით მიიღება რთული ეთერები, რომლებსაც იყენებენ, როგორც გამხსნელებს და სუბსტრუქტებს ნივთიერებებს, ზოგიერთ შემთხვევაში გამოიყენება, როგორც საღებო-ფექციო საშუალება.

ძმარმკვავა. ძმარმკვავას წყალხსნარს დიდი გამოყენება აქვს კვების მრეწველობასა და ყოფა-ცხოვრებაში (ძმარის ესენცია და სუფრის ძმარი).

ძმარმკვავას სპირტებთან ურთიერთმოქმედებისას მიიღება რთული ეთერები, რომლებიც გამოიყენება კვების მრეწველობაში, აცეტატური ბოჭკოს წარმოებაში, საღებრების და სამკურნალო საშუალებების სინთეზში და სხვ. რთული ეთერები აგრეთვე კარგი გამხსნელებია.

ძმარმკვავას ზოგიერთი წარმოებული გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში სარეველას წინააღმდეგ საბრძოლველად.

პალმიტინი — და სტეარინი მკვავები. უმაღლესი კარბონმკვავებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია პალმიტინის  $C_{15}H_{31}COOH$  და სტეარინის  $C_{17}H_{35}COOH$  მკვავები. ეს მკვავები გლიცერინთან ურთიერთქმედების შედეგად წარმოქმნის რთულ ეთერებს, რომლებიც მცენარეული და ცხოველური ცხიმების ძირითადი შემადგენელია. ორივე მკვავა თეთრი ფერის, მყარი, წყალში უხსნადი ნივთიერებაა. ტუტეების ხსნართან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის მარილებს:



ამ მკვავების ნატრიუმის მარილები — პალმიტინატები და სტეარინატები — წყალში ნაწილობრივ ხსნადია, და მყარი საპნის ძირითად მასას შეადგენს.

საპონი რომ სარეცხი საშუალებაა, განპირობებულია იმით, რომ მოლეკულა შედგება საპირისპირო თვისებების მქონე ჰიდროფილური და ჰიდროფობური ფრაგმენტებისაგან. ჰიდროფილური ნაწილაკი წყალში იხსნება, ჰიდროფობური კი — არა. ამის გამო საპნის მოლეკულა წყლის ზედაპირის მართობულია, რაც მნიშვნელოვანწილად განაპირობებს ქაფის წარმოქმნას. ვინაიდან საპონი მარილია, იგი ჰიდროლიზდება, რის შედეგადაც წარმოიქმნება სუსტი ტუტე გარემო. ამ ორი ფაქტორის მოქმედება აცილებს ჭუჭყს. საპონი მოქმედების უნარს კარგავს ხისტ წყალში, სადაც მიმდინარეობს იონური მიმოცვლის რეაქცია და წარმოიქმნება უხსნადი მარილი:

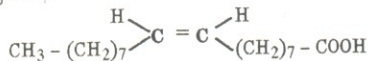


უჯერი ერთფუძიანი კარბონმკვავების წარმომადგენლები

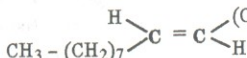
არსებობს კარბონმკვავები, რომლებიც ნახშირწყალბადის რადიკალში შეიცავს ერთ ან რამდენიმე ორმაჯ ბმას. ერთი ორმაჯი ბმის მქონე უჯერი მკვავების პირველი წარმომადგენელი აკროლმკვავა  $CH_2=CH-COOH$ . ამ მკვავებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია უმაღლესი უჯერი მკვავა — ოლიენმკვავა  $C_{17}H_{33}-COOH$  ან  $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$ . ეს მკვავა გლიცერინის რთული ეთერის სახით შედის ცხიმის შედგენილობაში.



მოლეკულაში ორმაგი ბმის არსებობის გამო შესაძლებელია ცის-ტრანს იზომერების არსებობა:



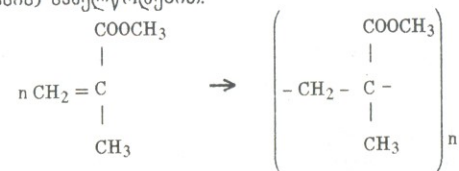
ცის იზომერი



ტრანს იზომერი

ცის იზომერის მოლეკულებს შორის მიზიდვის ძალები შედარებით სუსტია, ამიტომ ნივთიერება თხევადია. მას ოლეინმჟავას უწოდებენ. ტრანს იზომერის მოლეკულები უფრო გაჭიმულია, მიზიდვის ძალები შედარებით დიდია და ნივთიერება მყარია. ეს არის ელაიდინმჟავა.

უჯერ მჟავას ახასიათებს ორმაგი ქიმიური ფუნქცია: იგი ავლენს როგორც კარბონმჟავას, ასევე უჯერი ნახშირწყალბადის თვისებებს: აუფერულებს ბრომიან წყალს, მისი ჰიდრირების შედეგად წარმოიქმნება შესაბამისი ნაჭერი მჟავა, ახასიათებს პოლიმერიზაციის რეაქცია. დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს 2-მეთილპროპენმჟავას (მეთაკრილმჟავას) მეთილის ეთერის პოლიმერიზაციის პროდუქტს, რომელიც ცნობილია ორგანული მინის (პლექსიგლასის) სახელწოდებით:



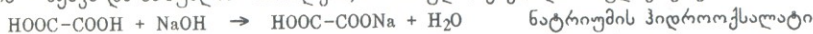
მაღალმოლეკულური მჟავების ნატრიუმის და კალიუმის მარილებია სედაზირულად აქტიური ნაერთები და გამოიყენება როგორც გამრეცხი საშუალებები.

#### §42. ნაჯერი ორშუქიანი კარბონმჟავები

ორფუძიანი მჟავას მოლეკულაში ორი კარბოქსილის ჯგუფია. ამ მჟავების უმარტივესი წარმომადგენელია მეთენმჟავა  $\text{HOOC}-\text{COOH}$ , დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვთ: მალონმჟავას  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ , ქარვამჟავას  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ , გლუტარმჟავას  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ , აღიზნმჟავას  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ .

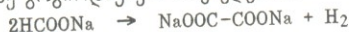
საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით მათ დიკარბონმჟავები ეწოდებათ. მაგალითად, მეთენმჟავას - ეთანდიკარბონმჟავა, მალონმჟავას - პროპანდიკარბონმჟავა და ა. შ. ნაჭერი ორფუძიანი კარბონმჟავა უფრო ძლიერ ასოცირებულია, ვიდრე ერთფუძიანი, ამიტომ იგი მყარი ნივთიერებაა.

ორფუძიან კარბონმჟავას ახასიათებს მჟავას ყველა თვისება. იგი წარმოქმნის ორი რიგის - მჟავა და საშუალო-მარილებს, არასრულ (მჟავა) და სრულ ეთერებს:



შედგინეთ არასრული (მჟავა) და სრული ეთერების მიღების რეაქციის ტოლოგები.

მეაუნმეავა მრწველობაში მიიღება ქიანქველმეავანატრიუმის 400°C-მდე გახურებით და მიღებულ მარილზე გოგირდმეავას მოქმედებით:



მეაუნმეავა ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში მარილების სახით. მაგალითად, მეაუნმეავა კალიუმის მეავა მარილი დიდი რაოდენობითაა მეაუნას და მეაუნოს შედგენილობაში. მეაუნმეავას ფართო პრაქტიკული გამოყენება აქვს: ფერმპერად (ლე-ბისას), ჩალის გასაუფერულებლად, მელნის, საღებრების დასამზადებლად და სხვ. აღიპინმეავა გამოიყენება სინთეზური ბოქკოს მისაღებად (გვ. 204)

### §43. არომატული მჟავები

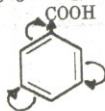
არომატული რიგის კარბონმეავაში კარბოქსილის ჭგუფი უშუალოდ ბირთვთან ან გვერდით ჩაქვთანაა დაკავშირებული. კარბოქსილის ჭგუფის რაოდენობის მიხედვით განისაზღვრება მისი ფუძიანობა.

ერთფუძიანი არომატული მეავეების ჰომოლოგიური რიგის პირველი წევრია ბენზომეავა  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$ ,  $T_{\text{ფ.}} 122,5^\circ\text{C}$ . ბენზომეავა თეთრი ფერის კრისტალური ნივთიერებაა, წყალში მცირედ ხსნადია, კარგად იხსნება სპირტში, ეთერში, ბენზოლში.

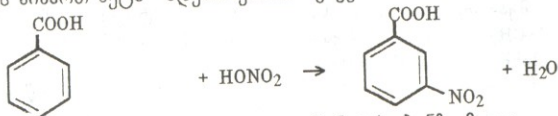
იგი უფრო ძლიერი მეავაა, ვიდრე ძმარმეავა.

არომატული მეავა ავლენს მეავას ყველა თვისებას: წარმოქმნის მარილებს, ეთერებს, ანჰიდრიდებს. იგი ავლენს ბენზოლის ბირთვის თვისებებსაც (ნიტრირება, ჰალოგენირება და ა. შ.).

აღსანიშნავია, რომ კარბოქსილის ჭგუფი ამცირებს ბენზოლის ბირთვში ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივეს. ამრიგად, კარბოქსილის ჭგუფი, როგორც ნიტროჭგუფი, მიეკუთვნება II რიგის ჩამნაცვლებლებს. რატომ (გვ. 80)? ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივის გადანაწილება ნაჩვენებია ფორმულაში.



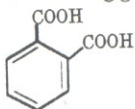
ამასთან დაკავშირებით ჩანაცვლების რეაქციები მიმდინარეობს უფრო მკაცრ პირობებში, ვიდრე ფენოლში, ტოლუოლსა და თვით ბენზოლში, ჩამნაცვლებელი კი კარბოქსილის ჭგუფის მიმართ მეტა-მდებარეობას იკავებს.



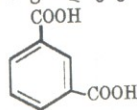
მ-ნიტრობენზომეავა

ბენზომეავა მიიღება ტოლუოლის დაქანგვით (იხ. გვ. 75)

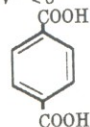
ორფუძიანი არომატული მეავეები ფთალმეავას სახელწოდებითაა ცნობილი.



ფთალმეავა



იზოფთალმეავა



ტერეფთალმეავა





არმატულ მკვებებს და მათ წარმოებულებს დიდი გამოყენება აქვს პოლიმერების, სამკურნალო საშუალებების, საღებრების წარმოებაში. მათ იყენებენ აგრეთვე, როგორც ანტისეპტიკურ საშუალებებს და ა. შ. ტერეფთალმჟავა გამოიყენება სინთეზური ბოჭკოს მისაღებად (გვ. 204).

კარბოქსილის ჯგუფი ამცირებს ბენზოლის ბირთვის რეაქციისუნარიანობას.

**სავარჯიშოები და ამოცანები**

1. დაწერეთ სტრუქტურული ფორმულები იზომერული მკვებისა, რომელთა მოლეკულური ფორმულაა ა)  $C_5H_{10}O_2$  (ოთხი იზომერი), ბ)  $C_6H_{12}O_2$  (რვა იზომერი). დაასახელეთ საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით.
2. დაასახელეთ საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით მკვები, რომელთა ფორმულებია:
 

ა) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-COOH$	ბ) $CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-COOH$
გ) $CH_3-CH_2-CH(C_2H_5)-CH(CH_3)-COOH$	დ) $HOOC-CH(CH_3)-CH(CH_3)-COOH$
3. შეადგინეთ ქლორებრომჟავას სამი იზომერის სტრუქტურული ფორმულა. ყველაზე ძლიერია 2-ქლორბუტანკარბონმჟავა. რატომ?
4. რომელ მკვას ექნება უფრო მაღალი დისოციაციის ხარისხი: ა) ქლორმმარმჟავასა თუ ბრომმმარმჟავას, ბ) ტრიბრომმმარმჟავას თუ ტრიფთორმმარმჟავას. ახსენით რატომ?
5. რა რეაქციების საშუალებით შეიძლება განვასხვავოთ შემდეგი ნივთიერებები: გლიცერინი, მმარალდეჰიდი, ერბომჟავა, პროპანოლ-1. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლომები.
6. შეადგინეთ ა) კალციუმკარბონატისაგან, ბ) ეთანისაგან მმარმჟავას მიღების რეაქციის ტოლომები.
7. 10,8გ ნივთიერებაზე ვერცხლის ოქსიდის ამიჯხსნარით მოქმედებისას გამოიყო 32,4 გ მეთალური ვერცხლი. განსაზღვრეთ ნივთიერების მოლეკულური მასა და დაადგინეთ ფორმულა.
8. რა მოცულობის მმრის ესენცია ( $\rho=1,07$  გ/მლ) იქნება საჭირო 200 მლ სუფრის მმრის დასამზადებლად ( $\rho=1,007$  გ/მლ); მმრის ესენციაში მმარმჟავას მასური წილია 80%, მმარში - 6%.
9. აღწერეთ რეაქციების საშუალებით ბენზომჟავას ჯიმიური თვისებები.
10. სამ უწარწერო სინგარაში მოთავსებულია შემდეგი ნივთიერებები: ეთანოლი, ჭიანჭველმჟავა და მმარმჟავა. რა რეაქციების საშუალებით გამოიცნობთ თითოეულ მათგანს?
11. დაწერეთ შემდეგი რეაქციის იონური ტოლომები: ა) პალმიტინმჟავა ნატრიუმისა და გოგირდმჟავას, ბ) სტეარინმჟავანატრიუმისა და გოგირდმჟავას, გ) სტეარინმჟავანატრიუმისა და კალციუმჰიდროკარბონატის.
12. როგორ მივიღოთ მეთანისაგან: ა) მარტივი ეთერი, ბ) რთული ეთერი? შეადგინეთ რეაქციის ტოლომები.
13. ჭიანჭველმჟავა წარმოებაში მიიღება ნახშირბად (II)-ის ოქსიდის და ნატრიუმჰიდროკლორიდის გამოყენებით (0,6-0,8 მგპა წნევისა და 110 - 130°C პირანაბში). დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლომები.

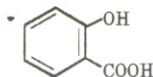
14. მკვეური თვისებების შესუსტების მიხედვით განალაგეთ შემდეგი ნივთიერებები: ძმარმჟავა, მეთილის სპირტი, ქიანჰეკელმჟავა. პასუხი დაასაბუთეთ.
15. როგორ გავზარდოთ საპნის რეცხვისუნარიანობა ხისტ წყალში? პასუხი განმარტეთ.
16. ბრომწყალბადის მიერთება აკრილმჟავასთან მიმდინარეობს მარკოვნიკოვის წესის საპირისპიროდ. შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა და განმარტეთ მიზეზი.
17. ოლინმჟავა აუფერულებს ბრომიან წყალს. შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა.
18. რა ქიმიური თვისებები უნდა ახასიათებდეს აკრილმჟავას? დაწერეთ რეაქციის ტოლობები და მიუთითეთ მათი მიმდინარეობის პირობები.
19. დაწერეთ აკრილმჟავას ბრომთან ურთიერთმოქმედების რეაქციის ტოლობა და ახსენით რატომ მიმდინარეობს მიერთების რეაქცია ამ შემთხვევაში უფრო ძნელად, ვიდრე ეთილენთან ურთიერთმოქმედებისას.
20. რომელ იზომერულ მკვეებს, რომელთა მოლეკულური ფორმულაა  $C_4H_6O_2$ , შესაბამება ცის-ტრანს იზომერები. შეადგინეთ სტრუქტურული ფორმულები.
21. რა ალდეჰიდები უნდა დაიქანგოს, რომ წარმოქმნას შემდეგი კარბონმჟავები:  
 $CH_3-CH_2-COOH$        $CH_2=CH-COOH$        $(CH_3)_3C-COOH$   
 დაწერეთ დაქანგვის რეაქციის სრული ტოლობები.
22. დაწერეთ მკუნმჟავას და მალონმჟავას საფეხუროვანი დისოციაციის ტოლობები.
23. დაწერეთ ორფუძიანი ორგანული მკვეების ჰომოლოგიური რიგის პირველი ხუთი წარმომადგენლის ფორმულა და დასახელებით ისინი.
24. შეადგინეთ ქარვამჟავას ანჰიდრიდის სტრუქტურული ფორმულა.
25. ტოლუოლის კალიუმპერმანგანატით (გოგირდმჟავას გარემოში) დაქანგვისას მიიღება ბენზომჟავა. შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა და კოფეციენტები დასვით ელექტრონული ბალანსით.
26. შეადგინეთ შესაბამისი არომატული ნახშირწყალბადებისაგან ფთალ- და ტერფ-თალმჟავების მიღების რეაქციის ტოლობები.

#### §44. ჰიდროქსიმჟავები

კარბონმჟავების მოლეკულაში ნახშირწყალბადის რადიკალის ერთი ან რამდენიმე წყალბადატომი შეიძლება ჩაინაცვლოს სხვადასხვა ფუნქციური ჯგუფით. მაგალითად, ჰიდროქსილის (-OH) ჯგუფით. ასეთ მკვეას ჰიდროქსიმჟავას უწოდებენ. ამრიგად, ჰიდროქსიმჟავა ორგანული ნივთიერებაა, რომელიც ერთდროულად შეიცავს კარბოქსილის (-COOH) და ჰიდროქსილის (-OH) ფუნქციურ ჯგუფებს.

**კლასიფიკაცია:**

I. ნახშირწყალბადის რადიკალის აგებულების მიხედვით ჰიდროქსიმჟავა შეიძლება იყოს აციკლური, ციკლური და არომატული.



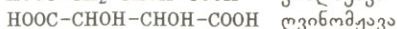
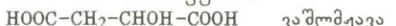
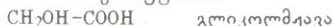
α ჰიდროქსიერბომჟავა

o-ჰიდროქსიბენზომჟავა (სალიცილმჟავა)

II. კარბოქსილის და ჰიდროქსილის ჯგუფების რაოდენობის მიხედვით. ა) ერთფუძიანი, ორფუძიანი და ა. შ. ფუძიანობას განაპირობებს მოლეკულაში კარბოქსილის ჯგუფის რაოდენობა.

ერთფუძიანი

ორფუძიანი



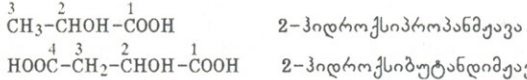


ბ) ორატომიანი, სამატომიანი და ა. შ. ატომიანობას განაპირობებს მოლეკულაში ყველა ჰიდროქსილის ჯგუფის რაოდენობა. მაგალითად, გლიკოლმჟავა ორატომიანია, ვაშლმჟავა - სამატომიანი.

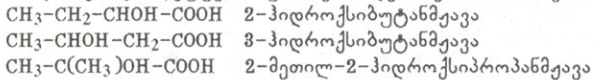
III. კარბოქსილის და ჰიდროქსილის ჯგუფის ურთიერთმდებარეობის მიხედვით განასხვავებენ  $\alpha$ ,  $\beta$  და სხვა ჰიდროქსიმჟავებს. სარგებლოდ ბერძნული ანბანით და კარბოქსილის გვერდით მდგარი ჰირველი ნახშირბადატომს აღნიშნავენ  $\alpha$ -თი, მეორეს  $\beta$ -თი, მესამეს -  $\gamma$ -თი და ა. შ. მაგალითად, რძემჟავა  $\alpha$ -ჰიდროქსიპროპანმჟავა.

**ნომენკლატურა.** ჰიდროქსიმჟავებისათვის ხშირად იყენებენ ისტორიულ სახელწოდებებს: რძემჟავა, ვაშლმჟავა, ნუშმჟავა, ლიმონმჟავა, ღვინომჟავა და სხვ., რაც მიუთითებს მათ ფართოდ გავრცელებას ბუნებაში.

საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით ჰიდროქსიმჟავების დასახელება ხდება კარბონმჟავების ანალოგიურად. იმ ნახშირბადატომის ნომერს, რომელთანაც არის დაკავშირებული ჰიდროქსილის ჯგუფი, ემატება თავსართი ჰიდროქსი. მაგალითად:



**იზომერია.** ჰიდროქსიმჟავას ახასიათებს ნახშირბადადგანი ჩონჩხის აღნაგობის, კარბოქსილის და ჰიდროქსილის ჯგუფების ურთიერთმდებარეობის იზომერია. მაგალითად:



**ქიმიური თვისებები.** ჰიდროქსიმჟავას ქიმიურ თვისებებს განაპირობებს კარბოქსილის და ჰიდროქსილის ჯგუფების არსებობა. უნდა გავითვალისწინოთ კარბოქსილის და ჰიდროქსილის ჯგუფების ურთიერთმდებარეობა (გაიხსენეთ ჰალოგენჩანაცვლებული კარბონმჟავას მჟავიანობა).  $\alpha$ -ჰიდროქსიმჟავას მჟავიანობა ცხადია, უფრო დიდი იქნება სხვა იზომერებთან შედარებით. ისინი ამჟღავნებენ როგორც მჟავურ, ისე სპირტული ჯგუფებისათვის დამახასიათებელ თვისებებს.

კარბოქსილის ჯგუფით განპირობებული რეაქციები. ჰიდროქსიმჟავები დისოცირდება:



ჰიდროქსიმჟავა კარბონმჟავას მსგავსად წარმოქმნის მარილებს, რთულ ეთერებს, ანჰიდრიდებს, ამიდებს. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობები. ორფუძიანი ჰიდროქსიმჟავა წარმოქმნის საშუალო და მჟავა მარილებს და ა. შ.

ჰიდროქსიჯგუფით განპირობებული რეაქციები. ჰიდროქსიმჟავა სპირტის მსგავსად წარმოქმნის მარტივ და რთულ ეთერებს, ალკოჰოლატებს (დაწერეთ რეაქციის ტოლობები).

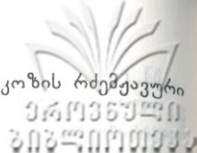
**მიღება.** ჰიდროქსიმჟავა მიიღება: ჰალოგენჩანაცვლებული მჟავას ჰიდროლიზით



ამ მეთოდით ლებულოდენ ჰიდროქსიმჟავას იზომერებს. უჯერი კარბონმჟავების ჰიდრატაციით



რეაქცია მიმდინარეობს მარკოვნიკოვის წესის საწინააღმდეგოდ. რატომ? ამ მეთოდით მიიღება  $\beta$ -ჰიდროქსიმჟავა.



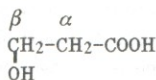
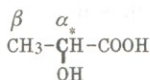
ჰიდროქსიმჟავები ორფუნქციური ნაერთებია.  
 ჰიდროქსიმჟავა ამჟღავნებს სპირტისა და კარბონმჟავას თვისებებს.

**სავარჯიშოები და ამოცანები**

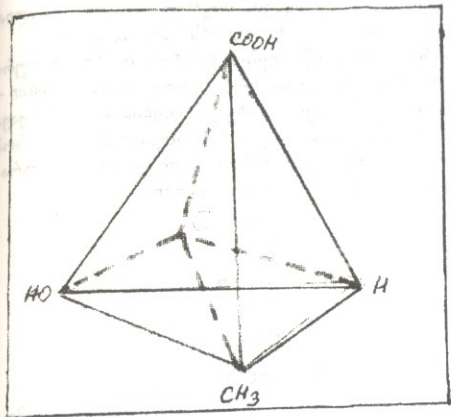
1. დაწერეთ სტრუქტურული ფორმულები ჰიდროქსიმჟავების იზომერებისა, რომელთა შედგენილობაა: ა)  $C_2H_4O_3$  ბ)  $C_3H_6O_3$  გ)  $C_4H_8O_3$ . დაასახელეთ ისინი საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით.
2. შეადგინეთ შემდეგი ჰიდროქსიმჟავების სტრუქტურული ფორმულები: ა)  $\alpha$ -ჰიდროქსივალერიანმჟავა, ბ)  $\beta$ -ჰიდროქსივალერიანმჟავა, გ)  $\gamma$ -ჰიდროქსიკაპრონმჟავა, დ)  $\alpha$ -ჰიდროქსიკაპრონმჟავა ე)  $\epsilon$ -ჰიდროქსიკაპრონმჟავა.
3. დაასახელეთ შემდეგი ჰიდროქსიმჟავები: ა)  $CH_2OH-COOH$ , ბ)  $CH_3-CHOH-COOH$ , გ)  $(CH_3)_2COH-COOH$ , დ)  $(CH_3)_2CH-CHOH-COOH$ , ე)  $C_6H_5-CHOH-COOH$ . განსაზღვრეთ თითოეული მჟავას ფუძიანობა და ატომიანობა.
4.  $\alpha$ -ჰიდროქსიპროპიონმჟავა ითვლება უფრო ძლიერ მჟავად, ვიდრე პროპიონმჟავა რატომ? პასუხისათვის გამოიყენეთ ელექტრონული წარმოდგენები.
5. რა ფიზიკური და ქიმიური თვისებებით ხასიათდება  $\alpha$ -ჰიდროქსიპროპიონმჟავა დაწერეთ შესაბამის რეაქციათა ტოლობები?

**§45. ოპტიკური იზომერია**

რქმჟავას მაგალითით უფრო საფუძვლიანად გავეცნოთ ორგანული ქიმიისათვის მეტად მნიშვნელოვან, ბუნებაში გავრცელებული მრავალი ნაერთისათვის დამახასიათებელ მოვლენას - ოპტიკურ იზომერიას (გვ. 16). იზომერებს ამ შემთხვევაში განასხვავებენ ოპტიკური<sup>1</sup> თვისებებით. ექპერიმენტით დადასტურებულია, რომ ჰიდროქსიპროპიონმჟავას ორი იზომერიდან  $\alpha$ -ჰიდროქსიმჟავა ოპტიკურად აქტიურია: თუ მის წყალხსნარში ან თვით მჟავაში ვატარებთ სინათლის პოლარიზებულ სხივს (ეს არის სხივი, რომელიც ირხევა მხოლოდ ერთ სიბრტყეში), იგი იცვლის მიმართულებას - გადაიხრება ან მარჯვნივ, ან მარცხნივ. რასთან არის ეს დაკავშირებული? დავაკვირდეთ ქვემოთ მოყვანილ სტრუქტურულ ფორმულებს:



1 ოპტიკა-ფიზიკის ერთ-ერთი ნაწილია, რომელიც შეისწავლის სინათლის სხივის ბუნებას და თვისებებს.

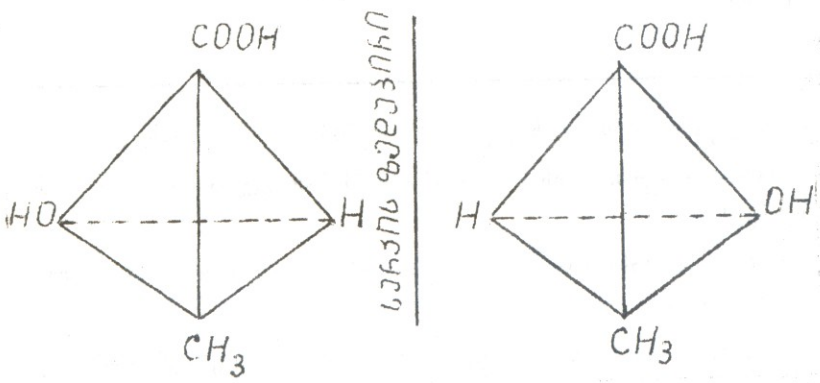


სურ. 25. რქემევაჲს ტეტრაედრული მოდელი.

მიაქციეთ ყურადღება  $\alpha$ -ჰიდროქსიმეჲვას ნახშირბადატომს, რომელიც აღნიშნულია ვარსკვლავით. ორივე მესაჲში მხოლოდ ეს ნახშირბადატომი უკავშირდება ოთხ სხვადასხვა ჩამნაცვლებელს ( $\text{CH}_3$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{H}$ ,  $\text{COOH}$ ). გავისხენოთ, რომ თუ ნახშირბადის ატომი მხოლოდ  $\sigma$ -ბმებს წარმოქმნის, იგი შეიძლება წარმოვიდგინოთ (სურ. 25) ტეტრაედრის ცენტრში, რომლის წვეროებში განლაგდებიან ჩამნაცვლებლები ( $\sigma$ -ბმების წარმოქმნაში მონაწილეობენ  $\text{sp}^3$  ჰიბრიდული ორბიტლები).

ასეთ შემთხვევაში დიდი მნიშვნელობა აქვს ჩამნაცვლებლების განლაგებას სივრცეში. ე. წ. ნახშირბადატომის კონფიგურაცია. თუ შევცვლით ჰიდროქსილის და წყალბადატომის განლაგებას, მივიღებთ მოლეკულების სარკისებურ გამოსახულებას. (სურ. 26)

აღსანიშნავია, რომ ასეთი ტეტრაედრების შეთავსება შეუძლებელია, ე.ი. საქმე გვაქვს ერთი და იმავე შედგენილობისა და სტრუქტურის, მაგრამ სხვადასხვა სივრცითი აღნაგობის ორ იზომერთან. ასეთ იზომერებს ოპტიკურ ანტიპოდებს უწოდებენ. ისინი სხვადასხვა მიმართულებით გადახრიან პლარისაციის სიბრტყეს. ამრიგად, ოპტიკური აქტიუობა განპირობებულია მოლეკულაში ისეთი ნახშირბადატომის არსებობით, რომელიც უკავშირდება ოთხ სხვადასხვა ჩამნაცვლებელს. ნახშირბადის ასეთ ატომს ჰირალური ატომს უწოდებენ (ხელის ბერძნული სახელწოდება). რადგან მარჯვენა და მარცხენა ხელი



სურ. 26. რქემევაჲს ოპტიკური იზომერების ტეტრაედრული მოდელები.

ერთმანეთის სარკისებური გამოსახულება და მათი შეთავსება სივრცეში შეუძლებელია, ისინი პირობითად შეგვიძლია მივაკუთვნოთ ოპტიკურ ანტიპოდებს (სურ. 2, გვ. 16).

მარჯვენა და მარცხენა ხელის ანალოგიურად ერთს უწოდებენ **R** იზომერს (ლათინური სიტყვისაგან rectus - მარჯვენა), მეორეს - **S** იზომერს (ლათინური სიტყვისაგან sinister - მარცხენა). შესაბამისად რძემჟავას ოპტიკური ანტიპოდების სახელწოდებაა **R** - რძემჟავა (მარჯვნივ გადამხრელი) და **S** - რძემჟავა (მარცხნივ გადამხრელი). გაითვალისწინეთ, რომ ოპტიკური იზომერების სტრუქტურულ ფორმულებს ადგენენ ზემოთ მოყვანილი ტეტრაედრული მოდელების ბრტყელი გამოსახულების შესაბამისად (ე. ფიშერი).



თუ შევეურევთ ანტიპოდების მოლელების თანაბარ რაოდენობას-დვამზადებთ ექვიმოლურ ნარევის, მივიღებთ ოპტიკურად უმოქმედო ნარევის, რომელსაც რაციმული ნარევი (რაციმატი) ეწოდება. ქირალური ნახშირბადატომი თქვენს მიერ შესწავლილ ბევრ ორგანულ ნივთიერებაში შეიძლება აღმოაჩინოთ. მაგალითად, ჰეპტანის ერთ-ერთ სტრუქტურულ იზომერს, 3-მეთილჰექსანს ორი ოპტიკური ანტიპოდი აქვს:



ოპტიკური იზომერების რაოდენობის განსაზღვრა შეიძლება ფორმულით  $N = 2^n$ , სადაც  $N$ -ოპტიკური იზომერების რაოდენობაა,  $n$  კი - ქირალური ნახშირბადატომებისა, განხილულ მაგალითში  $n=1$ . ოპტიკურ იზომერებს კვლავ შეხვდებით ნახშირწყლების შესწავლისას.

ოპტიკური იზომერია სივრცითი იზომერის ერთ-ერთი სახეა.

ნახშირბადატომის კონფიგურაცია აღწერს ჩამნაცვლებლების განლაგებას სივრცეში.

ქირალური ნახშირბადატომი დაკავშირებულია ოთხ სხვადასხვა ჩამნაცვლებულთან.

ოპტიკურ ანტიპოდებს ფიზიკური და ქიმიური თვისებები ერთნაირი აქვთ, ოპტიკური თვისებები კი - განსხვავებული.

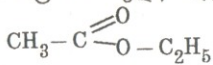


რთული ეთერები ქანგბადმემცველი ორგანული ნაერთების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან კლასს ქმნის და მიიღება როგორც არაორგანული, ისე ორგანული მყავებისაგან. იგი ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული სურნელოვანი ნივთიერებების, ცხიმებისა და სხვა ნაერთების სახით.

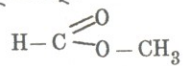
კარბონმაჰავს რთული ეთერი (მსტერი)

**ფიზიკური თვისებები.** ერთფუძიანი კარბონმაჰავს რთული ეთერი ხასიათდება სასიამოვნო სუნით. იგი თხევადი ნივთიერებაა. რომს ჭიანჭველმაჰავს ეთილეთერის სუნი აქვს, ანანასს – ერბომჰავა ბუტილეთერის, მსხალს – მმარმაჰავაიზოამილის ეთერისა და ა.შ. ყვავილების, ხილის, კენკროვანის სუნი მათში ამა თუ იმ რთული ეთერის შემცველობითაა განპირობებული. რთული ეთერის დუდილის ტემპერატურა შესაბამისი მჰავას დუდილის ტემპერატურაზე დაბალია, რადგან ეთერი არაასოცირებული სითხეა. ყველა ეთერი, უმარტივესების გამოკლებით, პრაქტიკულად წყალში უხსნადია.

**ნომენკლატურა.** რთული ეთერის სახელწოდება წარმოდგება შესაბამისი მჰავას და სპირტის სახელწოდებისაგან, მაგალითად:

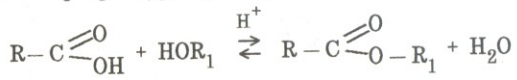


მმარმაჰავაეთილეთერი  
(ეთილაცეტატი)



ჭიანჭველმაჰავამთილეთერი  
(მთილფორმატი)

**მიღება და ჰიდროლიზი.** რთული ეთერის მიღების რეაქციის ტოლობა ზოგადი სახით ასე შეიძლება გამოვსახოთ:

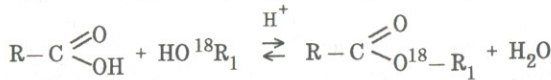


რეაქციის მიმდინარეობისათვის აუცილებელია ძლიერი მინერალური მჰავა, როგორც კატალიზატორი (რეაქციის ტოლობაში სიმარტივისათვის მჰავა აღნიშნულია  $\text{H}^+$ -ით). ხშირად იყენებენ კონცენტრირებულ გოგირდმჰავას. ეთერიფიკაციის რეაქცია შექცევადი პროცესია (პირდაპირს ეწოდება ეთერიფიკაცია, შებრუნებულს კი – ჰიდროლიზი). რეაქციის მიზნობრივი წარმართვისათვის რეაქციის ორივე მიმართულების ოპტიმალური პირობების დადგენას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ცნობილია, რომ ყოველი შექცევადი რეაქციის მიმდინარეობისას მყარდება წონასწორობა ე. ი. გარკვეული დროის შემდეგ პირდაპირი რეაქციის სიჩქარე გაუტოლდება შებრუნებულის სიჩქარეს. როგორ გადავხაროთ წონასწორობა სასურველი მიმართულებით? იმისათვის, რომ წონასწორობა ეთერის წარმოქმნის მხარეს გადაიხაროს, საჭიროა ხელი შევეშალოთ წარმოქმნილ ნივთიერებებს შორის რეაქციას, ამისათვის კი სარეაქციო ნარევიდან უნდა მოვაშოროთ ეთერი ან წყალი, ან გავზარდოთ ერთ-ერთი საწყისი ნივთიე-

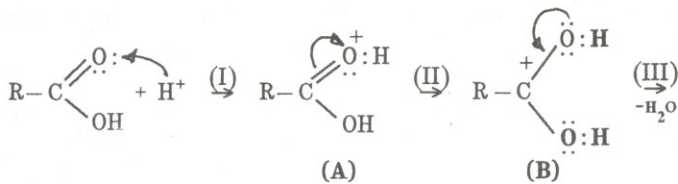
რების კონცენტრაცია. პირიქით, თუ საჭიროა ეთერის ჰიდროლიზი, რეაქციაში უნდა ჩაერთოს ტუტე. წარმოქმნილი მჟავა რეაქციაში შევატუტესთან, წარმოიქმნება მარილი და ამით თავიდან ავიცილებთ სპირტთან მისი ურთიერთქმედების შესაძლებლობას. შემდგომ კი მარილიდან ადვილად მიიღება მჟავა. რეაქციის მიზნობრივი წარმართვისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს რეაქციის მექანიზმის შესწავლას.

**ეთერიფიკაციის რეაქციის მექანიზმი.**

როგორც ტოლობიდან ჩანს, წყლის გამოყოფაში მონაწილეობს ორი ჰიდროქსილის ჯგუფი. რადგან წყალბადატომები მჟავაში უფრო მოძრავია, ვიდრე სპირტში, შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ეთერიფიკაციის რეაქციისას წყალბადატომები მჟავას მოლეკულას მოწყდება, ჰიდროქსილის ჯგუფი კი სპირტისას. მაგრამ ამ რეაქციის შესწავლისას „ნიშანდებული ეანგბადის“  $O^{18}$ -ის მეშვეობით დადგენილ იქნა, რომ წყალბადატომები გამოეყოფა სპირტის მოლეკულას, ჰიდროქსილის ჯგუფი კი-მჟავისას.



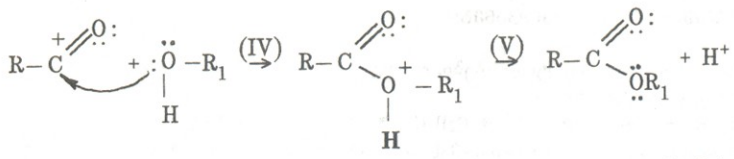
ახსნათ, რა არის ერთი შეხედვით ასეთი მოულოდნელი ექსპერიმენტული შედეგის მიზეზი. ეთერიფიკაციის რეაქცია არ მიმდინარეობს  $H^+$  იონის ( $H_2SO_4$ ) გარეშე. დავაკვირდეთ  $H^+$  იონის მოქმედებას სარეაქციო არეში. (I) საფეხურზე პროტონი უერთდება მჟავას მოლეკულის კარბონილის ეანგბადატომს განუყოფელი ელექტრონული წყვილის საშუალებით დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით, რის გამოც წარმოიქმნება შუალედური (A) პროლექტი, რომელშიც ეანგბადი დამუხტულია დადებითად. თუ გავითვალისწინებთ ეანგბადის დიდ ელექტროუარყოფითობას და აგრეთვე სრულ დადებით მუხტს (+), გასაგებია, რომ მისი გაბათილება მიმდინარეობს (II) საფეხურზე ორმაგი ბმის მეშვეობით. წარმოიქმნება B პროლექტი, რომელშიც სრული დადებითი მუხტი (+) უჩნდება ნახშირბადატომს. B პროლექტში, რომლის ერთ ნახშირბადატომთან ორი ჰიდროქსილის ჯგუფია მიერთებული, ხდება შიგამოლეკულური დეჰიდრატაცია გამოყოფა ((III) საფეხური). წარმოიქმნება D პროლექტი. საყურადღებოა, რომ D პროლექტი კარბკატიონია, რომელსაც უნარი აქვს მიიერთოს ნაწილობრივ უარყოფითად დამუხტული ნაწილაკი კი. მოცემულ შემთხვევაში ადვილად მყარდება ბმა კარბკატიონსა და სპირტის მოლეკულაში არსებულ ეანგბადატომს შორის მისი ერთ-ერთი განუყოფელი ელექტრონული წყვილის ხარჯზე დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით (IV) საფეხური). წარმოიქმნება E პროლექტი, რომელშიც ეანგბადატომს სრული დადებითი მუხტი (+) აქვს და მისი გაბათილება  $H^+$ -ის თვითნებური ჩამოცილებით ხორციელდება (V) საფეხური):





(D)

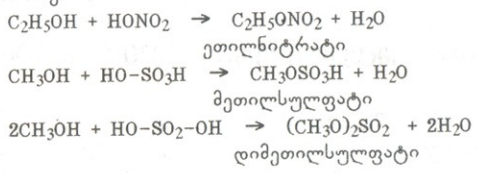
(E)



უნდა გავითვალისწინოთ, რომ სქემაზე ნაჩვენებია შუალედური პროდუქტების (A, B, D, E) ურთიერთგადასვლა სწრაფად და თვითნებურად მიმდინარეობს. მოლუნული ისრებით ნაჩვენებია ელექტრონული წყვილების გადანაცვლება. ამრიგად, რეაქციის მექანიზმის შესწავლის საფუძველზე გასაგები ხდება, რა დიდი მნიშვნელობა აქვს ეთერიფიკაციის რეაქციის წარმართვისათვის პროტონის, როგორც ტიპური კატალიზატორის გამოყენებას. ეთერიფიკაციის რეაქცია დამახასიათებელია ერთათომიანი და მრავალათომიანი სპირტებისა და ერთფუძიანი და მრავალფუძიანი მჟავებისათვის. ბუნებრივი ნაერთი-ცხიმში არის უმაღლესი კარბონმეჯავსა და სამატომიანი სპირტის-გლიცერინის რთული ეთერი.

**არორგანული მჟავას რთული ეთერი**

სპირტი ადვილად შედის რეაქციაში არორგანულ მჟავასთან და წარმოქმნის შესაბამის რთულ ეთერს. მჟავას ფუძიანობასთანაა დაკავშირებული სრული და არასრული (მჟავა ეთერების წარმოქმნა).



დიდი მნიშვნელობა აქვს გლიცერინის და აზოტმეჯავს ეთერიფიკაციის პროდუქტ-ტრინიტროგლიცერინის (გვ. 102). საერთოდ ეთერი ფართოდ გამოიყენება სინთეზში, აგრეთვე კვების მრეწველობასა და პარფიუმერიაში გამხსნელებად და სურნელოვან დანამატებად (დანართი 2 და 3).

—  $\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OR} \end{array}$  რთული ეთერის ფუნქციური ჯგუფი.

რთული ეთერის მიღებისას მყარდება დინამიკური წონასწორობა.

ეთერიფიკაცია მიმდინარეობს იონური მექანიზმით. ეთერიფიკაციის რეაქციის კატალიზატორია ძლიერი მინერალური მჟავა.

საპარაჯიშოები და ამოცანები

- დაწერეთ რეაქციის ტოლობები, რომელთა მიხედვით შეიძლება განვახორციელოთ შემდეგი გარდაქმნები:
  - $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{Br} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$
  - ეთილაცეტატი  $\rightarrow$  ნატრიუმის აცეტატი  $\rightarrow$  ძმარმჟავა  $\rightarrow$  მეთილაცეტატი. მიუთითეთ რეაქციის მიმდინარეობის პირობები.
- დაასახელეთ შემდეგი ეთერები: ა)  $\text{H}-\text{CO}-\text{OC}_4\text{H}_9$  ბ)  $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{OC}_2\text{H}_5$   
გ)  $\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{CO}-\text{CH}_3$  დ)  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{OCH}_3$
- დაწერეთ  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  შედგენილობის ყველა შესაძლო იზომერის სტრუქტურული ფორმულა.
- შეადგინეთ ყველა იზომერული მჟავასა და რთული ეთერის ფორმულა, რომელთა შედგენილობაა  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ .
- ოთხ უწარწერო სინჯარაში მოთავსებულია ეთანოლი, ეთილაცეტატი, ძმარმჟავა და აცეტალდეჰიდი. რომელი ქიმიური რეაქციების საშუალებით შეიძლება ამ ნივთიერებების გამოცნობა? დაწერეთ რეაქციის ტოლობები და მიუთითეთ მიმდინარეობის პირობები.

VII თავი

აზოტშემცველი ორგანული ნაერთები

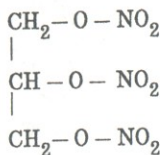
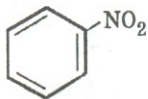
აზოტშემცველი ორგანული ნაერთები ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული. ისინი გამოიყენება მრეწველობის სხვადასხვა დარგში. განსაკუთრებით დიდია მათი როლი ბუნებაში, რადგან მათ მიეკუთვნება ისეთი ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი ნაერთები, როგორიცაა ცილები, ნუკლეინმჟავები. აზოტი მონაწილეობს სხვადასხვა ფუნქციური ჯგუფის წარმოქმნაში, როგორიცაა  $-\text{NO}_2$  (ნიტრო),  $-\text{NH}_2$  (ამინო),  $-\text{NO}$  (ნიტროზო) და სხვ. გავიხსენოთ

ნოთ აზოტის ატომის ელექტრონული აღნაგობა  $\cdot\ddot{\text{N}}\cdot (1s^2 2s^2 2p^3)$ .

ორგანულ ნაერთებში მისი ჟანგვითი რიცხვი  $\text{N}^{-3}$ ,  $\text{N}^{+3}$ ,  $\text{N}^{+5}$ .

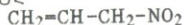
§47. ნიტრონაერთები

ორგანული ნაერთის შედგენილობაში აზოტი შეიძლება შედიოდეს აზოტმჟავას ნაშთის სახით. გაიხსენეთ უკვე შესწავლილი ნაერთები:



როგორც ხედავთ, ნიტრობენზოლში ნიტროჯგუფი უშუალოდაა დაკავშირებული ნახშირბადატომთან, ტრინიტროგლიცერინში კი—უანგბადის საშუალებით. პირველ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ნიტრონაერთებთან, რომელთა ზოგადი ფორმულაა  $\text{R}-\text{NO}_2$ , მეორე შემთხვევაში კი — არაორგანული მკავას რთულ ეთერთან.

**კლასიფიკაცია.** ნახშირწყალბადის რადიკალის შესაბამისად ნიტრონაერთები შეიძლება იყოს ნაჭერი, უჭერი, არომატული.



იმის მიხედვით, თუ რომელ ნახშირბადატომთან არის დაკავშირებული ნიტროჯგუფი, ნიტრონაერთი შეიძლება იყოს პირველადი  $\text{R}-\text{CH}_2-\text{NO}_2$ , მეორეული  $\text{R}_2\text{CH}-\text{NO}_2$ , მესამეული  $\text{R}_3\text{C}-\text{NO}_2$ .

**ნაჭერი ნიტრონაერთები.** კომოლოგიური რიგი. ფიზიკური თვისებები. ნიტრონაერთები უფერო, წყალში უხსნადი, დამახასიათებელი სუნის მქონე სითხეებია. მათი ფიზიკური მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში №11.

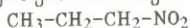
ცხრილი № 11

ნიტროალკანების კომოლოგიური რიგი და მათი თვისებები

სტრუქტურული ფორმულა	სახელწოდება	T <sub>დღ</sub> , °C	სიმკვრივე, ρ
$\text{CH}_3-\text{NO}_2$	ნიტრომეთანი	101,2	1,182
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NO}_2$	ნიტროეთანი	114,1	1,047
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NO}_2$	1-ნიტროპროპანი	131,2	1,008
$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{NO}_2)-\text{CH}_3$	2-ნიტროპროპანი	120,2	1,024
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NO}_2$	1-ნიტრობუტანი	152,9	-

ნიტრობენზოლი მაღალმდულარე (T<sub>დღ</sub> 211°C) ნუშის სუნის მქონე სითხეა. **ნომენკლატურა, იზომერია.** ნიტრონაერთების სახელწოდება წარმოდგება შესაბამისი ნახშირწყალბადის სახელწოდებისაგან, თუ მას დაუმატებთ თავსართს „ნიტრო“ (ცხრილი №11).

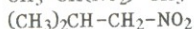
ნიტრონაერთებს ახასიათებს სხვადასხვა სახის სტრუქტურული იზომერია.



1-ნიტროპროპანი,



2-ნიტროპროპანი,



2-მეთილ-1-ნიტროპროპანი.

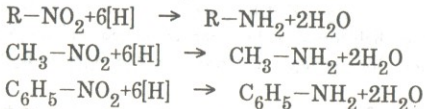
**აღნაგობა.** ნიტროჯგუფის ელექტრონული აღნაგობა, ისევე როგორც კარბოქსილატ-იონისა, შეიძლება წარმოვადგინოთ ორი თეორიულად ურთიერთგარდაქმნადი ფორმულით:



აზოტის ატომს აქვს სრული დადებითი (+) და ერთ ჟანგბადატომს სრული უარყოფითი (-) მუხტი. (I) და (II) ფორმულა აღწერს ელექტრონების თეორიულად შესაძლო განაწილებას, მაგრამ რეალურად ერთი ელექტრონული წყვილის სიმკვრივე თანაბრადაა განაწილებული O-N-O ბმებს შორის, ე.ი. ორივე ჟანგბადი ტოლფასია. ამას ადასტურებს რენტგენოსტრუქტურული ანალიზი. ჟანგბადის ორივე ატომსა და აზოტის ატომს შორის მანძილები ერთნაირია ე.ი. ხდება ბმების გათანაბრება.

ნიტროო ჯგუფი II რიგის ძლიერი ჩამნაცვლებელია (გვ. 82).

**ქიმიური თვისებები.** ნიტრონაერთების ქიმიური თვისებებიდან განვიხილოთ აღდგენის რეაქციები, რომელსაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. აღდგენის შედეგად მიიღება ამინები.



ნიტრონაერთების აღმდგენად ხშირად იყენებენ ატომურ წყალბადს, მოლეკულურს კი - კატალიზატორის თანაობისას.

**მიღება.** ნიტრონაერთები მიიღება ნახშირწყალბადების უშუალოდ ნიტრირებით. რეაქციასათვის იყენებენ სხვადასხვა კონცენტრაციის აზოტმკვავას. რეაქციის პირობების შერჩევაზე დიდ გავლენას ახდენს საწყისი ნახშირწყალბადის ბუნება. ალკანების ნიტრირება მიმდინარეობს რადიკალური მექანიზმით, არომატული ნახშირწყალბადებისა კი - იონურით (გვ. 31, 69). ნიტრონაერთებს იყენებენ გამხსნელად და საწყის პროდუქტებად ქიმიური მრეწველობის სხვადასხვა დარგში.

ნიტროჯგუფის ერთ-ერთი ძირითადი რეაქციაა აღდგენის რეაქცია, რომელსაც დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

**საკარჯიშოვანი და ამოცანები**

1. დაწერეთ შემდეგი ნიტრონაერთების სტრუქტურული ფორმულები: ა) 2,4-დინიტრო-3,3-დიმეთილჰექსანი; ბ) 2-ნიტრო-2-მეთილბუტანი; გ) 1-ნიტრო-პროპანოლ-2; დ) 2-ნიტრო-3,5-დიმეთილჰექსენ-3.
2. დაწერეთ შემდეგი ნიტრონაერთების აღდგენის რეაქციის ტოლობები:
  - ა)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NO}_2$  ბ)  $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NO}_2$  გ)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}(\text{NO}_2)\text{-CH}_3$

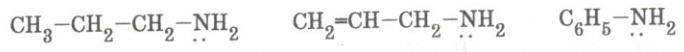


3. დაწერეთ ნიტრობენზოლის უახლოესი ჰომოლოგის - ნიტროტოლუოლის ყველა შესაძლო იზომერი და დაასახელეთ ისინი.
4. ნიტრომეთანის მისაღებად ლაბორატორიაში მონოქლორმარმევაზე მოქმედებენ ნატრიუმნიტრიტით. დაწერეთ რეაქციის ტოლობა.
5. დაწერეთ 2-ნიტროპროპანის და 1-ქლორ-2-ნიტრობენზოლის შესაბამისი ნახშირწყალბადებიდან მიღების რეაქციის ტოლობები.

**§48. ამინები**

აზოტი ორგანული ნაერთის შედგენილობაში შეიძლება შედიოდეს ამინოჯგუფის სახითაც. ასეთ ორგანულ ნივთიერებას ამინი ეწოდება. ამინები საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში უფრო ხშირად წარმოებულების სახით.

**კლასიფიკაცია.** ამინებში ნახშირწყალბადის რადიკალი შეიძლება იყოს ნაჯერი, უჯერი, არომატული.

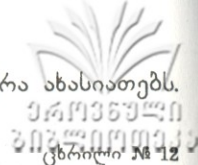


ამინები შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც ამიაკის მოლეკულაში წყალბადის ერთი, ორი ან სამივე ატომის ნახშირწყალბადის რადიკალით ჩანაცვლების პროდუქტები. შესაბამისად არსებობს პირველადი, მეორეული, მესამეული ამინები: ეს კლასიფიკაცია შეადარეთ სპირტებისა და ნიტრონაერთების კლასიფიკაციას.

პირველადი	$\text{CH}_3-\text{NH}_2$ მეთილამინი	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{NH}_2$ ეთილამინი
მეორეული	$\text{CH}_3-\text{NH}-\text{CH}_3$ დიმეთილამინი	$\text{CH}_3-\text{NH}-\text{C}_2\text{H}_5$ მეთილეთილამინი
მესამეული	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{N}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ ტრიმეთილამინი	

**პირველადი ამინების ჰომოლოგიური რიგი. ფიზიკური თვისებები.** უმარტივესი ამინები წყალში კარგად ხსნადი აირებია. შესაბამის ნიტრონაერ-

თებთან შედარებით მათ დაბალი დუღილის ტემპერატურა ახასიათებს. ამინების ფიზიკური თვისებები მოცემულია №12 ცხრილში.

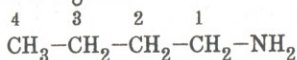


ამინების კოორდინირი რიგი და თვისებები

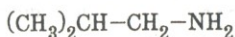
სტრუქტურული ფორმულა	სახელწოდება	T <sub>დღ</sub> , °C	სიმკვრივე, ρ
CH <sub>3</sub> -NH <sub>2</sub>	ამინომეთანი	-6,3	0,769
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -NH <sub>2</sub>	ამინოეთანი	16,6	0,706
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -NH <sub>2</sub>	ამინოპროპანი	47,5	0,741
CH <sub>3</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-CH <sub>3</sub>	ამინოიზოპროპანი	33	0,691

**ნომენკლატურა. იზომერია.** პირველადი ამინების სახელწოდება წარმოდგება შესაბამისი ნახშირწყალბადების სახელწოდებისაგან. საკმარისია თავსართად დაემატოს „ამინო“. საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით ამინოჯგუფის მდებარეობა აღინიშნება ციფრით.

ამინებს ახასიათებს სხვადასხვა სახის იზომერია. განვიხილოთ რამდენიმე ჩონჩხის იზომერია:

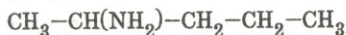


1-ამინობუტანი



2-მეთილ-1-ამინოპროპანი

ამინოჯგუფის მდებარეობის იზომერია:



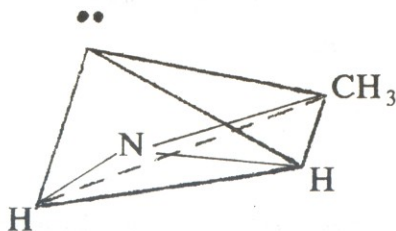
2-ამინოპენტანი



3-ამინოპენტანი

მეორეული და მესამეული ამინების დასახელებისას სიტყვა ამინის წინ წერენ რადიკალის სახელწოდებებს (გვ. 141).

**აღნაგობა.** ამინის მოლეკულის მოდელი გამოსახულია 27-ე სურათზე.

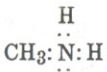


სურ. 27. მეთილამინის ტეტრაედრული და მოლეკულური მოდელი (ტეტრაედრის ერთ-ერთ წვეროში თავსდება განუყოფელი ელექტრონული წყვილი)



გავიხსენოთ ამიაკის ელექტრონული ფორმულა  $\text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H}$ . აზოტის ატომს აქვს ელექტრონების ერთი განუყოფელი წყვილი, რომელიც ქიმიური ბმის წარმოქმნაში არ მონაწილეობს.

ამინების ელექტრონული აღნაგობა ამიაკის აღნაგობის ანალოგიურია. აზოტის ატომს აქაც აქვს ელექტრონების განუყოფელი წყვილი, რაც მის უმნიშვნელოვანეს თვისებას – ფუძე თვისებას განაპირობებს.



გავითვალისწინოთ, რომ ამინოჯგუფის დაწერისას უნდა ვაჩვენოთ განუყოფელი ელექტრონული წყვილი. ამინების და ამიაკის ელექტრონული აღნაგობის მსგავსება როგორც წესი, მათ ქიმიურ თვისებებში ვლინდება.

**ქიმიური თვისებები.** ამინებს ამიაკის მსგავსად, ახასიათებს წვა, წყალსა და მჟავებთან რეაქციისას კი იგი ფუძის თვისებას ავლენს.

**წვის რეაქცია.** ნაჯერი რიგის ამინები ჰაერზე იწვის.

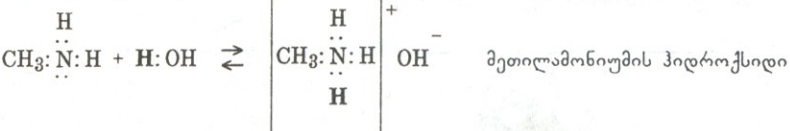


**ფუძე თვისებები.**

რეაქცია წყალთან.

თუ ამინს გავხსნით წყალში და შევამოწმებთ ლაკმუსით, დავრწმუნდებით, რომ ხსნარს ტუტე რეაქცია აქვს, ისევე როგორც ამიაკის წყალხსნარს.

წყალთან ურთიერთმოქმედებისას ეს ნივთიერება აზოტის განუყოფელი ელექტრონული წყვილით იერთებს პროტონს, რის გამოც ხსნარში გროვდება ჰიდროქსილიონები. ამიტომ ხსნარს ტუტე რეაქცია აქვს.



პროტოლიტური თეორიის თანახმად ფუძე პროტოლიტია, რომელიც იერთებს პროტონს. მაშასადამე, ამიაკიცა და მეთილამინიც ფუძეებია. რადგან მათ პროტონის მიერთების უნარი აქვთ.

**ამინებს ორგანულ ფუძეებს უწოდებენ.**

რეაქცია მჟავებთან.

ამინები ურთიერთმოქმედებს მჟავებთან, როგორც წყალთან, და წარმოქმნის მარილებს (ნეიტრალიზაციის რეაქცია).



მეთილამონიუმქლორიდი შეადარეთ ამონიუმქლორიდს. როგორც ხე-  
დავთ, ამიაკი და ამინი ერთმანეთს ჰგავს. ისმის კითხვა, რა განსხვავებაა მათ  
შორის?

მრავალი მაგალითია ცნობილი იმისა, რომ ნახშირწყალბადის რადიკალი ფაქტურა  
ახდენს კოვალენტური ბმის ელექტრონების გადანაცვლებაზე. რადიკალის გავლენით  $C \rightarrow N$   
ბმის ელექტრონული სიმკვრივე გადაზრია აზოტისაკენ, რის გამოც აზოტის ატომში  
ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე იზრდება და იგი უფრო ადვილად იერთებს  
დადებითად დამუხტულ ნაწილაკებს, რის შედეგადაც დადებითად დამუხტული ალკილ-  
მონიუმის იონი წარმოიქმნება. ამით აიხსნება ის, რომ ჩვენ მიერ განხილული ამინები  
უფრო ძლიერი ფუძეებია, ვიდრე ამიაკი.

ამინების თვისებებს გავეცნოთ აგრეთვე დიდი პრაქტიკული მნიშვნე-  
ლობის მქონე არომატული ამინის—ანილინის მაგალითით.

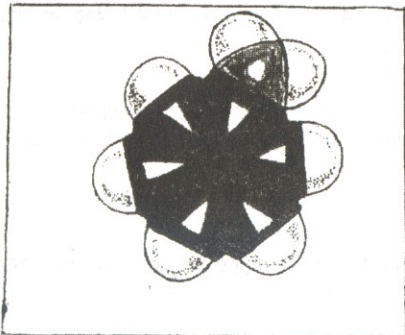
ამინებს, სხვა კლასის ნაერთებთან შედარებით, თავისებური კლასიფიკაცია  
აქვს.

აზოტის ატომის განუყოფელი ელექტრონების წვეილი განსაზღვრავს  
ამინების ფუძიანობას.

ამინების რეაქცია მკავებთან ნეიტრალიზაციის რეაქციაა.

**§49 ანილინი. ამინების სინთეზი**

ანილინი ან ამინობენზოლი (ფენილამინი) Nc1ccccc1 —ღია ჩალისფერი,



მალალმდულარე ( $T_{დულ} 184^{\circ}C$ ), ზეთო-  
ვანი სითხეა, რომელიც ნაწილობრი-  
ვი დაქანგვის გამო ჰაერზე მუქი ყა-  
ვისფერი ხდება. ანილინის მოლეკუ-  
ლის მოდელი მოცემულია 28-ე სუ-  
რათზე.

საინტერესოა, როგორ ვლინდება  
ანილინიში ფუძე თვისებები? იგი ლაქ-  
მუსს ფერს ვერ უცვლის, მაგრამ მკა-  
ვებთან ურთიერთქმედებისას წარ-  
მოქმნის მარილებს. ანილინს დაეუმა-  
ტოთ კონცენტრირებული მარილ-

სურ. 28. ანილინის მოლეკულის მოდელი.



მკავა. რეაქციის შედეგად გამოიყოფა სითბო და ნარევის გაცივებისას შე-  
ვამჩნევთ მარილის კრისტალებს.



თუ რეაქციის შედეგად მიღებულ მარილზე ვიმოქმედებთ ტუტის ხსნა-  
რით, ისევე ანილინი გამოიყოფა.



შეადარეთ ფენილამონიუმქლორიდი ამონიუმქლორიდს.

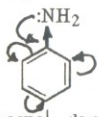
ამრიგად, ანილინს აქვს ფუძის თვისებები, მაგრამ ის უფრო სუსტი ფუძეა,  
ვიდრე ამიაკი და ნაჯერი რიგის ამინები. როგორ აიხსნება ეს?

ცხადია, აქ გავლენა აქვს ბენზოლის ბირთვს.

გავიხსენოთ, რომ ფენოლში  $C_6H_5OH$  - ბენზოლის ბირთვი თავისკენ იზიდავს  
ვანგბადის ატომის განუყოფელ ელექტრონებს, რის გამოც O-H ბმის პოლარობა და  
წყალბადატომის ძვრადობა და შესაბამისად, მკაფიანობაც იზრდება. ანილინის მოლეკუ-  
ლაში ბენზოლის ბირთვი თავისკენ იზიდავს ამინოჯგუფის აზოტის ატომის განუყოფელ  
ელექტრონულ წყვილს, რის გამოც აზოტში მცირდება ელექტრონული სიმკვრივე და,  
შესაბამისად, ნაერთის ფუძე თვისებებიც.

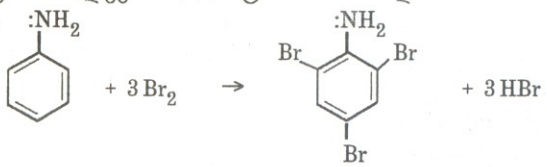
ისმის კითხვა: რა გავლენას ახდენს თავის მხრივ ამინო ჯგუფი ბენზოლის ბირთვზე?

უკვე იცით, რომ ამინოჯგუფის აზოტს აქვს განუყოფელი ელექტრონული წყვილი. იგი  
შეუღლებადია ბენზოლის ბირთვის  $\pi$ -სექსტეტთან, არღვევს მისი ელექტრონული ღრუბ-  
ლის თანაბარ განაწილებას, ამიტომ 2,4,6 ნახშირბადატომებთან იზრდება ელექტრონული  
სიმკვრივე, რაც ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



ე.ი. ამინოჯგუფი, როგორც ჰიდროქსილის ჯგუფი, I რიგის ჩამნაცვლებელია, ეს კი  
აპირბებებს ბენზოლის ბირთვის რეაქციისუნარიანობის გაზრდას (გვ. 82).

ანილინი რეაქციაში შედის ბრომიან წყალთან, რის შედეგადაც წარმოიქ-  
მნება თეთრი ფერის ნალექი -2,4,6- ტრიბრომანილინი:



წარმოქმნილი 2,4,6-ტრიბრომანილინი თეთრი ფერის კრისტალური ნა-  
ერთია. ეს არის ნარევი ანილინის აღმოჩენის რეაქცია.

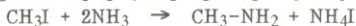
გავიხსენოთ, რომ ბენზოლი რეაქციაში არ შედის ბრომიან წყალთან.  
ამრიგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ამინოჯგუფი გავლენას ახდენს ბენ-

ზოლის ბირთვზე, ბენზოლის ბირთვი კი – ამინოჯგუფზე, ე.ი. ანილინის მოლეკულაში ხდება ატომთა ურთიერთგაველება.

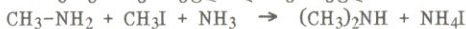
ანილინის დაქანგვა (მეანგავი – კალიუმის ბიქრომატის ნარევი კონცენტრირებული გოგირდმჟავასთან) მეტად მნიშვნელოვანი საწარმოო პროცესია. რეაქცია მიმდინარეობს საფეთხრობრივად, სხვადასხვა ფერის (იისფერი, ლურჯი, მუქი ლურჯი, მომწვანო შავი, შავი) რთული შიდეგნილობის ნარევის წარმოქმნით. საბოლოო დაქანგვის პროდუქტია – მაღალხარისხოვანი შავი ფერის საღებარი „შავი ანილინი“, რომლის მოლეკულური ფორმულაა  $(C_6H_5N)_x$ , სადაც  $x=8$ .

### ამინების მიღების ხერხები

პალოგენალკილებზე ამიაკის მოქმედება. ამიაკის სპირტხსნარს უმატებენ პალოგენალკანს და აცხელებენ, რის შედეგადაც მიიღება ამინონაერთების ნარევი. რეაქციის პირველი საფეხური მარტივად ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



ნარევიში აგრეთვე წარმოიქმნება მეორეული და მესამეული ამინი.

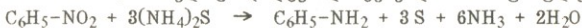


ნიტრონაერთების აღდგენა. ნიტრონაერთების წყალბადით აღდგენით პირველადი ამინები მიიღება (გვ. 140). ამ მეთოდით მიიღება ანილინიც.



უკანასკნელ წლებში უფრო პერსპექტიულად ითვლება კონტაქტური ხერხი: ნიტრობენზოლის ორთქლის და წყალბადის ნარევის ატარებენ კატალიზატორზე  $300^\circ C$ -ის ტემპერატურის პირობებში.

სინთეზურად ნიტრობენზოლიდან ანილინის მიღების რეაქცია ერთ-ერთმა პირველმა განახორციელა ნ. ზინინმა, რომელიც აღმდგენად იყენებდა ამონიუმსულფიდს:

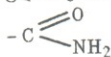


ნიტრონაერთების ამინებად გარდაქმნამ დასაწყისი მისცა ახალ ეპოქას ქიმიურ მრეწველობაში. მან დააჩქარა ორგანული ნაერთების – განსაკუთრებით ანილინის, საღებრებისა და სამკურნალო საშუალებების – სინთეზური წარმოების განვითარება. ანილინს განსაკუთრებით დიდი გამოყენება აქვს საღებრების წარმოებაში. მისი ჟანგვის შედეგად სხვადასხვა ფერის საღებრები მიიღება. დაქანგვის საბოლოო პროდუქტი კი საღებარი – შავი ანილინია, რომელიც ფერის განსაკუთრებული მდგრადობით გამოირჩევა. ანილინისაგან აგრეთვე ღებულობენ სამკურნალო საშუალებებს, ე.წ. სულფანილამიდურ პრეპარატებს, ფეტქებად ნივთიერებებს, მაღალმოლეკულურ ნაერთებსა და სხვ. ამინოჯგუფი ზრდის ბენზოლის ბირთვის რეაქციისუნარიანობას.

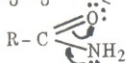
## §50. ამიდები



ამიდი შეიცავს თქვენთვის ცნობილ ამინოჯგუფს. ამიდი კარბონმეჯავს წარმოებულა მასში ამინოჯგუფი  $-NH_2$  დაკავშირებულია კარბონილურ ნახშირბადატომთან.



აზოტის ელექტრონების განუყოფელ წყვილზე გავლენას ახდენს კარბონილის ფუნქციური ჯგუფი. აზოტის ატომში ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე მცირდება, რის გამოც, როგორც წესი, ამიდი ფუძე თვისებას ალარ ამქლავენებს.



ამრიგად, ამინებსა და ამიდებს შორის მკვეთრი განსხვავებაა. ამიდს ახასიათებს მაღალი ქიმიური აქტივობა. ამიდი ადვილად შედის ალდგენის რეაქციაში წარმოიქმნება შესაბამისი ამინი:



ამიდი ჰიდროლიზდება მეჯვა არეში კარბონმეჯავს წარმოქმნით:



ამიდი მიიღება ჰალოგენანჰიდრიდზე ამიაკის მოქმედებით და კარბონმეჯავს ამონიუმის მარილის გახურებით. (გვ. 128).

ალსანიშნავია, რომ კარბოქსილისა და ამინოჯგუფის შემცველ ნაერთებს შორის მიმდინარეობს კონდენსაციის რეაქცია წყლის გამოყოფით:



რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება ჩანაცვლებული ამიდური ჯგუფი.

ამიდურ ჯგუფს შეიცავს ცილა (გვ. 176), სხვადასხვა შედგენილობის პოლიამიდი, მაგალითად: კაპრონი და ნაილონი (გვ. 203).

### საპარჯიშოები და ამოცანები

1. ახსენით, რატომ არ შეუძლია აზოტის ატომს ნახშირბადატომის მსგავსად გადავიდეს აგზნებულ მდგომარეობაში?
2. დაწერეთ ყველა შესაძლო სტრუქტურული ფორმულა იმ იზომერებისა, რომელთა შედგენილობაა  $C_4H_{11}N$ ; უჩვენეთ პირველადი, მეორეული, მესამეული ამინები. რომელ მათგანს აქვს უფრო მეტად გამოსახული ფუძე თვისებები?
3. შეადგინეთ ეთილამინის წვის რეაქციის ტოლობა (გაითვალისწინეთ, რომ ამ დროს აზოტი გამოიყოფა თავისუფალი სახით).
4. რით აიხსნება, რომ ფუძე თვისებები დიმეთილამინს უფრო მკვეთრად აქვს გამოსახული, ვიდრე მეთილამინს?
5. ფუძე თვისებების ზრდის მიხედვით განალაგეთ შემდეგი ნივთიერებები: დიმეთილამინი, ანილინი, ამიაკი, ეთილამინი, დიფენილამინი.
6. როგორ მიიღებთ კალციუმკარბიდისაგან ანილინს? შეადგინეთ რეაქციათა ტოლობები და მიუთითეთ მათი მიმდინარეობის პირობები.

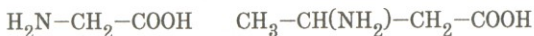
7. რა რეაქციების საშუალებით შეიძლება განვახორციელოთ შემდეგი გარდაქმნები:  
მეთანი → აცეტილენი → ბენზოლი → ნიტრობენზოლი  
→ ანილინი →  $\begin{cases} 2,4,6\text{-ტრიბრომანილინი} \\ \text{ფენილამონიუმქლორიდი} \end{cases}$
8. შეარჩიეთ შემდეგი ნარეკების დაყოფის ქიმიური ხერხები: ა) ეთილის სპირტისა და მარამეფას, ბ) ბუტილის სპირტისა და ფენოლის, გ) ბენზოლისა და ანილინის.
9. ფოტოგრაფიაში გამოყენებული პარა-ამინოფენოლის აღნაგობაა  $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}_2$ . ჩამოთვალეთ მისი ქიმიური თვისებები. დაწერეთ რეაქციათა ტოლოგები.
10. მოცემულია 10 გ. ანილინის ხსნარი ორგანულ გამხსნელში. ხსნარს ქარბად დაუმატეს ბრომი, რის შედეგადაც გამოიყო 6,6 გ. ნალექი. განსაზღვრეთ ხსნარში ანილინის მასური წილი(%).
11. რა განსხვავებაა ამინისა და ამიდის აღნაგობაში?
12. შეადგინეთ ვალერიანმეფას და კარონმეფას ამიდების ფორმულები.
13. განსაზღვრეთ კარბამიდში (შარლოვანა)  $\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2$ . აზოტის მასური წილი(%).
14. რა განაპირობებს ამიდების სუსტ ფუძე თვისებებს?
15. ბოქკო ნაილონს იღებენ ჰექსამეთილენდიამინისა  $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$  და აღიპინმეფას  $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$  პოლიკონდენსაციის რეაქციით. შეადგინეთ აღნიშნული რეაქციის ტოლოგა.
16. დაწერეთ დიმეთილანილინის, ეთილპროპილამინისა და დიმეთილამინის (4 იზომერი) სტრუქტურული ფორმულები.

### §51. ამინომჟავები

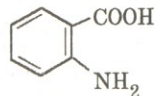
ამინომეფა, ჰიდროქსიმეფას მსგავსად, ორგვარი ფუნქციური ჯგუფის მქონე ნაერთებს მიეკუთვნება. ამინომეფა ერთდროულად შეიცავს ამინოჯგუფს  $-\text{NH}_2$  და კარბოქსილის ჯგუფს  $-\text{COOH}$ .

ამინომეფები ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში როგორც თავისუფალი, ისე მაღალმოლეკულური ნაერთების ფრაგმენტების სახით. ზოგიერთი ამინომეფას მოლეკულები შეიძლება განვიხილოთ, როგორც „აგურები“, რომლებსგანაც აგებულია ყველა მცენარეული და ცხოველური ცილა.

**კლასიფიკაცია.** ამინომეფებს განასხვავებენ რადიკალის ბუნების მიხედვით:



აცოკლური



არომატული

მოლეკულაში ამინო - და კარბოქსილის ჯგუფების რაოდენობისა და მათი ურთიერთმდებარეობის მიხედვით:



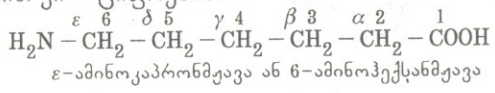
ერთფუძიანი დიამინომეფა



ორფუძიანი მონოამინომეფა.



**ნომენკლატურა. იზომერია.** ხშირად ამინოჯგუფის მდებარეობას კარბოქსილის ჯგუფის მიმართ აღნიშნავენ ბერძნული ასოებით, საერთაშორისო ნომენკლატურით კი - ციფრებით.



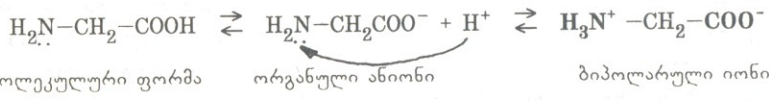
ზოგიერთ α-ამინომჟავას შემორჩა ისტორიული სახელწოდება, რომელთაც ცილების ქიმილაში ვხვდებით (გვ. 176). ამინომჟავებს მრავალი სახის იზომერია ახასიათებს.

**ფიზიკური თვისებები.** ამინომჟავა უფერო კრისტალური ნივთიერებაა. წყალში იხსნება და ბევრ მათგანს მოტკბო გემო აქვს.

**ქიმიური თვისებები.** ამინომჟავები შეიცავენ თქვენთვის ცნობილ ფუნქციურ ჯგუფებს, რომელთა მიხედვითაც შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მათთვის დამახასიათებელი უნდა იყოს როგორც მჟავას, ასევე ფუძის თვისებები.

საინტერესოა, როგორია მათი წყალხსნარების რეაქცია? ცდა გვიჩვენებს, რომ რეაქცია-ნეიტრალურია, თუ ამინომჟავაში ერთი ამინო და ერთი კარბოქსიჯგუფია. როგორ აიხსნება ეს?

კარბოქსილის ფუნქციური ჯგუფიდან ჩამოცილებულ პროტონს იერთებს ამინოჯგუფი, რის შედეგადაც წარმოიქმნება შიდამოლეკულური მარილი. მას ბიპოლარულ იონს უწოდებენ.



იმ შემთხვევაში, როდესაც ამინომჟავას მოლეკულაში ამინოჯგუფისა და კარბოქსილის ჯგუფების რაოდენობა ერთნაირი არ არის, იმის მიხედვით, თუ რომელი ფუნქციური ჯგუფის რაოდენობაა მეტი, მჟავას წყალხსნარს ექნება მჟავა ან ტუტე რეაქცია.

ამინომჟავა ორგანული ამფოტერული ნაერთია. იგი წარმოქმნის მარილს: ტუტესთან ურთიერთმოქმედებს, როგორც მჟავა



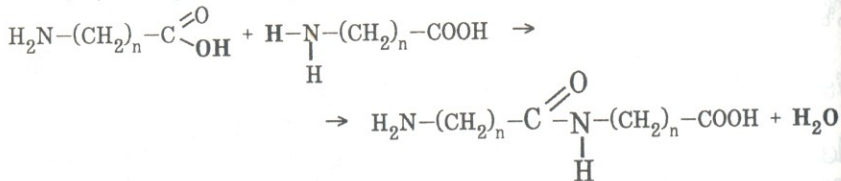
მჟავასთან ურთიერთმოქმედებს, როგორც ფუძე:



შეადარეთ ერთმანეთს ამინომჟავებისა და არაორგანული ნაერთების ამფოტერობა.

ამინომჟავები, როგორც ორგანული მჟავები, წარმოქმნიან კარბონატურ და კარბონილურ ჯგუფებს, ქლორანჰიდრიდებს, ამიდებს და ა. შ. შეადგინეთ რეაქციის ტოლობები.

**პოლიკონდენსაციის რეაქცია.** ამინომჟავები ერთმანეთთან შედიან რეაქციაში და წარმოქმნიან მაღალმოლეკულურ ნაერთებს—პოლიამიდებს:



წარმოქმნილი მოლეკულა რეაგირებს ამინომჟავას მესამე მოლეკულასთან და ა. შ. მიმდინარეობს ტიპური პოლიკონდენსაციის რეაქცია. მიღებულ მაღალმოლეკულურ ნაერთში შეამჩნევთ ატომთა ჯგუფს (-CO-NH-), რომელსაც **ამიდურ ფუნქციურ ჯგუფს** უწოდებენ.

პოლიამიდებს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. α-ამინომჟავების პოლიკონდენსაცია არის ცილების მიღების ერთ-ერთი პირველი საფეხური (გვ. 176). სხვა ამინომჟავების პოლიკონდენსაციით ღებულობენ მაღალმოლეკულურ ნაერთებს — სინთეზურ ბოჭკოს (გვ. 203). აღსანიშნავია, რომ ეს ნაერთები მოლეკულაში შეიცავენ ამიდურ დაჯგუფებებს. მაგალითად, ε-ამინოკაპრონმჟავას პოლიკონდენსაციით მიიღება პოლიკაპრონამიდი, რომლისგანაც ამზადებენ სინთეზურ ბოჭკოს — კაპრონს.

**ამინომჟავების მიღება.** ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი ამინომჟავები შეიძლება მივიღოთ ცილების ჰიდროლიზით (გვ. 178).

ამინომჟავას მიღება შეიძლება სინთეზური გზითაც. საწყისი ნაერთია შესაბამისი ქლორკარბონმჟავა, რომელშიც ამიაკთან ურთიერქმედებისას ადვილად ჩაენაცვლება ქლორის ატომით.



ამინომჟავები ორფუნქციური ნაერთებია.

ამინომჟავები ამფოტერული ნაერთებია.

პოლიკონდენსაციის რეაქცია ამინომჟავების ერთ-ერთი მთავარი თვისებაა



ქართული  
საბუნების  
მეცნიერებათა  
აკადემია

### სავარჯიშოები და ამოცანები

1. ამფოტერული ქიმიური თვისებების მქონე რა ორგანულ ნივთიერებებს იცნობთ შეადგინეთ მათი სტრუქტურული ფორმულები და მოკლედ დაახასიათეთ.
2. დაწერეთ იმ იზომერული ამინომჟავების სტრუქტურული ფორმულები, რომელთა შედგენილობაა:
  - ა)  $C_3H_7O_2N$  (ორი იზომერი); ბ)  $C_4H_9O_2N$  (ხუთი იზომერი) და დაასახელეთ ისინი.
3. დაწერეთ სტრუქტურული ფორმულები:
  - ა)  $\gamma$ -ამინოვალერიანმჟავას,
  - ბ)  $\beta$ -ამინოკაპრონმჟავას,
  - გ) 2-ამინო-3-მეთილპენტანმჟავას.
4. დაწერეთ იმ რეაქციის ტოლობები, რომლის შედეგადაც მიიღება ამინომჟავა (გლიცინი), თუ საწყისი ნივთიერება ეთილის სპირტია.
5. დაწერეთ ამინოკაპრონმჟავას ყველაიზომერი, რომელიც არ შეიცავს მესამეულ ნახშირბადატომს.

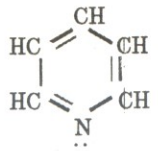
### §52. ავოტოჰემიკალი კატაროციკლური ნაერთები

ციკლური აღნაგობის ნაერთებს, რომელთა ციკლის შედგენილობაში ნახშირბადატომებთან ერთად სხვა ელემენტის ატომებიც შედის, ჰეტეროციკლური ეწოდება (ბერძნულად „ჰეტეროს“ – სხვა). ამ ელემენტის ატომებს ჰეტეროატომებს უწოდებენ. ჰეტეროატომებია: აზოტის, ჟანგბადის, გოგირდის, სილიციუმის და სხვ.

ჰეტეროციკლური ნაერთები ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში. ისინი შედიან ცოცხალი ორგანიზმების შედგენილობაში, ქვანახშირის ფისში და სხვ. ორგანულ ქიმიაში ეს ნაერთები ცალკე შესწავლის საგანია.

ჰეტეროციკლური ორგანული ნივთიერებებიდან დიდი მნიშვნელობა აქვს იმ ნაერთებს, რომლებიც ნახშირბადთან ერთად ციკლის შედგენილობაში აზოტის ერთ ან რამდენიმე ატომს შეიცავენ. ჰეტეროციკლური ნაერთებიდან მნიშვნელოვანია ხუთ – და ექვსწევრიანი ჰეტეროციკლები: პიროლი, პირიდინი და სხვ.

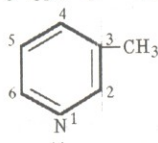
**პირიდინი.**  $C_5H_5N$  ექვსწევრიანი ციკლური ნაერთია, რომელიც შეიცავს ერთ ჰეტეროატომს – აზოტს. მისი სტრუქტურული ფორმულაა:



პირიდინი უფერო სითხეა ( $T_{\text{დუღ}} = 115,3^{\circ}\text{C}$ ), არასასიამოვნო სუნი აქვს. წყალში კარგად იხსნება. პირიდინი შედის ყავის ზეთის შედგენილობაში.

პირიდინსა და მის ჰომოლოგებს შეიცავს ქვანახშირის ფისი, რომელიც გამოიყენება მათ მისაღებად.

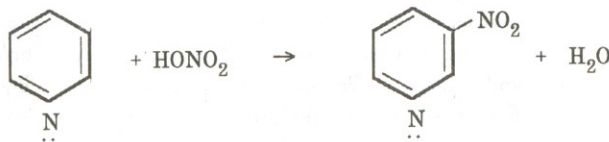
**აღნაგობა.** პირიდინი, ბენზოლის მსგავსად, მიეკუთვნება არომატულ ნივთიერებს. პირიდინის მოლეკულა ბრტყელია. ნახშირბადატომი  $sp^2$  ჰიბრიდულ მდგომარეობაშია. ბენზოლისაგან განსხვავებით ერთი  $-CH-$  ჯგუფი შეცვლილია აზოტის ატომით. იგი თავისი ორი გაუწყვილებელი ელექტრონით  $\sigma$ -ბმებს წარმოქმნის მეზობელ ნახშირბადატომებთან, ხოლო ერთი გაუწყვილებელი ელექტრონი მონაწილეობს  $\pi$ -სექსტეტის წარმოქმნაში. აზოტის ატომს რჩება ერთი განუყოფელი ელექტრონული წყვილი. ნახშირბადატომებთან შედარებით აზოტის ატომის უფრო მაღალი ელექტროუარყოფითობა განაპირობებს პირიდინის ბირთვში  $\pi$ -ელექტრონული ღრუბლის არათანაბარ განაწილებას. ამის გამო უკვე ერთნაირცვლელ პირიდინის წარმოებულს აქვს სამი იზომერი. მათი სახელწოდება აღებულია ციკლური ნაერთების ნომენკლატურიდან, იმის გათვალისწინებით, რომ ციკლის ატომების დანომვრა ყოველთვის იწყება აზოტის ატომიდან.



3-მეთილპირიდინი.

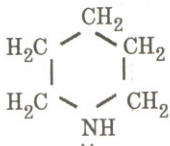
**ქიმიური თვისებები.** პირიდინის მოლეკულის აღნაგობა განაპირობებს მის მსგავსებას ბენზოლსა და ამინებთან.

პირიდინი, ბენზოლის მსგავსად, მდგრადია მუანგავების მოქმედებისადმი. მას ახასიათებს ჩანაცვლების და მიერთების რეაქციები: ნიტრირების რეაქცია. რეაქციისათვის საჭიროა კატალიზატორი და მკაცრი პირობები:



3-ნიტროპირიდინი

**ჰიდრირების რეაქცია.** რეაქციის შედეგად მიიღება პიპერიდინი ( $T_{\text{ლულ}} = 106^{\circ}\text{C}$ ):



შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა.

პირიდინს, ამინების მსგავსად, ახასიათებს ფუძე თვისებები, რაც განპირობებულია აზოტის ატომის განუყოფელი ელექტრონული წყვილის არსე-



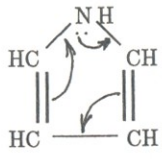


ბოზით. მას შეუძლია მიიერთოს წყლის მოლეკულიდან წყალბადი პროტონის სახით, რის გამოც პირიდინის წყალხსნარში ლაკმუსი ლურჯდება: **ნარკვეული ბიოლოგიური**



პირიდინი მკავასთან ურთიერთმოქმედებისას წარმოქმნის მარილს. დაწერეთ მარილმკავასთან მისი ურთიერთმოქმედების რეაქციის ტოლობა და შეადარეთ იგი ამიაკსა და ამინებს. ამრიგად, პირიდინი—ჰეტეროციკლური აღნაგობის ნაერთი—არომატული ნაერთების თვისებების მქონე აზოტმემცველი ფუძეა.

**პიროლი.**  $C_4H_4NH$  ხუთწევრიანი ჰეტეროციკლური ნაერთია. მისი სტრუქტურული ფორმულაა



პიროლი უფერო სითხეა ( $T_{დუღ} = 129,8^{\circ}C$ ), წყალში ნაწილობრივ იხსნება. ისევე როგორც პირიდინი, იგი მიიღება ქვანახშირის ფისისაგან. პიროლის ბირთვი შედის ქლოროფილის, ჰემოგლობინისა და ზოგიერთი ცილის შედგენილობაში.

**აღნაგობა.** პიროლის მოლეკულაში თითოეული ნახშირბადატომი წარმოქმნის სამ  $\sigma$ -ბმას. ოთხივე ნახშირბადატომს კიდევ რჩება თითო გაუწყვილებელი p ელექტრონი. აზოტის ატომის სამი გაუწყვილებელი ელექტრონი მონაწილეობს  $\sigma$ -ბმის წარმოქმნაში. დარჩენილი ორი განუყოფელი ელექტრონი კი ოთხი ნახშირბადატომის ოთხ p-ელექტრონთან ერთად მონაწილეობს  $\pi$ -სექსტეტის წარმოქმნაში, რაც აღნიშნულია მოლუნული ისრებით.

ამრიგად, ხუთწევრიანი ციკლის გასწვრივ განაწილებულია  $\pi$ -სექსტეტის სიმკვრივე და მისთვისაც დამახასიათებელია არომატულობა. ახასიათებს აგრეთვე მდგრადობა მკანავების ზემოქმედებისადმი, ჩანაცვლების რეაქციები და სხვ. პიროლში, როგორც პირიდინში  $\pi$ -ელექტრონული ღრუბლის განაწილება არ იქნება თანაბარი და ამის გამო ერთნაწილებულ პიროლსაც აქვს იზომერები (რამდენი?).

პირიდინი და პიროლი გამოიყენება სამედიცინო პრეპარატების, საღებრების, ინსექტიციდების და სხვათა წარმოებაში. ეთილის სპირტს უმატებენ პირიდინს, რის გამოც იგი არასასიამოვნო სუნს ღებულობს. ასეთ სპირტს დენატურატს უწოდებენ.

ჰეტეროციკლის წარმოქმნაში ნახშირბადატომის კარდა უნდა მონაწილეობდეს სხვა ელემენტის ატომი.

პირიდინი არომატული თვისებების მქონე ნაერთია. აზოტის განუყოფელი ელექტრონული წყვილი განაპირობებს პირიდინის ფუძე თვისებებს.



1. როგორ ნაერთს ეწოდება ჰეტეროციკლური?
2. შეადგინეთ პირიდინისა და პიროლის უახლოესი ჰომოლოგების ფორმულები.
3. როგორ აიხსნება, რომ აზოტის ატომის განუყოფელი ელექტრონული წყვილი სხვადასხვანაირად აღინიშნება პირიდინისა და პიროლის ფორმულებში?
4. რატომ იხსნება პირიდინი წყალში კარგად, პიროლი კი - ცუდად?
5. დაწერეთ ნიტროპირიდინის და მეთილპიროლის ყველა იზომერის სტრუქტურული ფორმულა და დაასახელეთ ისინი.
6. შეადგინეთ პიროლის სრული ჰიდრირების რეაქციის ტოლობა. შეადარეთ წარმოქმნილი ნივთიერების (პიროლიდინის) და პიროლის ფუძიანობა.
7. დაწერეთ პიროლის ალკილირების რეაქციის ტოლობა (გაითვალისწინეთ, რომ ჩანაცვლება ხდება 2 ან 5 მდებარეობაში).

## VIII თაპი

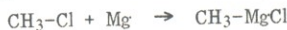
### ელემენტორბანული ნაერთები

ელემენტორბანული ქიმია აერთიანებს იმ ორგანულ ნაერთებს, რომელთა მოლეკულები ნახშირბადის, წყალბადის, ჟანგბადის, აზოტის, გოგირდის, ფოსფორისა და ჰალოგენების გარდა სხვა ელემენტებსაც შეიცავს. ელემენტორბანულმა ქიმიამ დამოუკიდებელი მიმართულება მიიღო, რაც განაპირობა ელემენტორბანული ნაერთების სპეციფიკურმა თვისებებმა და გამოყენებამ ორგანულ სინთეზსა და მრეწველობის სხვადასხვა დარგში. მათი გამოყენების სფერო დღითიდღე ფართოვდება. ელემენტორბანული ნაერთები იმდენად მრავალფეროვანია, რომ ცინკორბანული, მაგნიუმორბანული, ფოსფორორბანული, სილიციუმორბანული და სხვა ელემენტორბანული ნაერთების ქიმია ცალკე დარგებად არის გამოყოფილი. ასეთ ნაერთებში ნახშირბადატომი უშუალოდ უკავშირდება მოცემულ ელემენტის ატომს.

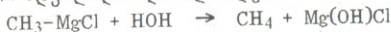
#### §53. მეტალორბანული ნაერთები

მეტალორბანულ ნაერთში ნახშირბადატომი უშუალოდ უკავშირდება მეტალის ატომს. ვახსენეთ მარილები, ფენოლატები, ალკოჰოლატები, რომლებიც შეიცავენ მეტალს, მაგრამ არ მიეკუთვნებიან მეტალორბანულ ნაერთებს. რატომ? დღეისათვის მიღებულია პერიოდული სისტემის თითქმის ყველა მეტალის შემცველი მეტალორბანული ნაერთი, მაგრამ მათი გამოყენების სფერო არ არის ერთნაირი. მეტალორბანული ნაერთებიდან ორგანულ სინთეზში ყველაზე ხშირად იყენებენ მაგნიუმორბანულ ნაერთებს, რაც დაკავშირებულია იმასთან, რომ ისინი შედარებით ადვილად მიიღებიან და დიდი რეაქციისუნარიანობით ხასიათდებიან. მაგნიუმორბანული ნაერთები, ე.წ. გრინიარის რეაგენტები, შეიძლება გამოვსახოთ ფორმულით  $R-Mg-X$ , სადაც  $X$  - ჰალოგენის ატომია.

უმარტივესი მაგნიუმორგანული ნაერთია  $\text{CH}_3\text{-Mg-Cl}$  მეთილმაგნიუმქლორიდი.  $\text{C}^{\delta-} \leftarrow \text{Mg}^{\delta+}$  ბმის ელექტრონული სიმკვრივე გადაწეულია ნახშირბადატომისაკენ, რის გამოც შესაბამისი ნაწილობრივი მუხტები წარმოიქმნება. გრინიარის რეაგენტი მიიღება აბსოლუტურად ეთერის (აბსოლუტურად გამომშრალი ეთილის ეთერი) არეში მაგნიუმის ბურბუღებით. ჰალოგენალკანის მოქმედებით.



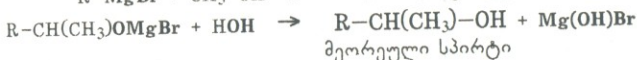
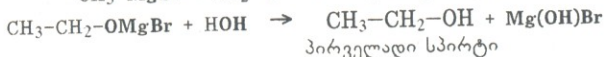
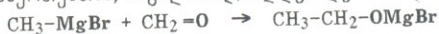
წარმოქმნილი ნაერთი ადვილად ჰიდროლიზდება:



ამ რეაქციით სუფთა ნახშირწყალბადების მიღება შეიძლება.

ახსენით, გრინიარის რეაგენტის მისაღებად რატომ არის საჭირო, რომ დიეთილეთერი აბსოლუტურად მშრალი იყოს?

მაგნიუმორგანული ნაერთები ადვილად შედის რეაქციაში მკვეთრად გამოხატული პოლარობის მქონე ნაერთებთან, მაგალითად, ალდეჰიდებთან და კეტონებთან:



როგორც ხედავთ, ამ რეაქციების საფუძველზე მაგნიუმორგანული ნაერთების მეშვეობით შეგვიძლია მივიღოთ ნებისმიერი შედგენილობის და აღნაგობის სპირტი. გრინიარის რეაგენტების გამოყენებით შეგვიძლია მივიღოთ ორგანული ნაერთების მრავალი კლასის წარმომადგენელი. ამასთან აღსანიშნავია, რომ რეაქცია მიმდინარეობს ახალი C-C ბმის წარმოქმნით.

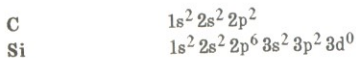
### RMgX-გრინიარის რეაგენტი.

გ. გრინიარი (1871-1935) ფრანგი ქიმიკოს-ორგანიკოსი. ჰირველმა მიიღო მაგნიუმორგანული ნაერთები და წარმატებით გამოიყენა ისინი სხვადასხვა კლასის ნაერთების მისაღებად.

### §54 სილიციუმორგანული ნაერთები

სილიციუმორგანული ნაერთის მოლეკულა შეიცავს სილიციუმის ერთ ან რამდენიმე ატომს, რომელიც დაკავშირებულია ნახშირბადატომთან უშუალოდ ან სხვა ელემენტის (O,N) საშუალებით.

გავიხსენოთ ნახშირბადისა და სილიციუმის ატომების ელექტრონული კონფიგურაცია:

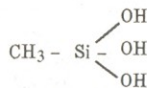
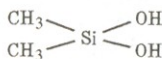
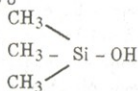


სილიციუმის ატომის აღნაგობიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ნახშირბადთან შედარებით მისი ელექტროუარყოფითობა ნაკლებია, ამიტომ იგი უფრო მეტად ემდობა ნებს მეტალურ თვისებებს.

სილიციუმორგანულ ნაერთებს ბევრი საერთო აქვს კლასიკურ ორგანულ ნაერთებთან, მაგრამ ამავე დროს ხასიათდება სპეციფიკური თვისებებით, რაც განპირობებულია იმით, რომ ნახშირბადისაგან განსხვავებით ბმების წარმოქმნაში შეუძლია მონაწილეობა მიიღოს მძობრბიტალმაც. Si-Si ბმის ენერგია უფრო ნაკლებია, ვიდრე C-C ბმისა, ხოლო Si-O ბმის ენერგია კი C-O ბმის ენერგიაზე მეტია (დანართი 1). ბმების ენერგიებს შორის სხვაობა განაპირობებს იმას, რომ ნახშირბადატომი წარმოქმნის C-C ბმების შემცველ გრძელჯაჭვიან ზაზოვან და განტოტვილ გრძელჯაჭვიან უამრავ ნაერთს, მაშინ, როდესაც Si-Si ბმების შემცველი სილიციუმწყალბადების-სილანების რიცხვი, მათი უმდგრადობის გამო ძალიან მცირეა. ალკანების მსგავსად არსებობს სილანების პომოლოგიური რიგი, რომლის ზოგადი ფორმულაა:  $Si_nH_{2n+2}$ , მაგრამ ეს რიგი ძალიან მოკლეა, რადგან უკვე რვა Si ატომის შემცველი ჩონჩხი არამდგრადია და იშლება.

სილიციუმორგანული ნაერთების გრძელი ჯაჭვები წარმოიქმნება, როდესაც სილიციუმის ატომები ერთმანეთთან ჟანგბადის ატომებითაა დაკავშირებული. ასეთი ნაერთები ხასიათდება დიდი თერმომდეგობით.

სილიციუმორგანულ ნაერთებს ახასიათებს თერმომდეგობა, ტენის მოქმედების მიმართ მდგრადობა, ელასტიკურობა. მათ ტემპერატურათა ფართო ინტერვალში კარგი ელექტროიზოლაციის უნარი აქვთ. ყოველივე ეს განაპირობებს მათ უდიდეს გამოყენებას მშენებლობაში, ელექტროტექნიკასა და მრეწველობის სხვადასხვა დარგში. სილიციუმორგანული ნაერთებისაგან ამზადებენ სპეციალური დანიშნულების საპოზ ზეთებს. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ მსგავსად ნახშირბადშემცველი ორგანული ნაერთების კლასებისა არსებობს სილიციუმორგანული ნაერთების კლასები. სილანოლები, სპირტების ანალოგები:



ტრიმეთილსილანოლი დიმეთილსილანდიოლი მეთილსილანტრიოლი  
მათთვის დამახასიათებელია წყლის გამოყოფა გაცხელებისას და მტკიცე Si-O ბმის შემცველი მაღალმოლეკულური თერმომდეგი ნაერთების (სილოქსანების) წარმოქმნა:



### საპარაჟიშოვავი და ამოცანავი

1. დაწერეთ აცეტონისა და პროპანალის  $C_2H_5MgCl$ -თან ურთიერთმოქმედების რეაქციის ტოლობა და მიღებული ნაერთების შემდგომი ჰიდროლიზის რეაქცია. დაასახელოთ მიღებული ნაერთები.
2. ცნობილია, რომ ჩვეულებრივ პირობებში მეთანი წყალთან არ ურთიერთმოქმედებს, სილანი კი შედის მასთან რეაქციაში. რითაა ეს გამოწვეული? დაწერეთ ერთ-ერთი შესაძლო რეაქციის ტოლობა.

## ელემენტარული ბიოორგანული ქიმია

XX საუკუნის მეორე ნახევარში ცალკე დარგად გამოიყო ბიოორგანული ქიმია, რომლის მიზანია ორგანული ქიმიის მეთოდების საშუალებით ბიოლოგიურად მნიშვნელოვან, ე.ი. ცოცხალი ორგანიზმის შემადგენელ ნაერთთა სტრუქტურის და რეაქციისუნარიანობის შესწავლა. ბიოორგანულ ნაერთთა ძირითადი კლასებია მეტად მნიშვნელოვანი რთული აღნაგობის ნაერთები: ნახშირწყლები, ცხიმები, ცილები, ნუკლეინმჟავები და სხვ.

### IX თავი

#### ნახშირწყლები

ნახშირწყლები ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში და ასრულებს სხვადასხვა ფუნქციას. იგი არის ცოცხალი ორგანიზმის ენერჯის წყარო და აკუმულატორი, უჯრედის კედლის საშენი მასალა, ნუკლეინმჟავას ფრაგმენტები და სხვ. ზოგიერთი მათგანი, მაგალითად, სახამებელი, ლერწმის (ჭარხლის) შაქარი, ყურძნის შაქარი—ადამიანის უმნიშვნელოვანეს საკვებ პროდუქტს წარმოადგენს. სახელწოდება „ნახშირწყლები“ 1844 წელს შემოიღო კ. შმიდტმა. უმრავლეს ნაერთებში ნახშირბადატომების გარდა, წყალბადი და ჟანგბადი ისეთი პროპორციით შედის, როგორითაც წყლის შედგენილობაში. მაგალითად, ყურძნის შაქარი  $C_6H_{12}O_6$  და ლერწმის შაქარი  $C_{12}H_{22}O_{11}$  შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც ნახშირბადის ნაერთი წყალთან:  $C_6(H_2O)_6$  და  $C_{12}(H_2O)_{11}$ , რაც ზოგადი სახით ასე შეიძლება დავწეროთ  $C_n(H_2O)_m$ ; მაგრამ შემდგომ აღმოაჩინეს ისეთი ნახშირწყლები, რომელთა შედგენილობა ამ ფორმულას არ შეესაბამებოდა. ამრიგად, სახელწოდება „ნახშირწყლები“ ძველთაგანაა შემორჩენილი.

#### ნახშირწყლების კლასიფიკაცია

მარტივი შაქრები

მონოსაქარიდები — გლუკოზა, ფრუქტოზა, რიბოზა, და სხვა.

რთული შაქრები

ოლიგოსაქარიდები — საქაროზა, ლაქტოზა და სხვა.

პოლისაქარიდები — სახამებელი, ცელულოზა და სხვა.

მონოსაქარიდებია  $C_6H_{12}O_6$  (გლუკოზა, ფრუქტოზა),  $C_5H_{10}O_5$  (რიბოზა) და სხვა.

ოლიგოსაქარიდებში (ოლიგოს—რამდენიმე) მონოსაქარიდის ფრაგმენტების რაოდენობა პირობითად 10-ს არ აღემატება. მათ მიეკუთვნება, მაგალითად, დისაქარიდები  $C_{12}H_{22}O_{11}$  (საქაროზა, ლაქტოზა და სხვ.) ნახშირწყლების დასახელებისას, როგორც წესი, სარგებლობენ მათთვის დამახასიათებელი დაბოლოებით — „ოზა“.

პოლისაქარიდებში მონოსაქარიდების ფრაგმენტები მრავლადაა. მათ მიეკუთვნება  $(C_6H_{10}O_5)_n$  — სახამებელი, ცელულოზა.

მარტივი და რთული ნახშირწყლების ძირითადი განმასხვავებელი ნიშანია არა მხოლოდ მოლეკულური მასა, არამედ ამ ნაერთების ჰიდროლიზის უნარიც. რთული შაქრის ჰიდროლიზის საბოლოო პროდუქტებია წყალში ხსნადი მარტივი შაქრები.

ნახშირწყლების, ცილების, ცხიმების და ნუკლეინმჟავების ქიმიას შეისწავლის ბიოორგანული ქიმია.

ნახშირწყლების კლასი აერთიანებს მარტივ და რთულ საქარიდებს.

## §55. მონოსაქარიდები

მონოსაქარიდი ტკბილი გემოს, წყალში ხსნადი, ჰიდროლიზის უნარს მოკლებული კრისტალური ნივთიერებაა. მისი ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n}O_n$ ; მოლეკულაში ნახშირბადატომის რაოდენობის მიხედვით მონოსაქარიდები იყოფა პენტოზებად  $C_5H_{10}O_5$ , რომლებიც შეიცავს ხუთ ნახშირბადატომს, ჰექსოზებად  $C_6H_{12}O_6$ , ისინი შეიცავს ექვს ნახშირბადატომს და ა.შ. ჰექსოზებიდან ყველაზე დიდი მნიშვნელობა აქვს გლუკოზას და ფრუქტოზას.

**გლუკოზა.** ჰექსოზებიდან განვიხილოთ ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული გლუკოზა და მისი იზომერი ფრუქტოზა.

გლუკოზა უფერო, წყალში კარგად ხსნადი კრისტალური ნივთიერებაა. აქვს ტკბილი გემო („გლუკოს“—ტკბილი). დიდი რაოდენობითაა ყურძნისა და სხვა ხილის წვენში. გლუკოზას შეიცავს მცენარის ფესვები, ფოთლები, ყვავილები, ნაყოფი. ადამიანის სისხლში მისი მასური წილი 0,1%—ს შეადგენს.

**გლუკოზის აღნაგობა.** გლუკოზის შედგენილობა და აღნაგობა დავადგინოთ თქვენთვის ცნობილი რეაქციების მეშვეობით.



გლუკოზის შედგენილობის და აღნაგობის შესწავლის საფეხურები შეგვიძლია შემოკლებით წარმოვიდგინოთ შემდეგნაირად. გლუკოზის შედგენილობის დასადგენად გამოყენებული იყო წვის რეაქცია, რომლის შედეგადაც წარმოიქმნება CO<sub>2</sub> და H<sub>2</sub>O.

გლუკოზის წვის რეაქციის რაოდენობრივი შესწავლისას დადგინდა, რომ მის მოლეკულაში ნახშირბადის, ჟანგბადის და წყალბადის ატომების რაოდენობა შესაბამისად ექვსის, თორმეტის და ექვსის ტოლია (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>). ისმის კითხვა: რა ფუნქციურ ჯგუფებს შეიცავს იგი? ამის დასადგენად მივმართოთ ექსპერიმენტს.

გლუკოზას წყალხსნარს ნეიტრალური რეაქცია აქვს. რას მიგვითითებს ეს?

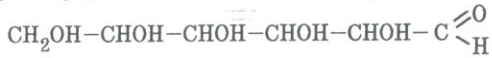
დავეშვათ, გლუკოზა მიეკუთვნება მრავალატომიან სპირტებს. მართლაც, თუ გლუკოზის ხსნარს დავუმატებთ ახლად დალექილ სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდს, წარმოიქმნება ხასხასა ლურჯი ფერის ხსნარი, რაც იმას ადასტურებს, რომ გლუკოზა მრავალატომიანი სპირტია. (ვახსენეთ, რომელი ნივთიერების მაგალითზე ჩაატარეთ კიდევ ეს ცდა).

ახლა დავადგინოთ ჰიდროქსილის რამდენ ჯგუფს შეიცავს გლუკოზის მოლეკულა. ცნობილია გლუკოზის რთული ეთერი, რომლის მოლეკულაში ძმარმჟავას ხუთი ნაშთია, ე. ი. მოლეკულის შედგენილობაში ჰიდროქსილის ხუთი ჯგუფია.

თუ გლუკოზის ხსნარს გავაცხელებთ ვერცხლ (I)-ის ოქსიდის ამიაკ-ხსნართან ერთად, მივიღებთ „ვერცხლის სარკეს“. ე. ი. მოლეკულის მეექვსე ჟანგბადატომი ალდეჰიდის ფუნქციური ჯგუფის შედგენილობაში შედის.

ამრიგად, ფუნქციური ჯგუფების შედგენილობაში შედის ექვსი ჟანგბადატომი, მაშასადამე, ნახშირბადატომები, რომლებიც ჩონჩხს ქმნიან, ერთმანეთთან უშუალოდ არიან შეერთებული. გარდა ამისა, დადგენილია, რომ ნახშირბადატომების ჯაჭვი არაგანშტოებულია. ამასთან უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ჰიდროქსილის ჯგუფი არ იშლება მხოლოდ მაშინ, როდესაც სხვადასხვა ნახშირბადატომთანაა დაკავშირებული (ერლენმეიერის წესი). და ბოლოს, ალდეჰიდის ჯგუფი შეიძლება იყოს მხოლოდ ნახშირბადის არაგანშტოებული ჯაჭვის დასაწყისში ან ბოლოს. რატომ?

ამ მონაცემების საფუძველზე გლუკოზის აღნაგობა შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი ფორმულით



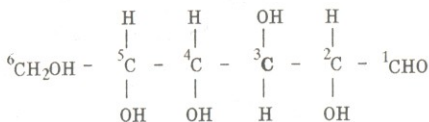
ამრიგად, გლუკოზა ალდეჰიდოსპირტია.



როგორც დადგენილი ფორმულიდან ჩანს, გლუკოზა შეიცავს ოთხ ქირალურ ნახშირბადატომს. რატომ? (გვ. 133)



ქირალური ნახშირბადატომები აღნიშნულია ვარსკვლავით (\*). ე. ი. გლუკოზა ოპტიკურად აქტიური ნივთიერებაა. ქირალური ნახშირბადის შემთხვევაში (გაიხსენეთ რძემჟავა) ოპტიკური იზომერია გამოწვეულია ნახშირბადატომის კონფიგურაციით. გავიხსენოთ, რომ, თუ ნახშირბადატომი წარმოქმნის მხოლოდ ო-ბმებს, მაშინ ადვილი აქვს  $sp^3$  ჰიბრიდიზაციას და ნახშირბადატომი იმყოფება წარმოსახვითი ტეტრაედრის ცენტრში. ამასთან დაკავშირებით უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ჰიდროქსილის ჯგუფის და წყალბადატომის განლაგებას ნახშირბადატომის მიმართ, ე. ი.  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  შედგენილობის ნაერთისთვის შესაძლებელია განსხვავებული კონფიგურაციის 16 იზომერიც არსებობა ( $N=2^n$ ). მათ შორის ერთ-ერთი იზომერია გლუკოზა.



მოცემული აღნაგობის მონოსაქარიდს, რომელშიც მესამე  $\text{C}^*$  კონფიგურაცია განსხვავებულია, **R-გლუკოზა** ეწოდება. ალდოჰექსოზების 16 სტერეოიზომერი წარმოქმნის 8 წყვილ ანტიპოდს.

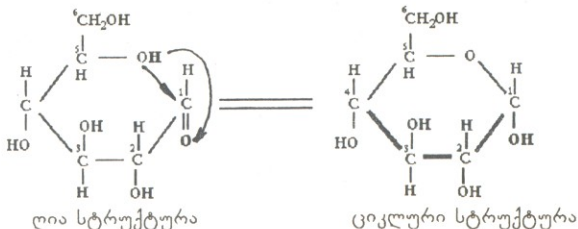
მცენარეთა სამყაროში ყველაზე გავრცელებულია R-გლუკოზა.

საინტერესოა, რომ გლუკოზის ღიააქტიური ალდეჰიდჯგუფიანი აღნაგობა ვერ ხსნის მისთვის დამახასიათებელ ზოგიერთ ქიმიურ თვისებას. მეცნიერთა გამოკვლევებით დადგენილია, რომ მისი წყალხსნარი ძირითადად ციკლური სტრუქტურის მოლეკულებს შეიცავს.

როგორია გლუკოზის ციკლური აღნაგობა?

გაიხსენეთ, რომ ალდეჰიდების და სპირტების მოლეკულათაშორის რეაქციით წარმოიქმნება ნახევარააცეტალი (გვ. 115), რომელიც აგრეთვე შეიცავს ჰიდროქსილის ჯგუფს, მაგრამ სპირტულ ჰიდროქსილებთან შედარებით ნახევარააცეტალური ჰიდროქსილის ჯგუფი არამდგრადია და ადვილად იშლება. ნახევარააცეტალების წარმოქმნის რეაქცია (შიდამოლეკულური რეაქციის სახით) საფუძვლად უდევს გლუკოზას ღიააქტიური და ციკლური სტრუქტურების შიდამოლეკულურ ურთიერთგარდაქმნებს და მათ შორის წონასწორობის დამყარებას.

ციკლური ფორმის წარმოქმნას „ეზმარება“ აგრეთვე ნახშირბადატომების ჩონჩხის ზიგზაგისებური აღნაგობა, რის შედეგადაც მეხუთე ნახშირბადატომის ჰიდროქსილი და ალდეჰიდური ჯგუფი სივრცეში უახლოვდება ერთმანეთს და ამიტომ ადვილად ურთიერთქმედებს.





წყალხსნარებში ასეთი აღნაგობის მოლეკულას აღდეჰიდური ჯგუფი უკვე აღარა აქვს. პირველ ნახშირბადატომთან დაკავშირებული ჰიდროქსილი (ფორმულაში შემოხაზული) არის ნახევარაცეტალური.

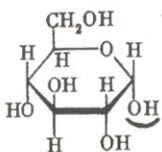
აღდეჰიდური ფორმის ციკლურში გარდაქმნის პროცესი შექცევადია (ტაუტომერული გადასვლა). წყალხსნარში მათ შორის არსებობს წონასწორობა, რომელიც ციკლური ფორმის წარმოქმნის მხარეს მკვეთრადაა გადახრილი.

ზემოთ მოცემულ გლუკოზის ფორმულებს პერსპექტიულს უწოდებენ (ჰეუორსის სტრუქტურა). ასეთი ფორმულები წარმოდგენას იძლევა არა მარტო ქიმიურ აღნაგობაზე, არამედ მოლეკულაში ატომთა სივრცულ განლაგებაზეც.

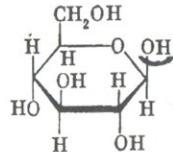
წარმოდგინეთ, რომ C<sub>1</sub> და C<sub>4</sub> განლაგდება წიგნის ფურცლის ზედაპირზე. მაშინ, შესაბამისად C<sub>2</sub> და C<sub>3</sub> - ფურცლის ზედაპირს ზემოთ (მკვეთრი ხაზები) და C<sub>5</sub> და O - ფურცლის ზედაპირის ქვემოთ (ბაცი ხაზები).

გლუკოზის ციკლური აღნაგობის ფორმულის მიხედვით შეიძლება დავადგინოთ, რგოლის სიბრტყის ზევით თუ ქვევით არის განლაგებული ჰიდროქსილის ჯგუფები.

გლუკოზის მოლეკულებს შეიძლება ჰქონდეს სხვა ციკლური ფორმაც. ჰიდროქსილის ჯგუფი, რომელიც ციკლის ჩაკეტვისას წარმოიქმნება პირველ ნახშირბადატომთან, შეიძლება აღმოჩნდეს რგოლის სიბრტყის ქვევით ან ზევით. ამის შედეგად წარმოიქმნება ორი ციკლური ფორმა, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება ნახევარაცეტალური ჰიდროქსილის ჯგუფის განლაგებით (შემოხაზულია):



გლუკოზის α-ფორმა



გლუკოზის β-ფორმა

კრისტალური გლუკოზა შედგება α-ფორმის ციკლური მოლეკულებისაგან, წყალში გახსნისას კი β-ფორმის მოლეკულებიც წარმოიქმნება. პროცესი შექცევადია. ამ გარდაქმნის მიმდინარეობისას აღდეჰიდური ფორმის გლუკოზა შუალედური ნაერთია.

გლუკოზის α-ფორმა ⇌ აღდეჰიდური ფორმა ⇌ გლუკოზის βფორმა

გლუკოზა ალდოჰექსოზების ერთ-ერთი წარმომადგენელია.

ღიაჯაჭვიან ალდოჰექსოზებს აქვს 16 სტერეოიზომერი.

გლუკოზის თვისებები აღიწერება როგორც ღიაჯაჭვიანი, ასევე ციკლური სტრუქტურებით, რომელთა შორის დამყარებულია წონასწორობა.

α და β ფორმების გლუკოზები განსხვავდება პირველი ნახშირბადატომთან დაკავშირებული -OH ჯგუფის განლაგებით სივრცეში.



გლუკოზის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი თვისებაა დაჟანგვა და პროცესი მრავალსაფეხურიანია, ჯამური სახით შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად:

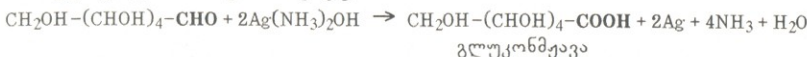


ეს პროცესი მიმდინარეობს ცოცხალ ორგანიზმებში და არის ცოცხალი ორგანიზმის არსებობისა და განვითარების ერთ-ერთი წყარო.

გლუკოზა ალდეჰიდოსპირტია და შესაბამისად მას ორგვარი ქიმიური თვისებები ახასიათებს.

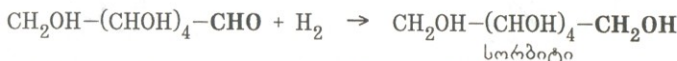
აღდეჰიდური ჯგუფით განპირობებული რეაქციები.

გლუკოზა, როგორც ალდეჰიდი, იჟანგება ვერცხლის ოქსიდის ამიაქსნარით („ვერცხლის სარკის“ რეაქცია)



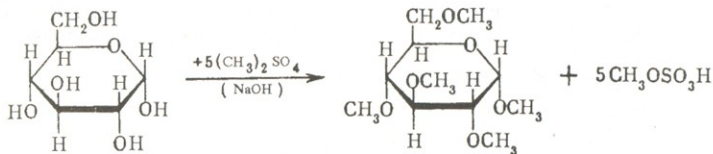
გლუკოზის ალდეჰიდური ჯგუფი შეიძლება დავჟანგოთ ახლად დალექილი სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდით (შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა).

გლუკოზის ალდეჰიდური ჯგუფი შეიძლება აღვზდგინოთ მოლეკულური წყალბადით Ni კატალიზატორის თანაობისას და მივიღოთ ექვსატომიანი სპირტი:

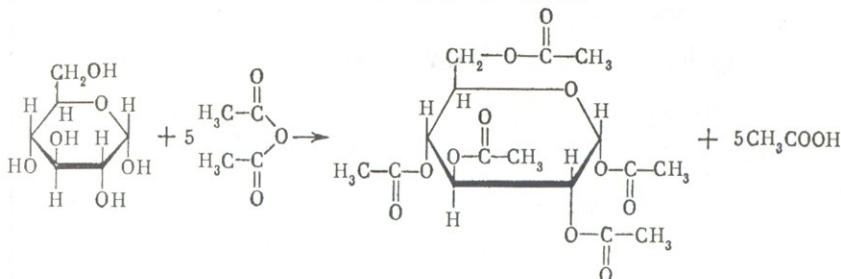


ჰიდროქსილის ჯგუფით განპირობებული რეაქციები.

გლუკოზა, როგორც მრავალატომიანი სპირტი, ადილად წარმოქმნის მარტივ და რთულ ეთერებს, მაგალითად:



პენტამეთილგლუკოზა



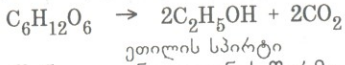
პენტააცეტილგლუკოზა



გლუკოზა, გლიცერინისა და ეთილენგლიკოლის მსგავსად, ოთახის ტემპერატურაზე შედის რეაქციაში სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდთან და ხასხასა ლურჯი ფერის ხსნარს წარმოქმნის.

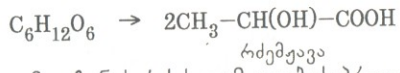
**გლუკოზის დუღილი.** უდიდესი მნიშვნელობა აქვს გლუკოზის სპეციფიკურ რეაქციებს, მათ შორის სხვადასხვა სახის დუღილს – სპირტულ დუღილს, რძემჟავურ დუღილს და სხვ.

სპირტული დუღილი მიმდინარეობს საფუარის ფერმენტების მოქმედებით. დუღილის ქიმაა რთულია. მისი ჯამური რეაქციის ტოლობა შეიძლება შემდეგნაირად გამოვსახოთ:



ეს რეაქცია მეტად მნიშვნელოვანია ღვინის წარმოებაში.

გლუკოზის რძემჟავური დუღილი მიმდინარეობს ბაქტერიების მოქმედებით. იგი შეიძლება გამოისახოს შემდეგი ჯამური რეაქციის ტოლობით:



რძემჟავა პირველად აღმოაჩინეს რძის დამჟავების პროდუქტებში. რძეში მჟავას წარმოქმნა შეიძლება დავადგინოთ ლაკმუსით.

**გლუკოზის გამოყენება.** გლუკოზა მნიშვნელოვანი საკვები ნივთიერებაა. ორგანიზმი მას ადვილად ითვისებს. ბიოლოგიის კურსიდან იცით, რომ სახამებელი საკმლის მომწებებელ ორგანოებში გარდაიქმნება გლუკოზად და სისხლის მეშვეობით მიეწოდება ყველა უჯრედს, სადაც ხდება მისი დაჟანგვა. დაჟანგვის რეაქციები მიმდინარეობს საფეხურებად, რასაც თან ახლავს ენერჯის თანდათანობითი გამოყოფა. ამ ენერჯის ხარჯზე ორგანიზმში მიმდინარეობს სასიცოცხლო პროცესები.

გლუკოზა გამოიყენება აგრეთვე საკონდიტრო წარმოებაში მარმელადის, კარამელის, ნამცხვრის და სხვათა დამზადებისას.

გლუკოზის აღმდგენი თვისება გამოყენებულია სარკეების, ნაძვისხის მონათავი სათამაშოების დამზადებისას, საფეიქრო მრეწველობაში გლუკოზას იყენებენ ქსოვილების დასამუშავებლად. გლუკოზის დუღილით შესამლებელია რძემჟავასა და სხვა პროდუქტების მიღება.

გლუკოზას ტექნიკაში უმთავრესად სახამებლისაგანღებულობენ (სახამებელს აცხელებენ წყალთან და მინერალურ მჟავასთან ერთად).

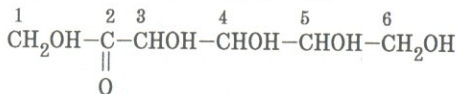
გლუკოზის ქიმიური თვისებები განპირობებულია ალდეჰიდური და სპირტული ჯგუფების არსებობით.

გლუკოზის დუღილითღებულობენ ღვინის სპირტს.

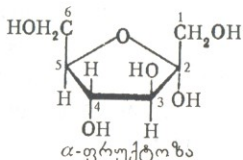


უკვე ვიცით, რომ გლუკოზა ჰექსოზების წარმომადგენელი და მას მრავალი იზომერი შეესაბამება. ამთავან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ფრუქტოზა, რომელიც ხილის შედგენილობაშია. ფრუქტოზა და გლუკოზა დიდი რაოდენობით შედის თაფლის შედგენილობაში. ფრუქტოზა გლუკოზასა და საქაროზაზე უფრო ტკბილია.

ფრუქტოზა – კეტონოსპირტია (კეტოჰექსოზა).



ისევე როგორც გლუკოზა, ფრუქტოზაც არსებობს ციკლური ფორმით. ფრუქტოზას ციკლური ფორმის წარმოქმნა მიმდინარეობს, როგორც გლუკოზის შემთხვევაში, იმ განსხვავებით, რომ ერთმანეთს სივრცეში უახლოვდება მეორე და მეხუთე ნახშირბადატომი. ფუნქციური ჯგუფების ურთიერთრეაქციის შედეგად წარმოიქმნება ხუთწევრიანი პეტროციკლი.



$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  შედგენილობის ნახშირწყლების ნარევი, რომელშიც გლუკოზაც შედის, სინთეზურად პირველად მიიღო ა. ბუტლეროვმა კირიან წყალში ფორმალდეჰიდის გატარებით:



ფრუქტოზაში გლუკოზისაგან განსხვავებით აღდგენილური ჯგუფის ნაცვლად კეტონური ჯგუფია.

**სავარჯიშოები და ამოცანები**

1. რა ცდების საფუძველზე შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა გლუკოზის აღნაგობის შესახებ?
2. ერთატომიანი სპირტები და ერთფუძიანი კარბონმჟავები, რომლებიც გლუკოზის მსგავსად ნახშირბადის ექვს-ექვს ატომს შეიცავს, წყალში უხსნადია. გლუკოზა კი წყალში კარგად იხსნება. როგორ ახსნით ამას?
3. რა რეაქტივით გამოიციანოთ: ა) გლიცერინს, ბ) ალდეჰიდს, გ) ძმარმჟავას, დ) გლუკოზას? პასუხი დაასაბუთეთ რეაქციათა ტოლობებით.
4. რა მოცულობა ნახშირბად (IV)-ის იქსიდი (ნ.პ.) გამოიყოფა 540 გ გლუკოზის სპირტული დუღილით?

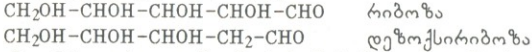


5. განსაზღვრეთ რძემჟავას მასური წილი (%) ხსნარში, რომელიც მიიღება 150 გ გლუკოზის 70%-იანი ხსნარის დუღილით.
6. განსაზღვრეთ კალციუმკარბონატის მასა, რომელიც წარმოიქმნება 0,5 მოლი გლუკოზის სპირტული დუღილის შედეგად მიღებული ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდის კირიან წყალში გატარებისას.
7. 0,1 მოლი მონოსაქარიდის დაწვით მიღებულია 26,4 გ ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდი და 10,8 გ წყალი. დაადგინეთ ამ ნივთიერების მოლეკულური ფორმულა, თუ მისი ორთქლის სიმკვრივე წყალბადის მიმართ უდრის 90-ს და განსაზღვრეთ რა მოცულობის ჰაერი დაიხარჯა ამ რეაქციაზე.
8. რა რეაქციებით გაარჩევთ გლუკოზას ფრუქტოზასაგან?
9. დაადგინეთ  $C_6H_{12}O_6$  კეტოჰექსოზაში ქირალური ნახშირბადატომების და შესაბამისი ოპტიკური იზომერების რაოდენობა.

**§58. რიბოზა და დეზოქსირიბოზა**

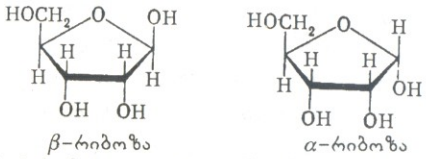
პენტოზებიდან გავეცნოთ რიბოზას  $C_5H_{10}O_5$  და დეზოქსირიბოზას  $C_5H_{10}O_4$ . ფიზიკური თვისებები. აღნაგობა. რიბოზა და დეზოქსირიბოზა წყალში ხსნადი, ტკბილი, კრისტალური ნივთიერებებია.

პენტოზების სტრუქტურული ფორმულებია:



რიბოზისაგან განსხვავებით დეზოქსირიბოზის მოლეკულაში ჰიდროქსილის ჩგუფთა რაოდენობა ერთით ნაკლებია. იგი შეეცვლილია წყალბადატომით, სწორედ ამასთანაა დაკავშირებული ამ ნივთიერების სახელწოდება - დეზოქსირიბოზა.

გლუკოზის მსგავსად პენტოზების მოლეკულები არსებობს არა მარტო ალდეჰიდური, არამედ ციკლური ფორმითაც. ამ შემთხვევაში წარმოიქმნება ხუთწევრიანი ციკლი.



შეადგინეთ დეზოქსირიბოზის ციკლური აღნაგობის ფორმულა. წყალხსნარში α- და β- ფორმები წონასწორობაშია ალდეჰიდურ ფორმასთან.

**ქიმიური თვისებები.** რიბოზა და დეზოქსირიბოზა ალდეჰიდური ჩგუფის მეშვეობით შენეგება ვერცხლის ოქსიდის ამიაქსნარით. დაეანგვის შედეგად წარმოიქმნება შესაბამისი მჟავა. დაწერეთ ეს რეაქცია.

მათ ახასიათებთ ალდეგან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება სპირტები. კერძოდ, რიბოზის ალდეგნით მიიღება ხუთატომიანი სპირტი-რიბიტი.

რიბოზაც და დეზოქსირიბოზაც ბიოლოგიურად მეტად მნიშვნელოვანი ნივთიერებებია. ისინი შედიან ნუკლეინმჟავების შედგენილობაში, რომელთა მეშვეობით ხდება უჯრედში ცილების სინთეზი და მემკვიდრეობითი ნიშან-თვისებების გადაცემა (გვ. 180).

**სამარჯიშოვანი და ამოცანები**

1. რიბოზისა და დეზოქსირიბოზის შედგენილობისა და აღნაგობის საფუძველზე ახსენით, თუ რატომ აქვს მათ ტკბილი გემო და რატომ იხსნებიან წყალში კარგად?
2. ვამოსახეთ დეზოქსირიბოზის ალდეჰიდური და ციკლური ფორმების ურთიერთგარდაქმნის სქემა ისე, როგორც გლუკოზისათვის არის ვამოსახული.



**საქაროზა** -  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . საქაროზა ოლიგოსაქარიდების წარმომადგენელია (ოლიგოსაქარიდები კი თავის მხრივ პოლისაქარიდების უმარტივესი წარმომადგენლებია). დადგენილია, რომ ოლიგოსაქარიდებში მონოსაქარიდის ფრაგმენტი მეორდება 2-10-ჯერ (დი-, ტრი- და ა. შ. საქარიდები).

საქაროზა თქვენთვის კარგად ცნობილი შაქარია. საქაროზა თეთრი ფერის, წყალში კარგად ხსნადი, ტკბილი, კრისტალური ნივთიერებაა. გამდნარი საქაროზა გამყარებისას წარმოქმნის გამკვირვალე მასას - კარამელს.

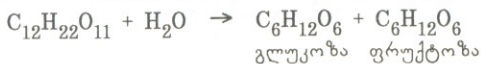
საქაროზა ადამიანის ერთ-ერთი ძირითადი საკვები ნივთიერებაა.

საქაროზას შეიცავს სხვადასხვა ხილი და ბოსტნეული, როგორცაა სტაფილო, ნესვი და სხვა. იგი განსაკუთრებით დიდი რაოდენობითაა შაქრის ქარხალსა და შაქრის ლერწამში. წარმოებაში სწორედ ამ მცენარეებისაგანღებულობენ საქაროზას.

**აღნაგობა და ქიმიური თვისებები.** ქიმიური მეთოდების გამოყენებით დაედგინოთ საქაროზის აღნაგობა. ჰიდროქსილის ჯგუფების არსებობა საქაროზის მოლეკულაში ადვილად შეიძლება დავამტკიცოთ ახლად დალექილ სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდთან რეაქციით, რის შედეგადაც წარმოიქმნება სპილენძის საქარატის ხასხასა ლურჯი ფერის ხსნარი (გავიხსენოთ სპილენძის გლიცერატი). ჰიდროქსილის ჯგუფების არსებობას ადასტურებს, აგრეთვე, მისი რეაქცია კალციუმჰიდროქსიდის წყლიან სუსპენზიასთან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება წყალში ხსნადი კალციუმსაქარატი.

საქაროზა ვერცხლ (I)-ის ოქსიდის ამიაკხსნართან გაცხელებისას არ იძლევა ვერცხლის „სარკის“ რეაქციას. სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდთან ერთად გაცხელებისას არ წარმოქმნის სპილენძ (I)-ის წითელი ფერის ოქსიდს. მაშასადამე, საქაროზა გლუკოზისაგან განსხვავებით, ალდეჰიდოსპირტი არ არის.

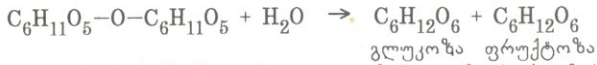
თუ საქაროზის ხსნარს დაუმატებთ მარილმყავას ან გოგირდმყავას რამდენიმე წვეთს და წამოვადულებთ, შემდეგ კი მყავას ტუტით გავანეიტრალებთ, ამ ხსნარის სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდთან ერთად გაცხელებისას წარმოიქმნება წითელი ფერის ნალექი, რაც სპილენძ (I)-ის ოქსიდის გამოყოფას ადასტურებს. ე. ი. საქაროზის წყალხსნარის აღულების შედეგად გაჩნდა ალდეჰიდის ფუნქციური ჯგუფის შემცველი მოლეკულები. საქაროზა ჰიდროლიზდება, რის შედეგადაც წარმოიქმნება გლუკოზა და ფრუქტოზა.



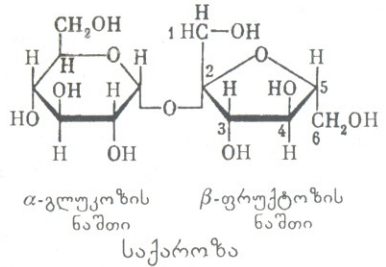
საქაროზის წარმოქმნა მარტივად შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ



შესაბამისად საქაროზის ჰიდროლიზი ასე გამოისახება:



დადგენილია, რომ საქაროზა შედგება  $\alpha$ -გლუკოზისა და  $\beta$ -ფრუქტოზის ნაშთებისაგან.



საქაროზა დისაქარიდების ერთ-ერთი იზომერია. ადვილად წარმოსადგენია, რომ დისაქარიდის შედგენილობაში შესაძლებელია შედიოდეს მრავალი სხვადასხვა მონოსაქარიდის ნაშთი. შესაბამისად არსებობს მრავალი დისაქარიდი. ერთ-ერთი მათგანი - რძის შაქარი - ლაქტოზა (გლუკოზის და გალაქტოზის ნაშთები).

საქაროზა  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ -ის შედგენილობის დისაქარიდების ერთ-ერთი იზომერია.

საქაროზის ჰიდროლიზით წარმოიქმნება გლუკოზა და ფრუქტოზა.

### 0. პოლისაქარიდები

ბუნებრივი მაღალმოლეკულური ნაერთები - სახამებელი და ცელულოზა - შეიცავს ერთი და იმავე შედგენილობის სტრუქტურულ რგოლს -  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ .

**სახამებელი** თეთრი, წყალში უხსნადი ფქვილისებური ნივთიერებაა. ცხელ წყალში ჭირჭვდება და წარმოქმნის წებოსმაგვარ ხსნარს - ბუბკოს.

სახამებელი წარმოიქმნება მცენარეთა უჯრედებში ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდის ასიმილაციის შედეგად. სახამებლის შემცველობა კარტოფილის ტუბერში 20%-მდეა, ხორბალსა და სიმინდში 70%-მდე, ბრინჯში კი - 80%-მდე.

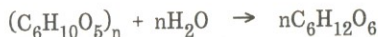
სახამებელი ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი საკვებია ადამიანისათვის.

**სახამებლის აღნაგობა.** სახამებელი პოლისაქარიდების წარმომადგენელია. იგი ბუნებრივი მაღალმოლეკულური ნივთიერებაა.

სახამებლის მოლეკულები არ არის ერთნაირი სიდიდის, მასში შემავალი სტრუქტურული გლუკოზის რგოლების ( $C_6H_{10}O_5$ ) რაოდენობა რამდენიმე ასეულიდან რამდენიმე ათასეულამდე აღწევს. ამიტომ მისი საშუალო მოლეკულური მასა რამდენიმე ასეული ათასიდან რამდენიმე მილიონს აღწევს. იგი შედგება წრფივი და განტოტვილი სტრუქტურის მოლეკულებისაგან.

**ქიმიური თვისებები.** სახამებელი იოდის ხსნართან ურთიერთმოქმედებისას წარმოქმნის ლურჯ შეფერილობას. ამაში ადვილად დავრწმუნდებით, თუ კარტოფილის ან თეთრი პურის ნაჭერზე დავაწვეთებთ იოდის ხსნარს. ამ რეაქციას გაეცანით ჰალოგენების შესწავლისას.

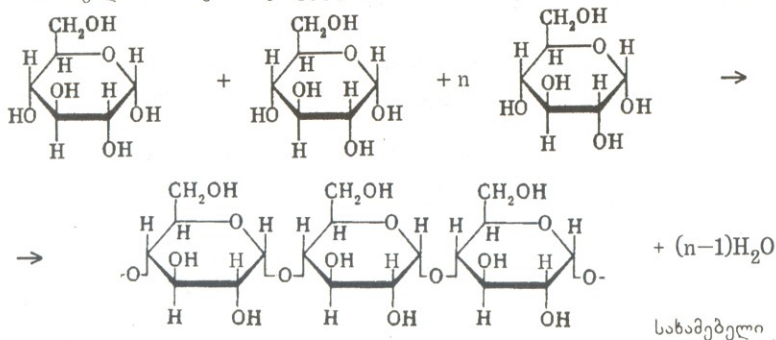
ახასიათებს თუ არა სახამებელს აღდგენის უნარი? ამის შემოწმება თქვენ უკვე შეგიძლიათ. სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდთან ერთად გაცხელებისას იგი არ წარმოქმნის წითელი ფერის ნალექს, არ შედის „ვერცხლის სარკის“ რეაქციაში, ე. ი. მასში არ არის აღდებჰიდის ფუნქციური ჯგუფი. ახლა შევა-მოწმოთ, ჰიდროლიზდება თუ არა სახამებელი? სახამებლის ბუბუკო წამოვა-დულოთ მცირეოდენ გოგირდმჟავასთან ერთად, შემდეგ ხსნარი გავანეიტ-რალათ და შევამოწმოთ აქვს თუ არა მიღებულ ხსნარს აღდგენის უნარი. სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდთან გაცხელებისას იგი იძლევა წითელი ფერის ნალექს, ე. ი. წყალთან ერთად გაცხელებისას მჟავას თანაობისას სახამებელი ჰიდროლიზდება



გლუკოზის მიღების ეს ხერხი ამჟამადაც გამოიყენება.

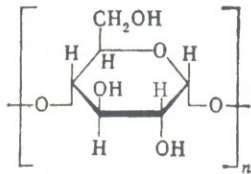
აღდგენილია, რომ სახამებლის ჰიდროლიზის პროცესი თანდათანობით მიმდინარეობს. ჯერ წარმოიქმნება შუალედური პროდუქტი - დექსტრინი, რომელსაც სახამებელთან შედარებით ნაკლები მოლეკულური მასა აქვს, შემდეგ კი საქაროზას იზომერი მალტოზა, ხოლო ჰიდროლიზის საბოლოო პროდუქტია  $\alpha$ -გლუკოზა.

სახამებლის მაკრომოლეკულები შედგება ციკლური  $\alpha$ -გლუკოზის ნაშთებისაგან. ამიტომ სახამებლის ხაზოვანი სტრუქტურის წარმოქმნა შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ:





აქედან გამომდინარე, სახამებლის სტრუქტურული რგოლის აღნაგობა ასეთია:



გოგირდმეკვას კატალიზური მოქმედებისას სახამებლის გლუკოზად გარდაქმნის რეაქცია აღმოაჩინა კ. კირხჰოფმა (1811წ). სახამებლის აღნაგობიდან ჩანს, რატომ არა აქვს მას აღდგენითი თვისებები.

სახამებელი, როგორც საკვები ნივთიერება, სახამებელი ადამიანის საკვების ძირითადი ნახშირწყალია. უშუალოდ მას ორგანიზმი ვერ ითვისებს. ის ჯერ ჰიდროლიზდება სპეციფიკური ფერმენტების (რომელსაც გამოიმუშავენ მხოლოდ ადამიანი) თანაობისას. ეს პროცესი ჯერ კიდევ პირის ღრუში იწყება და გრძელდება კუჭსა და ნაწლავებში. წარმოქმნილი გლუკოზა სისხლში შეიწოვება, აქედან კი ორგანიზმის ყველა ქსოვილის კვებას ხმარდება. გლუკოზა შედის ღვიძლში, სადაც ცხოველურ პოლისაქარიდ—გლიკოგენად გარდაიქმნება. გლიკოგენი საჭიროების შემთხვევაში კვლავ გარდაიქმნება გლუკოზად და ხმარდება ორგანიზმის ცხოველმოქმედებას.

სახამებლის ჰიდროლიზის შუალედურ პროდუქტებს (დექსტრინებს) ორგანიზმი უფრო ადვილად ითვისებს. საჭმლის მომზადებისას სახამებელი ხშირად დექსტრინებად გარდაიქმნება. პურსა და შემწვარ კარტოფილზე ქერქის გაჩენა (დააკვირდით, მას მოტკბო გემო აქვს) დექსტრინების წარმოქმნაზე მიგვიჩივებს.

სახამებლის გამოყენება და მიღება. სახამებელი საკვებად გამოიყენება. კვების მრეწველობაში მისგან ამზადებენ გლუკოზას და ბადაგს. თუ ჰიდროლიზის პროცესს ბოლომდე არ მივიყვანთ, მიიღება სქელი ტკბილი მასა — დექსტრინებისა და გლუკოზის ნარევი — ბადაგი, რომელიც გამოიყენება საკონდიტრო წარმოებაში. მისგან ამზადებენ კანფეტს, ნამცხვარს და სხვ. სახამებლისაგან მიღებულ დექსტრინებს იყენებენ წებოდ. სახამებელს იყენებენ თეთრეულის გასახამებლად. ცხელი უთოს მოქმედებით იგი გარდაიქმნება დექსტრინებად, რომელიც ქსოვილის ბოჭკოებს აწებებს, მკვრივ აფსკს წარმოქმნის.

სახამებელი გამოიყენება აგრეთვე ეთილის სპირტის წარმოებაში.

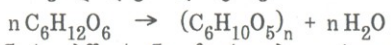
სახამებელს ძირითადად შედარებით იაფი ნედლეულისაგან — კარტოფილისაგან ღებულობენ. სახამებელი მცენარეებში წარმოიქმნება ფოტოსინთეზის დროს. ბიოლოგიის კურსიდან ცნობილია, რომ ფოტოსინთეზის მექანიზმი უაღრესად რთულია. ზოგადად იგი ასე შეიძლება წარმოვიდგინოთ:

ფოთლების მწვანე პიგმენტი — ქლოროფილი მზის სპექტრის წითელსა და იისფერ სხივებს შთანთქავს. შთანთქმული სხივური ენერჯის ხარჯზე მცენარეებში მრავალი ორგანული ნაერთის სინთეზი ხორციელდება.

ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდისა და წყლისაგან წარმოიქმნება გლუკოზა, რაც შეიძლება გამოისახოს შემდეგი ტოლობით:



შემდეგ გლუკოზა სახამებლად გარდაიქმნება:



გლუკოზისაგან მცენარეებში სინთეზირდება აგრეთვე ცელულოზა და სხვა ორგანული ნაერთები.

**ცელულოზა**, ანუ უჯრედისი ყველა მცენარის შედგენილობაში შედის და მათი უჯრედების გარსს წარმოქმნის. ბამბის ბოჭკო 95–98%—მდე ცელულოზას შეიცავს. მერქანში 40–50%—ს შეადგენს. ქალაღი, ბამბეულის ქსოვილები ცელულოზისაგან მიიღება. განსაკუთრებით სუფთა ცელულოზაა ბამბა და ფილტრის (გაუწებავი) ქალაღი.

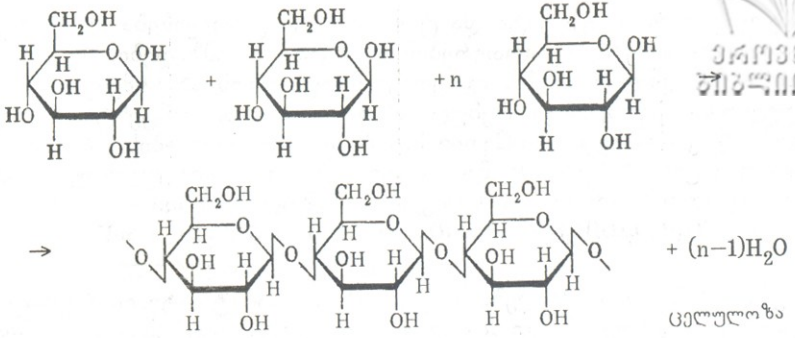
ცელულოზა მყარი ნივთიერებაა, წყალში არ იხსნება, არ იხსნება არც ორგანულ გამხსნელებში.

**ცელულოზის აღნაგობა.** ცელულოზა პოლისაქარიდია. მსგავსად სახამებლისა, იგი ბუნებრივი პოლიმერია. ამ ნივთიერებებს ერთნაირი მოლეკულური ფორმულა აქვს  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , მაგრამ ისინი სრულიად სხვადასხვა ნივთიერებებს წარმოადგენენ. ცელულოზის საშუალო მოლეკულური მასა, რომელიც რამდენიმე მილიონს აღწევს, მეტია სახამებლის საშუალო მოლეკულურ მასაზე.

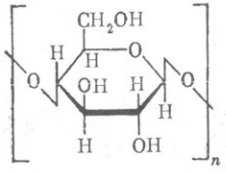
ცელულოზა და სახამებელი მოლეკულების სტრუქტურითაც ძალიან განსხვავდებიან. სახამებლის მოლეკულას ხაზოვანი და ამავე დროს განშტოებული სტრუქტურაც აქვს, ცელულოზის მოლეკულებს კი — მხოლოდ ხაზოვანი.

ბუნებრივ ბოჭკოებში (ბამბის, სელის და სხვ.) ცელულოზის მოლეკულები განლაგებულია ერთი მიმართულებით. დართვის პროცესში ეს ბოჭკოები უფრო გრძელ და მტკიცე ძაფებად დაიხვევა, რასაც მაკრომოლეკულების მკაცრი პარალელური განლაგება განაპირობებს. მერქნის ცელულოზისაგან კი ძაფი არ ირთვება. ეს აიხსნება იმით, რომ მიუხედავად მისი მოლეკულების ხაზოვანი სტრუქტურისა, ისინი არ არიან ორიენტირებული ერთი მიმართულებით.

სახამებლისაგან განსხვავებით ცელულოზის მაკრომოლეკულები  $\beta$ -გლუკოზის მოლეკულების ნაშთებისაგან შედგება. ცელულოზის მაკრომოლეკულების წარმოქმნის პროცესი ასე შეიძლება წარმოვიდგინოთ.



ამრიგად, ცელულოზის მაკრომოლეკულის სტრუქტურული რგოლია:

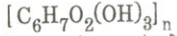


**ქიმიური თვისებები.** ცელულოზა იწვის. წვის დროს გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სითბო. ამიტომ მას (მერქანს) სათბობად იყენებენ. მერქნის თერმული დაშლით (მშრალი გამოხდით) მიიღება ხის ნახშირი, საწვავი აირი, აგრეთვე თხევადი პროდუქტები: მეთილის სპირტი, აცეტონი, ძმარ-მჟავა.

ცელულოზა კონცენტრირებული გოგირდმჟავას თანაობისას ჰიდროლიზდება. ჰიდროლიზის საბოლოო პროდუქტია გლუკოზა.

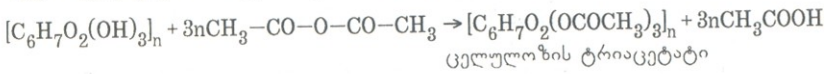
ამრიგად, ცელულოზის და სახამებლის ჰიდროლიზი ერთი და იმავე ტიპით გამოისახება (გვ. 168).

ცელულოზის სტრუქტურულ რგოლს თუ დავაკვირდებით, ვნახავთ, რომ მასში სამი ჰიდროქსილის ჯგუფია. აქედან გამომდინარე მისი ფორმულა ასეც შეიძლება გამოისახოს:



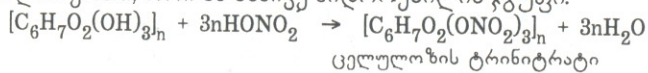
ჰიდროქსილის ჯგუფებს სპირტის თვისება აქვს, რის გამოც ცელულოზა წარმოქმნის ეთერებს.

ცელულოზის გამოყენება. დიდი მნიშვნელობა აქვს ცელულოზის ძმარმჟავაეთერებს – ცელულოზის დიაცეტატს და ტრიაცეტატს. ისინი მიიღება ცელულოზის ურთიერთმოქმედებით ძმარანჰიდრიდთან:



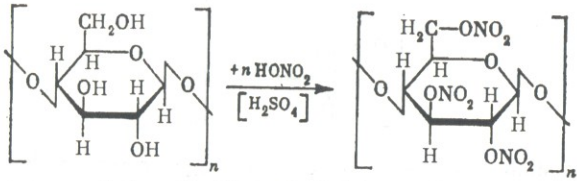


ცელულოზის დიაცეტატი და ტრიაცეტატი გამოიყენება აცეტატური ბოჭკოს, არააალეზადი კინოფირების და სხვათა დასამზადებლად. დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე ცელულოზის აზოტმჟავათუჩვეულებს ცელულოზაზე კონცენტრირებული აზოტმჟავასა და კონცენტრირებული გოგირდმჟავას ნარევის მოქმედებისას, რეაქციის პირობების შესაბამისად, ეთერიფიკაციის რეაქციაში შედის ცელულოზის თითოეული ელემენტარული რგოლის ერთი, ორი ან სამივე ჰიდროქსილის ჯგუფი.



რეაქციის შედეგად მიიღება ცელულოზის ტრინიტრატი, რომელსაც პიროქსილინს უწოდებენ. იგი ძლიერ ფეთქებადი ნივთიერებაა და იყენებენ უკვამლო დენტის წარმოებაში.

პიროქსილინის მიღების რეაქცია ცელულოზის ციკლური ფორმულის გამოყენებით ასე შეიძლება გამოისახოს.



მერქნის ცელულოზისაგან ამზადებენ ქაღალდს. ცელულოზის ჰიდროლიზით წარმოქმნილი გლუკოზისაგან ღებულობენ ეთილის სპირტს. პირველი სინთეზური მაღალმოლეკულური ნაერთები — ცელულოიდი და ცელოფანი ტრინიტროცელულოზისაგან დამზადდა.

სახამებელი შეიცავს  $\alpha$ -გლუკოზის ნაშთებს.  
 ცელულოზა შეიცავს  $\beta$ -გლუკოზის ნაშთებს.  
 ცელულოზა გამოიყენება ქიმიური ბოჭკოებისა და ფეთქებადი ნაერთების სინთეზისათვის.

**სავარჯიშოები და ამოცანები**

1. რა არის ფოტოსინთეზის არსი, როგორ ხორციელდება ბუნებაში ნახშირბადისა და ჟანგბადის მიმოქცევა?
2. რატომ არ ახასიათებს სახამებელს აღდგენის უნარი და რატომ აქვს ეს უნარი მისი ჰიდროლიზის საბოლოო პროდუქტს?
3. შეადგინეთ სახამებლისაგან ეთილის სპირტის მიღების რეაქციათა ტოლობები.



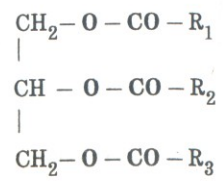
4. რით აიხსნება მოხარშული კარტოფილის წებოვნება?
5. მკვავებ ვაშლის წვენი რეაგირებს იოდთან, მწიფე ვაშლის წვენი კი ალდგენს ვერცხლის ოქსიდის ამიაკსნარს. როგორ ახსნით ამ მოვლენებს?
6. განსაზღვრეთ სიმინდის მარცვლის მასა, რომელიც საჭიროა 115 კგ 96%-იანი ეთილის სპირტის მისაღებად, თუ რეაქციის გამოსავლიანობა 70%-იანი (სიმინდში სახამებლის მასური წილია 70%).
7. შინ ჩაატარეთ შემდეგი ცდები:
  - ა) დაამზადეთ სახამებლის ბუბკო და დააკვირდით მისი ფერის შეცვლას იოდთან გაცხელებისა და გაცივების შემდეგ;
  - ბ) იოდის ნაყენი განაზავეთ წყლით, თანაფარდობით 1:10 და მიღებული ხსნარით შეამოწმეთ, შეიცავს თუ არა სახამებელს დაფქვილი ბრინჯი, კარტოფილის ფქვილი, თეთრი პური, კბილის ფხვნილი.
8. შეადგინეთ სახამებლისა და ცელულოზის ფიზიკური თვისებების შესადარებელი ცხრილი.
9. რა რეაქციების საფუძველზე შეიძლება განვასხვავოთ გლუკოზა, სახამებელი და ცელულოზა.
10. რატომ შეიძლება ცელულოზისაგან ბოჰკოს მიღება, სახამებლისაგან კი - არა?
11. შეადგინეთ ცელულოზის დინიტრატის და ცელულოზის მონოაცეტატის მიღების რეაქციის ტოლობები.
12. განსაზღვრეთ, რამდენ სტრუქტურულ რგოლს (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>) შეიცავს ცელულოზა:
  - ა) სელის ბოჰკოში (M=586602); ბ) ბამბის ბოჰკოში (M=7538508).

## X ოქმი

### §61. ცხიმვაი

ცხიმი გლიცერინისა და უმაღლესი კარბონმჟავების რთული ეთერია. იგი შეიცავს კარბონმჟავების ნაშთებს, რომლებშიც ნახშირბადატომების რიცხვით ძირითადად ლუწია (16, 18) და ჯაჭვი არაგანტოტებული. ნაჭერი მჟავებიდან უფრო ხშირად გვხვდება პალმიტინმჟავა C<sub>16</sub>H<sub>31</sub>COOH და სტეარინმჟავა C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>COOH, უჩერი მჟავებიდან - ოლეინმჟავა C<sub>17</sub>H<sub>33</sub>COOH.

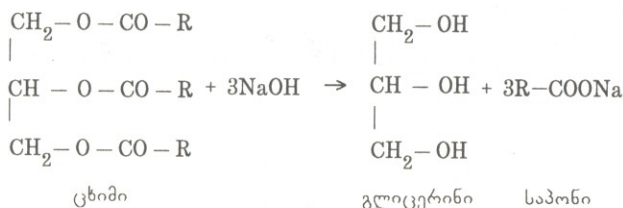
ნახშირბადატომების მოკლეჯაჭვიანი მჟავებიდან აღსანიშნავია ერბომჟავა C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>COOH, რომელიც კარაქში შედის. ცხიმის აღნაგობა შემდეგი ზოგადი ფორმულით გამოისახება:



სადაც  $R_1, R_2, R_3$  ნაჯერი ან უჯერი უმაღლესი კარბონმჟავას ფრაგმენტია, ცხიმი ტრიგლიცერიდია. არსებობს სიმეტრიული და ასიმეტრიული ტრიგლიცერიდები (ერთი და იგივე ან სხვადასხვა R).

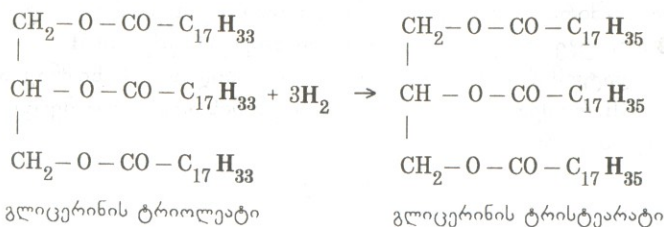
ცხიმები ძირითადად შეიცავს პალმიტინ- და სტეარინმჟავას, მცირე რაოდენობით ოლეინმჟავას, ამიტომ უმთავრესად მათ მყარი ან რბილი კონსისტენცია აქვს (ძროხის, ცხვრის, ლორის ცხიმი). მცენარეული ცხიმი, რომელსაც ზეთს უწოდებენ, დიდი რაოდენობით შეიცავს ოლეინმჟავას და სხვა უჯერი მჟავების ნაშთებს, მცირე რაოდენობით პალმიტინ- და სტეარინმჟავების ნაშთებს. იგი ჩვეულებრივ პირობებში თხევადია (მზესუმზირის, ზეთუნის, ბამბის, ნუშის ზეთი).

ცხიმი, როგორც რთული ეთერი, ჰიდროლიზდება, რის შედეგადაც მიიღება გლიცერინი და უმაღლესი კარბონმჟავები. ცხიმების ჰიდროლიზით მწვავე ტუტის წყალხსნარის თანაობისას მიიღება საპონი.



ეს რეაქცია საპნის წარმოების ძირითად პროცესს წარმოადგენს. საპონს შემდგომ უმატებენ სხვადასხვა შემავსებლებს: სურნელოვან ნაერთებს, საღებრებს, ანტისეპტიკებს და სხვ.

თხევადი ზეთი ჰიდროგენიზაციის შედეგად (კატალიზატორი Ni, 175–190°C, 15–30 მგპა) ორმაგი ბმების ჰიდრირების ხარჯზე მყარ ცხიმად გარდაიქმნება.

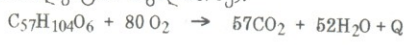


ამ დროს ხდება არა მარტო ჰიდრირება, არამედ იზომერიზაციაც, რასაც ახლავს ორმაგი ბმების გადაადგილება ან სტერეოქიმიური გარდაქმნა, ეს კი ცვლის ცხიმის როგორც ფიზიკურ, ისე ქიმიურ თვისებებს. ჰიდროგენიზა-



ციით მიღებული მყარი ცხიმი (ქონზეთი) გამოიყენება მარგარინის წარმოებაში. მარგარინის მისაღებად მას ემატება რძე, კვერცხი, C-ვიტამინი და ცეტილი  $\text{CH}_3\text{-CO-CO-CH}_3$  (ხასიათდება ერბოს მკვეთრი სუნით).

ცოცხალ ორგანიზმში ცხიმი თანდათან იჟანგება. ჯამური რეაქცია შეიძლება შემდეგნაირად გამოისახოს (ტრიოლეატის მაგალითზე):



გამოყოფილი ენერგია გამოიყენება ორგანიზმის ცხოველქმედების პროცესში, რითაც ცხიმი მონაწილეობს ნივთიერებათა ცვლაში, ქსოვილების შენებასა და სხვა პროცესში.

ცხიმი რთული ეთერია.

მ. ბერტლო (1827 - 1907) დიდი ფრანგი ქიმიკოს-ორგანიკოსი. დასწავლეს პარიზში მრავალი ორგანული ნაერთი და მათ შორის პირველად - ცხიმი (გლიცერინის გახურებით შესაბამის მჟავებთან).

საპროპილენის მალაქმობა (C<sub>16</sub>, C<sub>18</sub>) მჟავების ნატრიუმის ან კალიუმის მარილია.

**საპროპილენი და ამოცანები**

1. ფრანგმა ქიმიკოსმა მ. ბერტლომ გლიცერინისა და კარბონმჟავების (პალმიტინის, სტეარინის და სხვ.) ნარევის გაცხელებით მიიღო ცხიმების ანალოგიური ნივთიერებები. შეადგინეთ რეაქციის ტოლობები.
2. ნაერთთა რომელ კლასს მიეკუთვნება ცხიმები?
3. რა განსხვავებაა მყარი და თხევადი ცხიმების აღნაგობაში?
4. შეადგინეთ ცხიმის ჰიდროლიზის რეაქციის ტოლობა. გაითვალისწინეთ, რომ პროცესი შექცევადია.
5. დაწერეთ რთული ეთერის სტრუქტურული ფორმულა, რომელიც გლიცერინისა და ერბოს, ოლეინის და პალმიტინის მჟავებისგანაა წარმოქმნილი.
6. როგორ მიიღება ცხიმისაგან ნატრიუმსტეარატი (საპონი)?
7. ხისტ წყალში თეთრეულის რეცხვისას საპონი გაცილებით მეტი იხარჩება, ვიდრე სარეცხი ფხვნილი (ალკანსულფონმჟავების ნარევი). რით აიხსნება ეს?

§62. ცილები

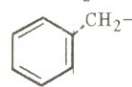
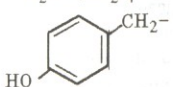
ცილა ბუნებრივი მაღალმოლეკულური აზოტ შემცველი ორგანული ნაერთია (მოლეკულური მასა მერყეობს 5000-დან რამდენიმე მილიონამდე), რომელიც  $\alpha$ -ამინომჟავების ნაშთებისაგან შედგება. ცილის შედარებით პატარა მოლეკულებს, რომელთა მოლეკულური მასა 5000-მდეა, პოლიპეპტიდები ეწოდება. ცილა უდიდეს როლს ასრულებს ცოცხალ ორგანიზმში მიმდინარე ბიოქიმიურ პროცესში.

**ცილის აგებულება.** XX საუკუნის დასაწყისში (1902 წ. ე. ფიშერი) წამოყენებული იყო პოლიპეპტიდური თეორია, რომლის მიხედვითაც ცილის მოლეკულაში  $\alpha$ -ამინომჟავების ნაშთები პეპტიდური (ამიდური) ბმებითაა  $-CO-NH-$  დაკავშირებული ერთი-მეორესთან (გვ. 150) დღეს ეს თეორია მრავალი კლასიკური ქიმიური და თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდით არის დადასტურებული.

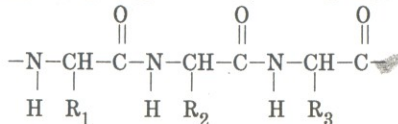
დადგინდა, რომ ცილის შედგენილობაში შედის დაახლოებით 20 სხვადასხვა  $\alpha$ -ამინომჟავა. ყველა ამინომჟავა ოპტიკურად აქტიურია. ზოგიერთი მათგანი მოცემულია ცხრილში №13.

ცხრილი №13

ცილის წარმოქმნელი ზოვიერთი ამინომჟავა R-CH(NH<sub>2</sub>)-COOH

R-ის შედგენილობა	მჟავას დასახელება	R-ის შედგენილობა	მჟავას დასახელება
H-	გლიცინი	HS-CH <sub>2</sub> -	ცისტეინი
CH <sub>3</sub> -	ალანინი	HOOC-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -	გლუტამინმჟავა
HO-CH <sub>2</sub> -	სერინი	H <sub>2</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -	ლიზინი
	ფენილალანინი		თიროზინი

ადვილი გასაგებია, რომ 20 ამინომჟავას სხვადასხვა თანამიმდევრობით დაკავშირებისას მიიღება ცილის მრავალი სახეობა. პოლიპეპტიდის ზოგადი ფორმულა შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ:



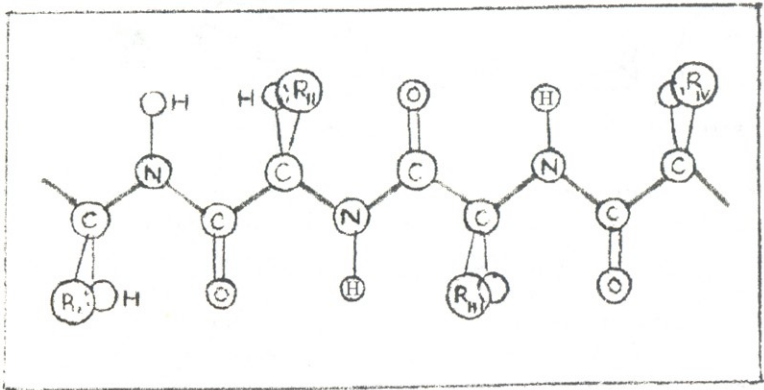




სადაც  $R_1, R_2, R_3$  სხვადასხვა  $\alpha$ -ამინომჟავას ნაშთებია. ამრიგად, ცილის მოლეკულა არის  $\alpha$ -ამინომჟავების პოლიკონდენსაციის პროდუქტი. ურთიერთადად  $\alpha$ -ამინომჟავა წარმოქმნის დიპეპტიდს, სამი-ტრიპეპტიდს, ოთხი-ტეტრაპეპტიდს და ბოლოს პოლიპეპტიდს.

ცილის ბუნება განისაზღვრება არა მარტო იმით, თუ რომელი ამინომჟავები შედის მის შედგენილობაში, არამედ იმითაც, თუ როგორი თანამიმდევრობითაა ისინი ერთმანეთთან დაკავშირებული.

პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში  $\alpha$ -ამინომჟავების ნაშთების შეერთების თანამიმდევრობას ცილის მოლეკულის პირველადი სტრუქტურა ეწოდება (სურ. 29).

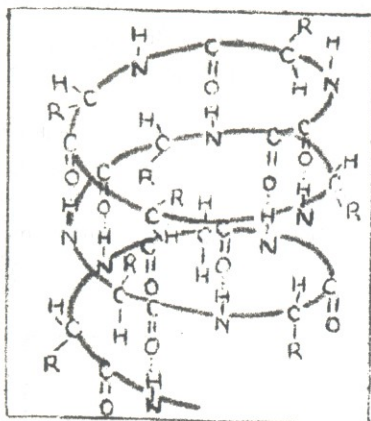


სურ. 29. ცილის მოლეკულის პირველადი სტრუქტურა

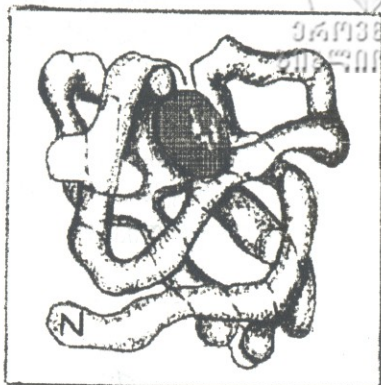
ცილის მეორეული სტრუქტურა განპირობებულია პეპტიდური და წყალბადური ბმებით. წყალბადური ბმებით შეიძლება გადაბმული იყოს როგორც ერთი და იმავე პოლიპეპტიდური ჯაჭვის სხვადასხვა უბნები, ასევე სხვადასხვა მოლეკულის პოლიპეპტიდური ჯაჭვები. როგორც წესი, წყალბადური ბმა წარმოიქმნება კარბონილის ჯგუფის ჟანგბადისა და ამიდური დაჯგუფების წყალბადის ატომებს შორის. ერთი და იმავე ჯაჭვის სხვადასხვა მონაკვეთებს შორის წარმოქმნილი წყალბადური ბმები  $\alpha$ -სპირალის სტრუქტურას აფიქსირებს (სურ. 30).

ცილის მესამეული სტრუქტურა (სურ. 31) განპირობებულია მეორეულ სტრუქტურათა შორის წარმოქმნილი როგორც წყალბადური ბმებით, ასევე დისულფიდური ხილით.

ცილის მეოთხეული სტრუქტურა საზღვრავს ცილების მაკრომოლეკულების ასოციაციის ხარისხს ბიოლოგიურად აქტიურ მატერიაში.



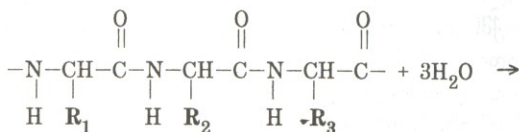
სურ. 30. ცილის მოლეკულის  
მეორეული სტრუქტურა



სურ. 31. ცილის მოლეკულის  
მესამეული სტრუქტურა

ცილას ცოცხალ ორგანიზმში უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. უპირველეს ყოვლისა, ცილა არის ცოცხალი ორგანიზმის საშენი მასალა. სადაც არის ცილა, იქ არის სიცოცხლე. ცილა აგრეთვე არის გენეტიკური ინფორმაციის მატარებელი (ცილის მოლეკულაში  $\alpha$ -ამინომჟავების ნაშთების თანამიმდევრობით განისაზღვრება შთამომავლობითი ნიშნები). ორგანიზმში ცილის სინთეზი მიმდინარეობს ნუკლეინმჟავების მონაწილეობით.

**ქიმიური თვისებები.** ცილების რთული აღნაგობა განაპირობებს მათი თვისებების მრავალფეროვნებას. ზოგი მათგანი წყალში ხსნადია, ზოგი იხსნება მარილთა წყალხსნარში, ზოგი კი უხსნადია ორივეში. ფერმენტების, მჟავების ან ტუტეების გავლენით ცილები ჰიდროლიზდება, რის შედეგადაც მიიღება  $\alpha$ -ამინომჟავები.



ძლიერი გაცხელებით ზოგი ცილა დენატურირდება, ზოგი კი იშლება. ცილების მოქმედებით კონცენტრირებული  $\text{HNO}_3$ -თან მიიღება ყვეთელი შეფერილობა (ბენზოლის რგოლების ნიტრირების შედეგად) - ქსანტოპროტეინის რეაქცია. ცილის ტუტე ხსნარზე  $\text{CuSO}_4$ -ის ხსნარის 1-2 წვეთის დამატებით მიიღება იისფერი შეფერილობა - ბიურეტის რეაქცია.

$\alpha$ -ამინომჟავები ცილების შემადგენელი მთავარი კომპონენტია.

ცილების ბუნება განისაზღვრება მის შემდგენილობაში შემავალი  $\alpha$ -ამინომჟავების ბუნებით და მათი შეერთების თანამიმდევრობით.

### სამკვლელო და ამოცანები

1. რა ნივთიერებები მიიღება ცილების ჰიდროლიზით?
2. დავეუშვათ, რომ ცილის მოლეკულაში შედის №18 ცხრილში ნაჩვენები ყველა ამინომჟავა. დაწერეთ ოქტა- და დეკაპეპტიდის სტრუქტურული ფორმულა.
3. დაწერეთ მოცემული ტრიპეპტიდის ჰიდროლიზის ტოლობა:  
 $H_2N-CH_2-CO-NH-CH(CH_2SH)-CO-NH-CH(CH_2C_6H_5)-COOH$   
დაასახელეთ მიღებული ნივთიერებები.
4. რა როლს ასრულებს წყალბადური ბმები ცილის მოლეკულის აგებაში?
5. როგორია ორგანიზმის ცხოველქმედების პროცესებში ცხიმების, ნახშირწყლებისა და ცილების მნიშვნელობა?
- 6\*. გამოიანგარიშეთ დაახლოებით იმ ცილის მოლეკულური მასა, რომელიც 0,82% გოგირდს შეიცავს, თუ დავეუშვებთ, რომ მის მოლეკულაში მხოლოდ ერთი ატომი გოგირდია.

## XII თემა

### ნუკლეინმჟავები

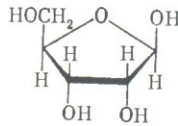
ნუკლეინმჟავა ცხიმთან, ცილასთან და ნახშირწყალთან ერთად, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, შეადგენს ცოცხალი უჯრედის ორგანულ ნაწილს.

ნუკლეინმჟავების შესწავლა დაიწყო XX საუკუნის მეორე ნახევარში და დღეისათვის ცნობილია ზოგიერთი ნუკლეინმჟავას შედგენილობა და აღნაგობა; რაც მთავარია, გამოკვეთილია მათი როლი სასიცოცხლო პროცესებში. ძირითადად ნუკლეინმჟავას მეშვეობით მიმდინარეობს ცილის სინთეზი, სახეობების შენარჩუნება და შთამომავლობის გადაცემა დედისეული უჯრედიდან შვილისეულ უჯრედში.

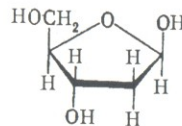


ნუკლეინმჟავას ქიმიური შედგენილობა. ნუკლეინმჟავა არის რთული ორგანიკული მალაქოლეკულური ნაერთი (ფარდობითი მოლეკულური მასა აღწევს რამდენიმე მილიონს). ნუკლეინმჟავების უმარტივესი რგოლებია ნახშირწყალი, ჰეტეროციკლური ნაერთი და ფოსფორმჟავა  $H_3PO_4$ .

ნუკლეინმჟავაში შედის ორი სახის ალდოპენტოზა: რიბოზა და დეზოქსირიბოზა.



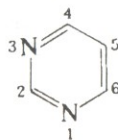
რიბოზა



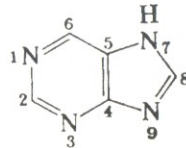
დეზოქსირიბოზა

ამასთან დაკავშირებით ცნობილია ნუკლეინმჟავას ორი სახეობა: დეზოქსირიბონუკლეინმჟავა (დნმ) და რიბონუკლეინმჟავა (რნმ).

ნუკლეინმჟავაში ძირითადად გვხვდება ჰეტეროციკლური ნაერთების პურინისა და პირიმიდინის ბირთვები.

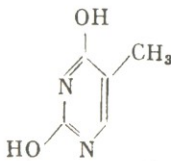


პირიმიდინი

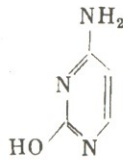


პურინი

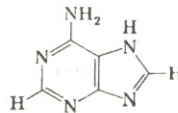
პურინი და პირიმიდინი ძირითადად გვხვდება მათი წარმოებულების ამინო-, ჰიდროქსი- და სხვა სახით: ციტოზინი, თიმინი, ადენინი და გუანინი.



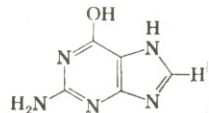
თიმინი(T)



ციტოზინი(C)

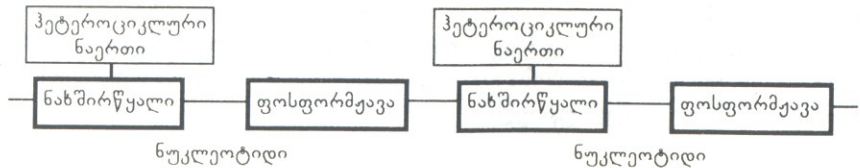


ადენინი(A)



გუანინი(G)

ნუკლეინმჟავას ჩონჩხში შემაველი ზემოთ აღნიშნული ნაერთების თანამიმდევრობა შეიძლება გამოისახოს შემდეგი სქემით:



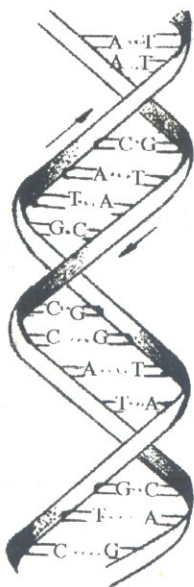
ფ. კრიკა და ჯ. უოტსონმა 1953 წ. გაშიფრეს ნუკლეინმჟავას სტერეოაღნაგობა: ნუკლეინმჟავების ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულების ჩონჩხი გადახლართულია ერთმანეთში და იძლევა ორმაგ სპირალს, რომელიც არ დაცალკევდება ჰეტეროციკლურ ნაერთებს შორის წარმოქმნილი წყალბადური ბმების გამო.

ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ წყალბადური ბმები წარმოიქმნება მხოლოდ განსაზღვრული შედგენილობის ჰეტეროციკლურ ნაერთებს შორის: ადენინისა და თიმი-ნის, შესაბამისად ციტოზინისა და გუანინის მოლეკულებს შორის, რაც აღინიშნება შემდეგნაირად: **A-T** და **C-G**, ე. ი., თუ ერთ ზვეულში არის ადენინი, მეორე ზვეულში მის გასწვრივ აუცილებლად იქნება წყალბადური ბმით დაკავშირებული თიმინი. სხვადასხვა ნუკლეინმჟავაში (დნმ ან რნმ) მალამოლეკულური ჩონჩხის შედგენილობა არის მუდმივი, ხოლო მათი მრავალრიცხოვნობა, აიხსნება ჰეტეროციკლური ნაერთების სხვადასხვა თანამიმდევრობით, რომელიც არ არის ცნობილი, მაგრამ ამ ნაერთების ნაკრები არის მუდმივი (ერთი ზვეულა **A**-ს რაოდენობა ყოველთვის უდრის მეორე ზვეულას **T**-ს რაოდენობას და ა. შ.).

ზემონათქვამიდან გამომდინარე, ორმაგ სპირალად დახვეული ორი ჩონჩხი ავსებს ერთმანეთს. ასეთ ჩონჩხებს ეწოდება კომპლემენტარული.

ქვემოთ სურათზე ნაჩვენებია დნმ-ს ორმაგი სპირალის სქემა (სურ. 32).

დნმ-ის მოლეკულა წარმოად-  
გენს ორ გადახლართულ სპი-  
რალს. სპირალის ჩონჩხი შედგება  
თანამიმდევრულად განლაგებუ-  
ლი ნახშირწყლისა და ფოსფორ-  
მჟავას ნაშთებისაგან; სპირალებს  
შორის სივრცეში განლაგდება  
ჰეტეროციკლური ნაერთები კომ-  
პლემენტარობის მკაცრი დაც-  
ვით: (**A-T**, **C-G**). თითო ზვეულა  
მოიცავს ათ ნუკლეოტიდურ  
წყვილს.



სურ. 32. დნმ-ს ორმაგი სპირალის აღნაგობის სქემა.

ნუკლეინმჟავების როლი სახეობების შენარჩუნებაში, შთამომავლობის გადაცემასა და ცილების სინთეზში უარესად დიდია.

ადრე გენის ცნება მიეკუთვნებოდა მხოლოდ კლასიკურ გენეტიკას. შემდგომ გენის შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ, როგორც ქიმიური სტრუქტურა, რომელიც განსაზღვრავს სახეობის შენარჩუნებას შთამომავლობაში. ეს ხერხდება ინფორმაციის გადაცემით დედის უჯრედიდან შვილის უჯრედზე, ე. ი. ინფორმაცია გადაეცემა ქიმიური სტრუქტურის ერთეულის საშუალებით. ეს ერთეული ე. წ. კოდონი, წარმოადგენს სამი ნუკლეოტიდის ნაშთის თანამიმდევრობას (ტრიპლეტს). განსაზღვრული შედგენილობის კოდონი აკონტროლებს განსაზღვრული აღნაგობის ამინომჟავას ჩართვას მზარდი ცილის მოლეკულაში. რადგანაც ნუკლეინმჟავას ჩონჩხში სტრუქტურის ცვალებადობა დაკავშირებულია მხოლოდ ჰეტეროციკლური ნაერთების თანამიმდევრობასთან, ნათელი ხდება კოდონების, ე. ი. ტრიპლეტების შეუღლების საერთო რაოდენობა ( $4^3=64$ ). ერთ ან რამდენიმე კოდონს შეესაბამება განსაზღვრული შედგენილობის ამინომჟავა. მაგალითად, კოდონს ჰეტეროციკლური ნაერთების შემდეგი თანამიმდევრობით A-A-C შეესაბამება ვალინი, ხოლო A-C-A-ს ცისტეინი და ა. შ.

ამრიგად, ცილის სინთეზს აკონტროლებს კოდონის ბუნება, რომელიც ცილის მზარდ ჩონჩხში ჩართავს შესაბამის ამინომჟავას. 64 კოდონიდან 61 არის α-ამინომჟავების მაკოდირებელი, ხოლო სამი TTA, CTA და TCA ე. წ. უაზრო კოდონებია, რომლის საშუალებითაც ჩერდება ცილის ჩონჩხის ზრდა.

როგორც ხელავთ დნმ-ს სტრუქტურაში ჩაქსოვილია „მშენებლობის გეგმა“, რომელიც განსაზღვრავს მშობლის რომელი თვისება (თვალის ფერი, სიმაღლე, სხეულის აღნაგობა, ლაპარაკის მანერა, მუსიკის ნიჭი და სხვა) უნდა გადაეცეს შთამომავლობას გენების - კოდონების (ტრიპლეტების) საშუალებით. საოცრებაა აგრეთვე ნუკლეინმჟავის თვით-წარმოქმნის შესაძლებლობა. ორმაგი სპირალის ნაწილი დაიცარება და განცალკევებული ხვეული ივსება ახალი ხვეულით. ამ პროცესის ნათესაყოფად ხშირად სარგებლობენ შემდეგი კლასიკური მაგალითით: წარმოიდგინეთ ხელი ხელთათმანში (ორმაგი სპირალი). ხელთათმანს ამორებენ ხელს (ორმაგი სპირალის დაცარვა). განთავისუფლებული ხელის დაფარვა და ხელთათმანის შევსება შესაბამისად სხვა ხელთათმანითა და ახალი ხელით (ხვეულის შევსება ახალი კომპლემენტარული ხვეულით და ახალი ორმაგი სპირალის წარმოქმნა). ამ პროცესს რეპლიკაცია ეწოდება.

ნუკლეინმჟავების შესწავლა დღეს მიმდინარეობს ქიმიკოსების, ფიზიკოსების, ბიოლოგების, მათემატიკოსებისა და სხვა დარგების მეცნიერთა ერთობლივი ძალისხმევით. შესაძლებელი გახდა განსაზღვრული ნუკლეოზიდების ლაბორატორიული სინთეზი, ცილების ბიოსინთეზი და ნუკლეინმჟავას სტრუქტურების გაშიფვრა. არსებობს აგრეთვე რეაქტივის ჩატარების საშუალება ცოცხალ უჯრედში. ცალკე დარგად გამოიყო ახალი მეცნიერული მიმართულება „გენური ინჟინერია“, რომლის არსის ის არის, რომ სხვადასხვა სპეციალური მეთოდის საშუალებით საწყის მიკროორგანიზმს გადაუნერგავენ გენებს, რომლებიც ხასიათდება შთამომავლობის ამა თუ იმ ნიშნებით.

ნუკლეინმჟავა შეიცავს ნახშირწყლებს, ჰეტეროციკლურ ნაერთებს და ფოსფორმჟავას.

ნუკლეინმჟავების მოლეკულური ჩონჩხი შეიცავს რთული ეთერის ფუნქციურ ჯგუფებს.

კენი ნუკლეინმჟავას ფრადემენტა.

ელემენტარული სამრეწველო ორგანული ქიმიის

XIII თავი

საწარმოო ორგანული ქიმიის ქიმიის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მიმართულებაა და შეისწავლის სხვადასხვა დანიშნულების ორგანული ნაერთის წარმოებაში მიღების კანონზომიერებებს. იგი ეფუძნება თეორიული და ექსპერიმენტული ორგანული ქიმიის მიღწევებს და ამასთან სახავს მათი განვითარების ახალ გზებსა და ამოცანებს.

იციტ, რომ ორგანული ნაერთების მიღება შეიძლება ბუნებრივი ნედლეულისაგან (ცხიმი, ზეთი, ხე-ტყის ნედლეული, ქვანახშირი, ნავთობი და სხვ.) გამოყოფით და ნახევარპროდუქტებისაგან სინთეზით (აქ იგულისხმება გამოყოფილი ან სინთეზურად მიღებული ნივთიერება, რომელიც, თავის მხრივ, გამოიყენება გამიზნული პროდუქტის მისაღებად).

**§64. სამრეწველო ორგანული ქიმიის  
ამოცანები და მიმართულებანი**

სამრეწველო ქიმიის შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად მიმართულებად:

1. **მრავალტონაჟიანი წარმოება** (აცეტილენის, ეთილენის, ალკადიენების, ალკანების და სხვათა საფუძველზე). აქ შედის მაღალმოლეკულური ნაერთების, სარეცხი საშუალებების, სინთეზური კაუჩუკისა და გამხსნელების წარმოება.

2. **ფაქიზი ორგანული სინთეზი**. მასში იგულისხმება ფარმაცოპრეპარატების, სინთეზური საღებარებისა და სხვათა წარმოება. წარმოებული პროდუქტის რაოდენობა, როგორც წესი, არ აღემატება რამდენიმე ათეულ ტონას.

წარმოებაში „მუშაობას“ იწყებს ის პროცესი, რომლის მიმდინარეობის ოპტიმალური პირობები შესწავლილი და დადგენილია, ესენია:

1. საწყისი ნივთიერებების ხელმისაწვდომობა;
2. მისაღები ნაერთის მაქსიმალურად მაღალი პრაქტიკული გამოსავლიანობა;
3. რეაქციის ადვილად განსახორციელებლად კინეტიკური და თერმოდინამიკური პირობების (რეაქციის სიჩქარე, ტემპერატურა, წნევა,

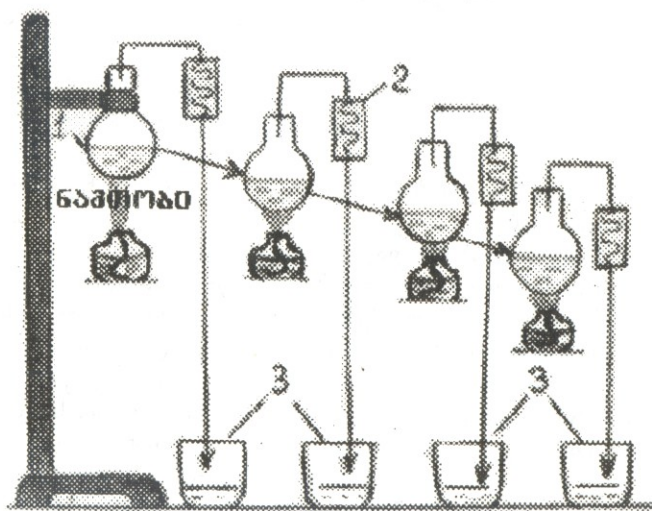
ნავთობის შედგენილობა დადგენილია მასში შემავალი ნაერთების ფიზიკური (T დულს, T დნობის, აბსორბციის უნარი და სხვა) და ქიმიური თვისებების (რეაქციისუნარიანობა) შესწავლით. გამოყოფილია და აღწერილია უამრავი ნახშირწყალბადი 70 ნახშირბადატომის შემცველი ნაერთის ჩათვლით.

**ნავთობის გადამუშავება.** ნავთობის გადამუშავებას უღარესად დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან ამ პროცესის შედეგად ვლედულობთ სხვადასხვა სახის მაღალი ხარისხის საწვავისა (გადამუშავების 90%) და ინდივიდუალური ნახშირწყალბადების (გადამუშავების 10%) დიდ რაოდენობას, რომელთა თანამიმდევრული გარდაქმნებით კი შეგვიძლია მივიღოთ სხვადასხვა კლასის ორგანული ნაერთები.

ძირითადად არსებობს ნავთობის გადამუშავების ორი ხერხი. პირველადი, რომელიც ნავთობში შემაველი ნაერთების დუღილის ტემპერატურის სხვადასხვაობაზე დაფუძნებული და მეორეული, რომელიც მაღალ ტემპერატურაზე ნახშირბადული ჩონჩხის გახლეჩას ემყარება. მეორეულ გადამუშავებას კრეკინგს უწოდებენ (გვ. 52)

პირველადი გადამუშავება არის ნავთობის გამოხდის პროცესი (გვ. 51) ნავთობი ნახშირწყალბადების ნარევი, ამიტომ იგი დულს ტემპერატურის დიდ ინტერვალში: 20°-დან 300°C-მდე. ამასთან დაკავშირებით პირობით შეარჩევენ დუღილის ინტერვალებს, და აკროვებენ ამ ინტერვალში ფრაქციებს. ფრაქციული გამოხდის არსი ნაჩვენებია 33-ე სურათზე.

ნავთობისაგან გამოყოფილი ფრაქციების შედგენილობის ერთ-ერთი ვარიანტი მოცემულია მე-15 ცხარლში.



**ურავიძება:** I - კოლბა; 2 - მაცივარი; 3 - მიმლები.

სურ. 33. ფრაქციული გამოხდის პროცესი.

1 - კოლბა; 2 - მაცივარი; 3 - მიმლები.

ფრაქციების დუღილის ტემპერატურის ინტერვალის იზრდება I-დან IV-კენ.



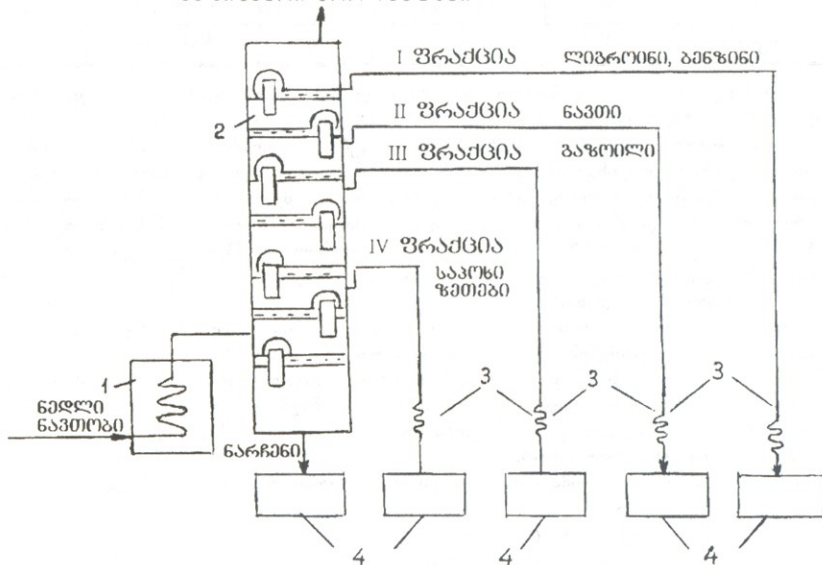
## ნავთობის პირველადი გადამუშავების ფრაქციები

ფრაქცია	დუღილის ტემპერატურული ინტერვალი °C	ფრაქციების შედგენილობა n-ნახშირბადატომების რიცხვი
გაზი	20-მდე	1-4
ლოგროინი (მსუბუქი ბენზინი) ბენზინი (პირველადი)	20-200	4-12
ნავთი	175-270	9-16
გაზოილი (სოლარის ზეთი)	200-400	15-25
საპოხი ზეთები	300 (შემციობული წნევის პირობებში)	20-35
ნარჩენები (მაზუთი, ასფალტი)	-	მრავალბირთვიანი ნაერთები და სხვა

როგორც ხედავთ, ფრაქციების შედგენილობას და მათი დუღილის ტემპერატურის ინტერვალს არა აქვს მკვეთრი საზღვარი.

წარმოებაში ნავთობის ფრაქციულ გამოხდას რექტიფიკაციას უწოდებენ და ატარებენ მას სარექტიფიკაციო სვეტებში, რომელთა სიმაღლე 30 მ-მდე აღწევს (სურ. 34).

## გაზისებრი პროდუქტები



სურ. 34. ნავთობის რექტიფიკაციის სქემა.

1 - ლუმელი; 2 - სარექტიფიკაციო სვეტი; 3 - მაცივარი; 4 - მიმღები.



მექანიკური მინარევებისაგან გასუფთავებული და გაუწყლოებული ნავთობი სახურებელში გავლის შემდეგ შედის პროცესის ძირითად აგრეგატში - სარექტირინგის სვეტში. ამ სვეტში ტემპერატურა იკლებს ქვემოდან ზემოთ 300-დან 20°C-მდე (შეფარეთ 33-ე სურათს). ფრაქციები მიიღება სვეტის სხვადასხვა სიმაღლეზე მათი დუღილის ტემპერატურის შესაბამის საზღვრებში.

ფრაქციებზე ამგვარი დაყოფა პირობითია და დიდად არის დამოკიდებული მათდამი წაყენებულ მოთხოვნებზე. ფრაქციული გამოხდით ზოგიერთ შემთხვევაში დამატებით იღებენ დაბალ ტემპერატურაზე მდლარე ფრაქციებს პირველადი ბენზინის ხელშეორედ გამოხდით.

1. პეტროლეინის ეთერი - დულს 20°-დან 60°-მდე ინტერვალში, შეიცავს ნახშირწყალბად C5-ის იზომერებს.
2. ლიგროინი - დულს 60°-დან 120°-მდე ინტერვალში, შეიცავს ნახშირწყალბადებს C5-C7.
3. ბენზინი - დულს 120°-დან 140°-მდე ინტერვალში, შეიცავს ნახშირწყალბადებს C4-C9.

აღსანიშნავია, რომ პირველადი გადამუშავების შედეგად მიღებულ ფრაქციებში დაბალმოლეკულური ნაერთების რაოდენობა მცირეა.

ცხრილი №16

ნავთობის კონველადი გადამუშავების შრამცივის საშუალო რაოდენობა

ფრაქცია	მოც. %	ფრაქცია	მოც. %	ფრაქცია	მოც. %
აირი	20	ბენზინი	10	გაზოილი	33
ლიგროინი	10	ნავთი	10	ნარჩენი	17

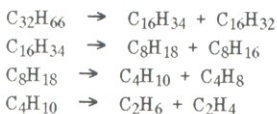
ბენზინზე სულ უფრო მზარდი მოთხოვნილების გამო დისევა მისი დამატებით მიღების საკითხი, რაც გადაწყდა ნავთობის მეორეული გადამუშავებით.

მეორეული გადამუშავება არის პირველადი გადამუშავების ნავთობპროდუქტების კრეკინგი. კრეკინგი პროცესია, რომლის მიმდინარეობისას ნავთობის მალამდლარე ფრაქციები (გაზოილი, მაზუთი) გარდაიქმნება შედარებით დაბალმოლეკულური ნაერთების ნარევადა. ამ ნარევიდან გამოხდით გამოყოფენ მეორეულ ბენზინს. მეორეული ბენზინი პირველადი ბენზინისათვის დამახასიათებელ ტემპერატურულ ინტერვალში დულს. ამრიგად კრეკინგის შედეგად მკვეთრად იზრდება ნავთობისაგან გამოყოფილი ბენზინის საერთო რაოდენობა.

კრეკინგის პროცესი შეიძლება იყოს თერმული და კატალიზური. მეორეული გადამუშავებას მიეკუთვნება აგრეთვე პიროლიზის პროცესი.

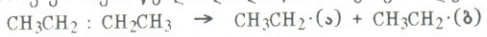
კრეკინგის პროცესში მიმდინარეობს ნავთობში შემავალი ნახშირწყალბადების გახლეჩა და იზომერიზაცია, რის შედეგადაც წარმოიქმნება დაბალმოლეკულური, ხშირად განტოტვილი ნახშირწყალბადები, ე. ი. იზრდება მაღალი ხარისხის საწვავის, კერძოდ, ბენზინის (მეორეული ბენზინი) რაოდენობა.

გახლეჩის პროცესი სქემატურად შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ შემდეგი რეაქციების საშუალებით:





გახლეჩა მიმდინარეობს რადიკალური მექანიზმით. წარმოქმნილი აქტიური რადიკალები მონაწილეობს სხვადასხვა პროცესში. კერძოდ, ერთი კარგავს წყალბადს და წარმოქმნება ალკენი, მეორე კი იძენს წყალბადს და წარმოიქმნება ალკანი.



ამგვარად, კრეკინგის საშუალებით ვლდებულობთ დაბალმოლეკულურ ალკენებს და ალკანებს. ეს არის ამ ნაერთების მიღების ძირითადი საწარმოო ხერხი.

თერმული და კატალიზური კრეკინგის და პიროლიზის ოპტიმალური პირობები მოცემულია მე-№17 ცხრილში.

ცხრილი №17

კრეკინგის და პიროლიზის ოპტიმალური პირობები<sup>1</sup>

კრეკინგი	თერმული	კატალიზური	პიროლიზი <sup>1</sup>
ოპტიმალური ტემპერატურა	450-550°C	450-500°C	700°C-ზე უფრო მაღალი
კატალიზატორი	-	ალუმოსილიკატური ბუნებრივი კატალიზატორი	-
რეაქციის ხიჩქარე	მიმდინარეობს ნელა	მიმდინარეობს სწრაფად	მიმდინარეობს სწრაფად
ქიმიური პროცესი	გახლეჩა	გახლეჩა და იზომერიზაცია	გახლეჩა და იზომერიზაცია
პროდუქტების შედგენილობა	ნახშირწყალბადები არაგანტოტევილი ჩონჩხით, უჯერი ნახშირწყალბადები	განტოტევილი ნახშირწყალბადები	აირადი ალკენები, არომატული ნახშირწყალბადები დიდი რაოდენობით
დეტონაციური მედეგობა	მაღალი	უმაღლესი	-
თანური პროცესები	ჟანგვა, პოლიმერიზაცია	-	-
ბენზინის ხარისხი	შესაძლებელია აუცილებელია ანტიოქსიდანტების დამატება	შენახვისას მდგრადია	-

**ბენზინი.** ბენზინის ხარისხი განისაზღვრება ოქტანური რიცხვით. შიგავწვის ძრავაში ჰაერისა და ბენზინის ორთქლის ნარევი შეიწოვება ძრავას ცილინდრში დღუშის ჩამოსვლისას; დღუშის ასვლისას ეს ნარევი იკუმშება

1 პიროლიზის ნავთობის არომატიზაციასაც უწოდებენ



და ააღდება ელექტრული ნაპერწყლით. მაღალხარისხოვანი ბენზინის ორ-  
თქლი იწვის სწრაფად და თანაბრად (ალი ცილინდრის მთელ მოცულობაში  
თანაბრად ვრცელდება). დაბალხარისხოვანი ბენზინი იწვის აკეთქებამ  
(არათანაბრად), წარმოქმნის ფეთქებად ტალღას, რომელიც არტყამს  
დგუმს და იწვევს დეტონაციას (ისმის დამახასიათებელი ხმაური).

ნახშირწყალბადების წვის უნარი არ არის ერთნაირი და პირობით განი-  
საზღვრება **ოქტანური რიცხვით** (ცხრილი 18)

ცხრილი №18

**ზოვიმერთი ნახშირწყალბადის ოქტანური რიცხვი**

ნ-ჰექტანი	0	2,3-დიმეთილჰექტანი	91
2-მეთილჰექსანი	42	2,2,4-ტრიმეთილჰექტანი	100

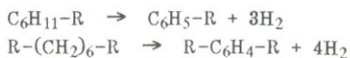
ბენზინის ოქტანური რიცხვი პირობითია. იგი აღწერს ბენზინის წვის  
უნარს: ბენზინი იწვის, როგორც ხელოვნური ნარევი, რომელიც იზოოქტა-  
ნისა (რომელსაც ყველაზე მაღალი ოქტანური რიცხვი აქვს) და ჰექტანისა-  
გან (რომელსაც ყველაზე დაბალი ოქტანური რიცხვი აქვს) შედგება. ოქტა-  
ნურ რიცხვს განსაზღვრავს იზოოქტანის პროცენტული რაოდენობა ხე-  
ლოვნურ ნარევეში. მაგალითად, ბენზინი **A-93** (ოქტანური რიც-  
ხვი 93) იწვის ისევე, როგორც ხელოვნური ნარევი, რომელიც შეიცავს  
იზოოქტანის 93%-ს და ჰექტანის 7%-ს.

ნავთობის მაღალტემპერატურული კრეკინგი პირობით შეგვიძლია  
ჩავთვალოთ, როგორც ნავთობის მესამეული გადამუშავება. ნავთობის შედგენილობაში  
არომატული ნახშირწყალბადების რაოდენობა აღკანებსა და ციკლოალკანებთან შედარე-  
ბით მცირეა და 3-დან 22%-მდეა.

ამ გადამუშავების დანიშნულებაა არომატული ნახშირწყალბადების დამატებითი  
რაოდენობის მიღება. გადასამუშავებელ ნედლეულად იყენებენ ნავთობის პირველადი  
გადამუშავების პროდუქტებს და დაბალხარისხოვან ნარჩენებს, რომლებიც დიდი რაოდე-  
ნობით შეიცავს ალკანებს და ციკლოალკანებს. გადამუშავებას ატარებენ მილოვან  
ლუმელებში 650-750°C-ზე.

ნავთობგადამუშა- ვების პროდუქტე- ბი და ნარჩენები	650-750 °C	აირები (ეთილენი, წყალბადი და ალკანები)	გამოსავლიანობა 30-დან%-50%-მდე
		ფისი, რომლის რექტიფიკაციით მიიღება ინდივიდუალური არომა- ტული ნახშირწყალბადები (ბენ- ზოლი, ტოლუოლი, ქსილოლები, ნაფთალინი და სხვ.)	გამოსავლიანობა 40-დან 60%-მდე (ზოგიერთ შემ- თხვევაში 90%-მდე)

არომატული ნაერთების წარმოქმნა მაღალტემპერატურული კრეკინგის პირობებში  
ეკრძაბოდა თქვენთვის ცნობილ ალკანებისა და ციკლოალკანების დეჰიდრირებისა და  
დეჰიდროციკლიზაციის რეაქციებს.



მაღალტემპერატურულ პროცესში ზემოთ მოყვანილი რეაქციების მიმდინარეობა შემდეგი მონაცემებით დასტურდება (ცხრილი 19).

ცხრილი №19

**საწყისი და მიღებული ნარევის ნახშირწყალბადოვანი შემადგენლობა (%-ობით)**

ნახშირწყალბადი	საწყის ნედლეულში	მაღალტემპერატურული კრეკინგის შემდეგ
პარაფინული	62,2	34,4
ნაფთენური	29,0	3,2
არომატული	8,7	61,6
ოლეფინური	0,1	0,5

ბენზინში იზომერული ალკანების და არენების რაოდენობის ზრდა იწვევს მისი ხარისხის მკვეთრ გაუმჯობესებას.

ნავთობის გადამუშავების პროდუქტებია: სხვადასხვა სახის საწვავი – 90%, ნედლეული ქიმიური წარმოებისათვის – 10%.

მიღებული ფრაქციების დუდილის ტემპერატურათა ინტერვალი პირობითაა.

**§66. ქვანახშირის ფისი. ბუნებრივი აირები**

ქვანახშირის ფისი ორგანული არომატული ნაერთების რთული ნარევი და მნიშვნელოვანი ნედლეულია ქიმიური მრეწველობისათვის. იგი შეიცავს 10 ათასამდე სხვადასხვა ნაერთს. მათგან 500-მდე ნაერთი, რაც ქვანახშირის ფისის მასის 55%-ს შეადგენს, გამოყოფილი და შესწავლილია.

ქვანახშირის ფისს იღებენ ქვანახშირის დაკოქსით (კოქსი გამოიყენება მეტალურგიაში). ქვანახშირის დაკოქსვა ხდება სპეციალურ ლუმებში. 24 გაერთიანებული ლუმელი წარმოადგენს ბატარეას. დაკოქსვის პროცესი მიმდინარეობს ჰერმეტიკულ (უფანგბადო) ლუმებში ქვანახშირის გახურებისას 800°C-მდე 24 საათის განმავლობაში. კოქსთან ერთად წარმოიქმნება რთული შედგენილობის კოქსის გაზი. 1 ტონა ქვანახშირისაგან იღებენ 340-350 მ<sup>3</sup> კოქსის გაზს.

ამ გაზის გაცივებით მიიღება კონდენსატი<sup>1</sup>, რომელიც დაყოვნებისას წარმოქმნის ორ ერთმანეთში უხსნად სითხეს: ქვედა ფენა ქვანახშირის ფისია, ზედა ფენა ფისზედა წყალი. წყლის ფენა შეიცავს ძირითადად ამიაკს და წყალში ხსნად სხვა ნაერთებს. ქვანახშირის ფისისაგან რექტორთიკაციით გამოყოფენ მრავალ არომატულ ნაერთს. მათ შორის დასაკოქსავად აღებული ქვანახშირის მასის მიმართ: ბენზოლი - 6-8%, ტოლუოლი - 2%, ქსილოლები - 4%, ნაფთალინი - 1%, ფენოლი - 3%-მდე, ჰეტეროციკლური ნაერთები და სხვ.

ბუნებრივი და ნავთობის თანმხლები აირები

ბუნებრივი აირები ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში. ბუნებრივი აირების მდიდარი საბადოებია სარატოვში, ორენბურგის ოლქში, დასავლეთ თურქმენეთში, ირანში და ა. შ. მათი შედგენილობა ერთნაირი არ არის. საშუალო შედგენილობა მოყვანილია ცხრილში №20 (მოცულობითი წილით).

ცხრილი №20

ბუნებრივი აირის საშუალო შემადგენლობა

CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	N <sub>2</sub> და სხვა
80-97%	0,5-4,0%	0,2-1,5%	0,1-1,0%	0-1%	2-13%

ნავთობის თანხლები აირები თავისი წარმოშობით ბუნებრივი აირია. მისი სახელწოდება დაკავშირებულია იმასთან, რომ იგი ნავთობის საბადოში ნავთობთან ერთად მოიპოვება. მეთანის გარდა იგი თითქმის თანაბარი რაოდენობით შეიცავს ეთანს, პროპანს, ბუტანს, მცირე რაოდენობით პენტანსა და ჰექსანსაც.

ბუნებრივი და ნავთობის თანმხლები აირები გამოიყენება როგორც საწვავი. მათ დიდი გამოყენება აქვთ აგრეთვე როგორც ნედლეულს ქიმიურ მრეწველობაში.

მეთანისაგან ლებულობენ ქალოგენწარმოებულებს, აცეტილენს, ფორმალდეჰიდს, სინთეზ-აირს (წყალბადისა და ნახშირბად (II)-ის ოქსიდის ნარევი), რომელსაც იყენებენ მეთანოლისა და სხვა ალკანების სინთეზისათვის. ბუნებრივი აირი გამოიყენება თბოელექტროსადგურებში, აგრეთვე სამრეწველო ლუმლებში, როგორცაა ბრძმელი, მარტენის ლუმელი და სხვ.

საპარჯიშომები და ამოცანები

1. რა ფიზიკური მოვლენები უდევს საფუძვლად ნავთობის ფრაქციებად დაყოფას?
2. შეადგინეთ ტოლობები ზოგიერთი რეაქციისა, რომელიც C<sub>20</sub>H<sub>42</sub> ნახშირწყალბადის კრეკინგისას მიმდინარეობს.
3. ქიმიური ხერხით როგორ შეიძლება განვასხვავოთ სელის ზეთი, ნავთობის გამოხდით მიღებული საპოხი ზეთისაგან.
4. რა არსებითი განსხვავებაა თერმული და კატალიზური კრეკინგით მიღებული აირების შედგენილობას შორის?
5. რა მსგავსება და განსხვავებაა ნავთობის კრეკინგსა და გამოხდას შორის?
6. როგორ განისაზღვრება ბენზინის ოქტანური რიცხვი? რას ნიშნავს ბენზინის ოქტანური რიცხვი 76.
7. რა კანონზომიერებით იცვლება ბენზინის ოქტანური რიცხვი (იხ. მე-18 ცხრილი)?

1 კონდენსატის გარდა რჩება გაზთა ნარევი, რომელიც შედგება წყალბადის, მეთანის, ნახშირბადის ოქსიდების და სხვა ნაერთებისაგან.

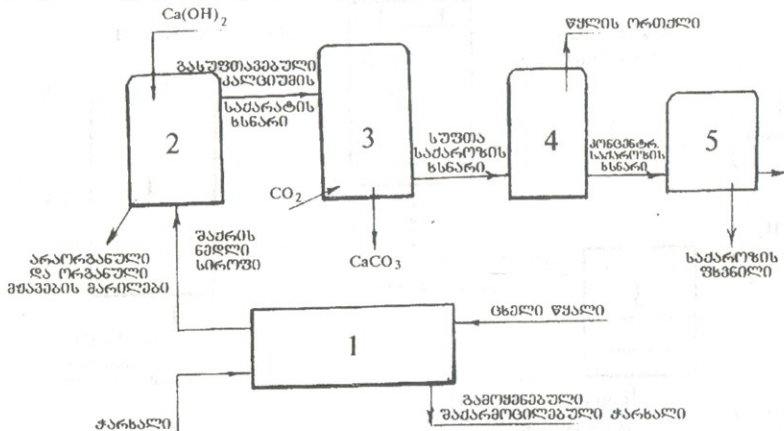


**საქაროზის მიღება ქარხლისაგან**

საქაროზას ლებულობენ შაქრის ლერწმის ან შაქრის ქარხლისაგან. ჩვენს რესპუბლიკაში მას აგარაში ლებულობენ შაქრის ქარხლისაგან.

საქაროზას მიღება სხვა ქიმიური წარმოებებისაგან იმით განსხვავდება, რომ მისი მიღება ხდება არა საწყის ნივთიერებათა ქიმიური გარდაქმნებით, არამედ მხოლოდ ბუნებრივი ნედლეულისაგან გამოყოფით. ამ შემთხვევაში ქიმიურ და ფიზიკურ პროცესებს მიმართავენ იმისათვის, რომ ქარხალში შეძგავალი საქაროზა გამოიყოს და გაიწმინდოს მინარევეებისაგან.

ქარხალს აქუცმაცებენ თხელ ბურბუშელად და ყრიან ცივ წყალში. შემდგომი დამუშავება ნაჩვენებია 35-ე სურათზე.



**სურ. 35. შაქრის მიღების სქემა. 1. დიფუზორი**, რომელშიც მიმდინარეობს ქარხლის ბურბუშელიდან საქაროზის ექსტრაქცია ცხელი წყლით; იყენებენ თანმიმდევრულად დაკავშირებულ რამოდენიმე დიფუზორს; ქარხლის ბურბუშელის და ცხელი წყლის ნაკადი ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით მოძრაობენ. **2. დეფეკატორი**, რომელშიც მიმდინარეობს კალციუმის მარილების (არაორგანული და ორგანული მჟავების) გამოლექვა; ამისათვის უმატებენ კირბქეს ( $Ca(OH)_2$ ). **3. სატურატორი**, რომელშიც მიმდინარეობს საქაროზის ხსნარის გამოყოფა და კალციუმის ჰიდროქსიდის მინარევეების მოშორება. ამ მიზნით ხსნარში ატარებენ  $CO_2$ -ის ნაკადს; ხსნარის გაუფერულების მიზნით ატარებენ  $SO_2$ -ის ნაკადს. **4. ამორთქლებელი**, რომელშიც მიმდინარეობს ხსნარის კონცენტრირება და შაქრის გამოკრისტალება. **5. ვაკუუმ-აპარატი და ცენტრიფუგა**, სადაც მიმდინარეობს კრისტალების და ხსნარის დაყოფა.

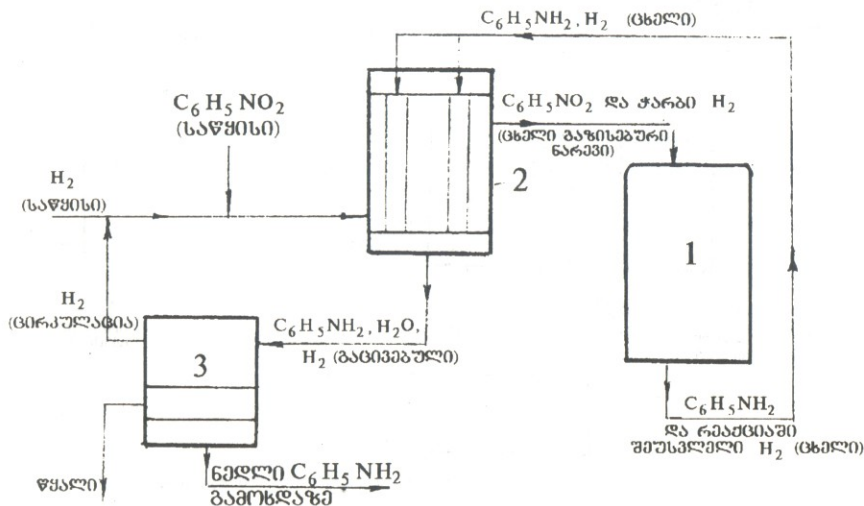
(1) დიფუზორებში მიმდინარეობს ცხელი წყლით საქაროზის ექსტრაქცია ქარხლისაგან. რამდენიმე დიფუზორის თანმიმდევრული გამოყენება სრული ექსტრაქციის ჩატარების საშუალებას იძლევა (ვადამუშავებულ ქარხალში 0,5%-მდე საქაროზა რჩება). წვენი, რომელიც გამოვლინდა დიფუზორიდან, მუქი ფერისა და შემკვებულია საქაროზასთან ერთად ექსტრაქტირებული სხვადასხვა მჟავებით. მათი ნეიტრალიზაცია და მოშორება მიმდინარეობს (2) დეფეკატორში. სუფთა საქაროზის გამოყოფა ხდება (3) სატურატორში, ხსნარის კონცენტრირება კი - წყლის ამორთქლებელში (4). საქაროზის (შაქრის) გამოკრისტალება და გამოყოფა სუფთა სახით ხდება ვაკუუმ-აპარატში, ცენტრიფუგაში და ფილტრზე (სურათზე გაერთიანებულია (5) ნომრით).

### ანილინის წარმოება

სინთეზური ორგანული ნაერთების წარმოების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მაგალითია თქვენთვის ცნობილი ანილინის სინთეზი ნიტრობენზოლისაგან. დღესდღეობით წარმოებაში ანილინი სინთეზირდება ძირითადად ნიტრობენზოლის ალდგენისას ანოლინის წყალბადით კატალიზატორის თანაობისას.



პროცესს ატარებენ მაღალ ტემპერატურაზე - როცა ნიტრობენზოლი აირად მდგომარეობაშია (სურ. 36).



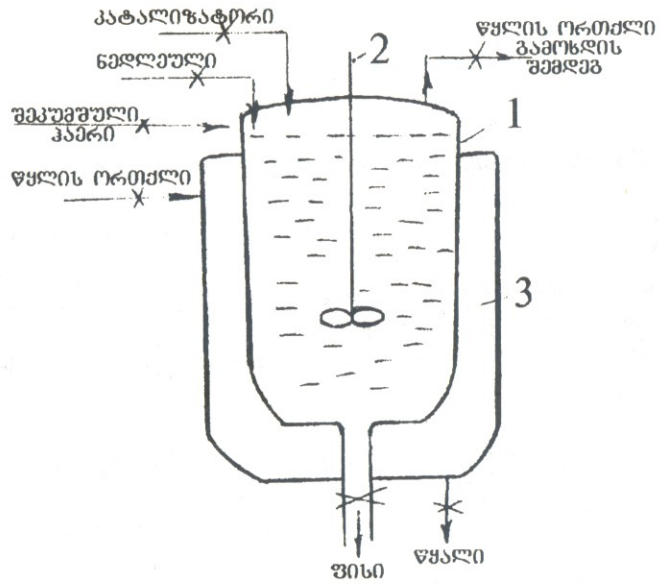
სურ. 36. ანილინის საწარმოო მიღების სქემა. 1. საკონტაქტო აპარატი შევსებულია კატალიზატორით: სპილენძი დაფენილი პემზაზე (ნეიტრალური სარჩული). 2. მილოვანი თბომცველი, რომელშიც მიმდინარეობს ანილინისა და რეაქციაში შეუსვლედი წყალბადის გაცივება (ნაკადი მიღებში) და წყალბადის და ნიტრობენზოლის გაცივება (ნაკადი მიღებს შორის). 3. საწდომი, რომელშიც მიმდინარეობს წყალბადის მოშორება და ციკლში დაბრუნება; ერთდროულად აქვს ადგილი წარმოქმნილი წყლისა და ანილინის დაყოფას; ნედლი ანილინის გამოშრობისა და გამოხდის შემდეგ მიიღება სუფთა ანილინი.

აირად ნიტრობენზოლს ჭარბი რაოდენობის წყალბადთან ერთად ატარებენ საკონტაქტო აპარატში (1), რომელიც შევსებულია კატალიზატორით. ალდგენის პროცესში გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სითბო. ეს სითბო ხმარდება საკონტაქტო აპარატში შესასვლელი ნარევის გახურებას საჭირო ტემპერატურამდე ( $300-320^{\circ}C$ ), რაც ხორციელდება (2) თბომცველში. მასში სარეაქციო საწყისი ნარევი ხურდება, ხოლო რეაქციაში შეუსვლედი წყალბადი და ანილინი ცივდება. ანილინი და რეაქციის მსვლელობის დროს წარმოქმნილი წყალი კონდენსირდება (3) საწდომში. წყალბადს აბრუნებენ ციკლში და უერთებენ წყალბადის ძირითად ნაკადს (ციკლუაციის პროცესი) ნედლ ანილინის გამოშრობის შემდეგ გამოხდინა სარეაქტიფიკაციო სვეტში.



ფენოლფორმალდეჰიდური ფისის წარმოება

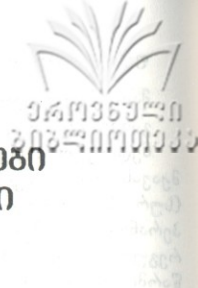
მაღალმოლეკულური ნაერთების წარმოება მრავალტონაჟიანია. განვიხილოთ ფენოლფორმალდეჰიდური ფისის (გვ. 115) წარმოების სქემა. ნედლეულია ფენოლი და ფორმალინი. პროცესის კატალიზატორად იყენებენ მარილმკვას და ამიაკის 20-25%-იან წყალხსნარს. საწყის ნარევეს ათავსებენ რეაქტორში (სურ. 37), რომელსაც მორგებული აქვს სარეველა. თვით რეაქტორი მოთავსებულია პერანგში, რომელშიც ატარებენ წყლის ორთქლს სარეაქციო ნარევის ტემპერატურის რეგულირების მიზნით. რეაქციაში წარმოქმნილ წყალს ამორებენ გამობდით, ხოლო წარმოქმნილ ფენოლფორმალდეჰიდურ ფისს გამოდენიან შეკუმშული ჰაერით.



სურ. 37. ფენოლფორმალდეჰიდური ფისის ხინთეხის რეაქტორი.

1. რეაქტორი; 2. სარეველა; 3. პერანგი.

ის რებით აღნიშნულია შესაბამისი მიღები, რომელთა საშუალებით:  
 ა) რეაქტორში შეაქვთ საწყისი ნარევი (ნედლეული), კატალიზატორი (სუსპენზიის სახით); რეაქტორიდან გამოაქვთ ფისი (ამასთან ერთად გამოიყოფა წყლის ორთქლი).  
 ბ) პერანგში მოძრაობს თბომატარებელი. ჯვრით აღნიშნულია მიღზე მოთავსებული ონკანები.



**მაღალმოლეკულური ნივთიერებები  
და მათ საფუძველზე მიღებული  
პოლიმერული მასალები**

XIV თავი

**ბუნებრივი და სინთეზური მაღალმოლეკულური ნაერთები**

მაღალმოლეკულურ ნაერთებს უდიდესი გამოყენება აქვს. ხშირად ამბობენ, რომ XX საუკუნე მაღალმოლეკულური ნაერთების საუკუნეა. მათ სისტემატურად ვიყენებთ ყოველდღიურ ცხოვრებაში. ეს ნივთიერებები სულ უფრო მეტად გამოიყენება მრეწველობის სხვადასხვა დარგში, სოფლის მეურნეობაში. მათი როლი უაღრესად დიდია სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის საქმეში.

არსებობს ბუნებრივი და სინთეზური მაღალმოლეკულური ნაერთები. მათ შორის რამდენიმე თქვენთვის უკვე ცნობილია. მაგალითად: კაუჩუკი, სახამებელი, ცელულოზა, ცილა, ნუკლეინმჟავები — ბუნებრივია; პოლიეთილენი, პოლიპროპილენი, პოლისტიროლი, ფენილფორმალდეჰიდური ფისი — სინთეზურია.

მაღალმოლეკულური ნაერთები ძირითადად განვიხილეთ, როგორც სხვადასხვა ორგანული ნაერთების ურთიერთქმედების პროდუქტები, ახლა კი შევისწავლოთ მათი ზოგადი თვისებები და მნიშვნელოვანი წარმომადგენლები.

**§68. მაღალმოლეკულური ნივთიერების ზოგადი დახასიათება**

**პოლიმერის აღნაგობა.** მაღალმოლეკულური ნივთიერების სტრუქტურულ ფორმულებზე თქვენ უკვე შეგექმნათ წარმოდგენა ალკენების და მათი წარმოებულების შესწავლისას.

გავიხსენოთ ზოგიერთი მათგანი და შემოვიტანოთ კიდევ რამდენიმე განმარტება.



დაბალმოლეკულურ ნივთიერებას, რომლისგანაც სინთეზირდება მაღალმოლეკულური, მონომერი ეწოდება, მიღებულ ნივთიერებას, კი პოლიმერი. გაიხსენეთ წინა თავებში განხილული პოლიმერები და მათი სინთეზი: პოლიეთილენი (გვ. 43), პოლიიზოპრენი (გვ. 58), პოლისტიროლი (გვ. 78) და პოლიმეტაკრილატი (გვ. 127).

ატომთა ჯგუფს, რომელიც მაკრომოლეკულაში მრავალჯერ (n) მეორდება, სტრუქტურული რგოლი ეწოდება. როდესაც მაღალმოლეკულური ნაერთი შეიცავს ორ ან რამოდენიმე სტრუქტურულ რგოლს, ე. ი. მის წარმოქმნაში მონაწილეობს სხვადასხვა მონომერი მასთან აპოლიმერი ეწოდება (გვ. 78).

რიცხვს, რომელიც გვიჩვენებს მაკრომოლეკულაში გაერთიანებული მონომერების რაოდენობას, პოლიმერიზაციის ხარისხი ეწოდება.

პოლიმერიზაციის პროცესში მაკრომოლეკულებად ერთიანდება სხვადასხვა რაოდენობით მონომერის მოლეკულები. ამიტომ წარმოქმნილი მაკრომოლეკულების მოლეკულური მასებიც განსხვავებულია. ამასთან დაკავშირებით, მაღალმოლეკულური ნაერთისათვის საარგებლობენ ცნებით საშუალო მოლეკულური მასა.

თქვენთვის უკვე ცნობილია, რომ მაკრომოლეკულები ხასიათდება სხვადასხვა გეომეტრიული ფორმით: ა) ხაზოვანი, მაგალითად, ცელულოზას მაკრომოლეკულა; ბ) განშტოებული, როგორცაა სახამებლის ზოგიერთი მაკრომოლეკულა; გ) ბადისებური სტრუქტურის, როდესაც ხაზოვანი მოლეკულები ერთმანეთთან შეერთებულია ქიმიური ბმებით (ამას გაცნობით კაუჩუკის შესწავლისას). პოლიმერის გეომეტრიული ფორმა არსებით გავლენას ახდენს მის თვისებებზე.

პოლიმერს შეიძლება ჰქონდეს კრისტალური ან ამორფული აღნაგობა. კრისტალური აღნაგობის პოლიმერებში მაკრომოლეკულები მოწესრიგებულადაა განლაგებული, ამორფულში კი - მოუწესრიგებლად. თუმცა პოლიმერების მოლეკულები მთლიანად კრისტალურ ან მთლიანად ამორფულ მდგომარეობაში არ არსებობს.

**პოლიმერის თვისებები.** პოლიმერის აღნაგობა გარკვეულ გავლენას ახდენს მის თვისებებზე. იგი მსუბუქი, ქიმიურად ძედეგი, მექანიკურად მტკიცე ნივთიერებაა. არ ხსასიათებს მუდმივი დნობის ტემპერატურა, ცუდად იხსნება გამხსნელებში.

ავხსნათ ამის მიზეზი.

თუ დავიწყებთ პოლიმერის გახურებას, შევამჩნევთ, რომ ის ჯერ დარბილდება, შემდეგ კი ტემპერატურის აწევასთან ერთად თანდათან დნება, ხშირად ბლანტი სითხის წარმოქმნით.

რით აიხსნება პოლიმერების ეს თავისებურება? უკვე იცით, რომ პოლიმერი შედგება სხვადასხვა მოლეკულური მასის მაკრომოლეკულებისაგან. როდესაც პოლიმერი დარბილებას იწყებს, ეს იმას ნიშნავს, რომ ზოგიერთ მაკრომოლეკულებს შორის მიზიდვის ძალები შესუსტდა და სითბური მოძრაობის შედეგად მათ შეუძლიათ ერთმანეთის მიმართ გადაადგილება. უფრო დიდი მაკრომოლეკულების ძვრადობისათვის კი საჭიროა შემდგომი გაცხელება. ამის გამო პოლიმერს განსაზღვრული დნობის ტემპერატურა არა აქვს.

პოლიმერის გამოხდა ვერ ხერხდება, რადგან იგი მალაღ ტემპერატურაზე, როგორც წესი, ჰიმიურად იშლება.

ზაზოვანი სტრუქტურის პოლიმერები ძნელად, მაგრამ მაინც იხსნება ზოგიერთ გამხსნელში, ბადისებური სტრუქტურის პოლიმერი კი სრულიად უხსნადია, რადგან მათი წრფივი მოლეკულები ერთმანეთზე „მიკერებულა“ ქიმიური ბმებით და მათი განცალკევება ძნელია გამხსნელის მცირე ზომის მოლეკულებით.

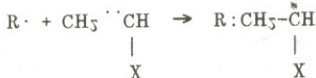
ახსენით პოლიმერების სიმსუბუქის, ქიმიური მედეგობის, მექანიკური სიმტკიცის მიზეზი.

**პოლიმერის სინთეზი.** მალაღმოლეკულური ნივთიერებების სინთეზი ხდება ძირითადად ორი ხერხით: პოლიმერიზაციით და პოლიკონდენსაციით. პოლიმერების თვისებების მიზანდასახული ცვლილებისათვის მიმართავენ განსაზღვრული შედეგნილობის თანაპოლიმერების სინთეზს.

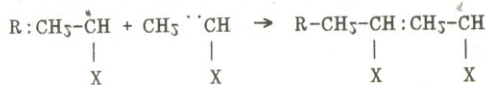
პოლიმერიზაციის რეაქცია. უკვე იცით, რომ პოლიმერიზაცია ხდება, როგორც წესი, ორმაგი ბმის შემცველი ნივთიერებისა.

პოლიმერიზაციის პროცესი ზოგადი სახით შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგნაირად: მონომერი აღენიშნოთ  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{X}$  ფორმულით, სადაც X ატომი ან ატომთა ჯგუფია.

პოლიმერიზაციისას მონომერები უერთდება ერთმანეთს თანდათანობით. რეაქციის წარმართვისათვის საჭიროა არამდგრადი ნივთიერების ინიციატორის<sup>1</sup> გამოყენება, რომელიც ადვილად იშლება რადიკალებად. როდესაც თავისუფალი რადიკალი მონომერის მოლეკულას ეჯახება, მისი შეუწყვილებელი ელექტრონი მოქმედებს ა-ბმაზე და წარმოქმნის ელექტრონულ წყვილს მის ერთ-ერთ ელექტრონთან. მყარდება კოვალენტური ბმა რადიკალსა და მონომერის მოლეკულას შორის. ა-ბმის მეორე ელექტრონი თავისუფალი რჩება, რის გამოც მთელი ნაწილაკი რადიკალად იქცევა:



წარმოქმნილი რადიკალი ამგვარადვე მოქმედებს მონომერის მეორე მოლეკულასთან, იერთებს მას და შედეგად კვლავ ჩნდება ახალი რადიკალი:



ამრიგად, პოლიმერიზაციის პროცესის მსვლელობისას წარმოიქმნება მზარდი რადიკალი. რეაქცია ჯაჭურია. მოლეკულების თანამიმდევრული მიერთება გრძელდება მანამ, სანამ არ მოხდება ჯაჭვის ჩაქვტვა (მაგალითად, მზარდი რადიკალების ერთმანეთთან შეერთება). წარმოიქმნილი პოლიმერის, მოლეკულური მასა რამდენიმე ათეული და ასეული ათასია. რეაქციის მექანიზმი რადიკალურ-ჯაჭურია.

პოლიმერიზაციის რეაქცია შეიძლება მიმდინარეობდეს იონური მექანიზმითაც.

1 ინიციატორად იყენებენ პეროქსიდული ხიდის (-O-O-) შემცველ ნივთიერებას. მაგალითად, წყალბადის პეროქსიდს ( $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ ) ან ბენზოილის პეროქსიდს ( $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{O}-\text{O}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_5$ ), რომლებიც იშლებაიან  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{O} \cdot$  ან  $\text{R} \cdot$  რადიკალებად.

პოლიკონდენსაციის რეაქცია. პოლიკონდენსაციის რეაქცია მალალოლეკულური ნივთიერების წარმოქმნის პროცესია, რომელსაც თანახლავს თანაური დაბალმოლეკულური ნივთიერების (წყალი ან სხვ.) გამოყოფა.

პოლიკონდენსაციის რეაქციას თქვენ გაცნობთ ეთილენგლიკოლისა (გვ. 103), ფენოლისა და ფორმალდეჰიდის (გვ. 115), ნახშირწყლებისა (გვ. 168, 170), ამინომჟავების და ცილების (გვ. 150, 176) ურთიერთქმედების მაგალითზე. ეს რეაქცია განპირობებულია ფუნქციური ჯგუფების არსებობით და მათი ურთიერთგარდაქმნებით, იმისათვის, რომ ჯაჭვის ზრდის პროცესი განხორციელდეს, აუცილებელია აღებულ მონომერებში ან მონომერში ურთიერთმოქმედი ფუნქციური ჯგუფების არსებობა.

მონომერი პოლიმერის საწყისი ნივთიერებაა.

პოლიმერების სინთეზირდება: პოლიმერიზაციისა და პოლიკონდენსაციის რეაქციებით

პოლიმერიზაცია შეიძლება მიმდინარეობდეს რადიკალური ან იონური მექანიზმებით.

### §69. პლასტმასა

პოლიმერის საფუძველზე მზადდება პლასტმასა. პლასტმასაში შეთავსებულია დიდი მექანიკური სიმტკიცე, მცირე სიმკვრივე, მაღალი ქიმიური მედეგობა, კარგი თბო- და ელექტროსაიზოლაციო თვისებები და სხვ. პლასტმასა იაფი ნედლეულისაგან მზადდება. მას იყენებენ როგორც სახალხო მეურნეობასა და ტექნიკის ყველა დარგში, ისე ყოველდღიურ ცხოვრებაში.

პოლიმერის გარდა (ხშირად მას ფისს უწოდებენ) პლასტმასა შეიცავს სხვა კომპონენტებსაც (შემავესებლები), როგორცაა ხის ფქვილი, ქსოვილი, აზბესტი, მინის ბოჭკო და სხვ. პოლიმერული ნივთიერება მათი შემკვრელია. უმატებენ აგრეთვე: პლასტიფიკატორს (მაგალითად, მაღალმდუღარე რთულ ეთერს), რომელიც ზრდის ელასტიურობას, ამცირებს სიმყიდვს; სტაბილიზატორს, რომელიც ხელს უწყობს პლასტმასის

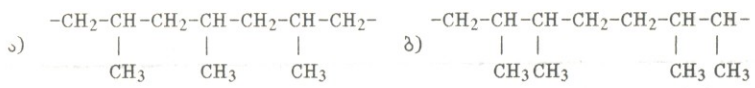
თვისებების შენარჩუნებას მათი გადაამუშავების პროცესში; საღებარს, რომელიც შესაბამის ფერს აძლევს და სხვა ნივთიერებებს.

პლასტმასისათვის დამახასიათებელია თერმოპლასტიკურობა და თერმორეაქტიულობა; რისი გათვალისწინებაც აუცილებელია მათი სწორად გამოყენებისათვის.

თერმოპლასტიკური პოლიმერი (მაგალითად, პოლიეთილენი) გაცხელებისას რბილდება, ხდება პლასტიკური, ადვილად იცვლის ფორმას, ხოლო გაცივებისას ისევ მყარდება და მიცემულ ფორმას ინარჩუნებს. შემდგომი გაცხელებისას ისევ რბილდება და ა. შ. ამის გათვალისწინებით შეგვიძლია სხვადასხვა ნაკეთობების დამზადება.

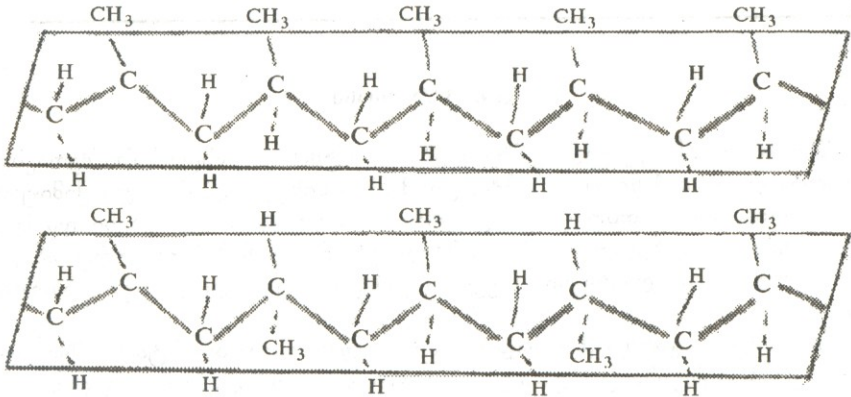
თერმორეაქტიული პოლიმერი (მაგალითად ფენოლფორმალდეჰიდური ფისი) გაცხელებისას თავიდან პლასტიკური ხდება, მაგრამ შემდგომ პლასტიკურობას კარგავს. ასეთი მასალის ხელმოკრედ გადაამუშავება შეუძლებელია.

ზოგიერთი პოლიმერისათვის დამახასიათებელია მოწესრიგებული სივრცითი აღნაგობა, ანუ სტერეორეგულარული აღნაგობა, რაც ზრდის მათ სიმტკიცეს და გავლენას ახდენს მათს თვისებებზე. მაგალითად, პროპენის პოლიმერიზაციით მოლეკულები ერთმანეთს სხვადასხვანაირად შეიძლება შეუერთდეს:



მონომერების შეერთების ა) თანმიმდევრობას ეწოდება „თავი-ბოლოსთან“, ბ)-ს კი - „თავი-თავთან“. შესაძლებელია აგრეთვე შეერთების შერეული თანმიმდევრობა.

გარდა ამისა, ამგვარი პოლიმერიზაციის დროს რადიკალი მეთილი ხშირად იძენს რეგულარულ სივრცით განლაგებას. წარმოვიდგინოთ, რომ ზიგზაგისებური მაკრომოლეკულის წარმოქმნილი ნახშირბადატომები ერთ სიბრტყეზეა, მაშინ მეთილის ჯგუფები განლაგდება ან ამ სიბრტყის ცალ მხარეს, (ზემოთ ან ქვემოთ) ან წესიერი მონაცვლეობით (სურ. 38).

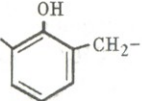


სურ. 38. პოლიპროპილენის მაკრომოლეკულის სტერეორეგულარული აღნაგობა შავი თხელი ხაზებით აღნიშნულია ნახშირბადატომების ჩონჩხის სიბრტყის ზემოთ, წვეტილი ხაზებით კი სიბრტყის ქვემოთ.

ამ შემთხვევაში პოლიმერი სტერეორეგულარული აღნაგობისაა. ზოგიერთი პლასტმასის გამოყენების სფერო მოყვანილია 21-ე ცხრილში.

## პლასტიკის შედგენილობა და გამოყენება



პოლიმერის დასახელება	მონომერი	სტრუქტურული რგოლი	გამოყენება
პოლიეთილენი	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	პოლიეთილენის აფსკების, ელექტროსადენების და კაბელების იზოლაციისათვის. მილების, ქიმიური აპარატურის დეტალების, ჭურჭლის და სხვათა დასამზადებლად.
პოლიპროპილენი	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$-\text{CH}_2-\text{CH}-$ $ $ $\text{CH}_3$	იზოლატორად. მილების, მანქანის ნაწილების, ქიმიური აპარატურის და სხვათა დასამზადებლად.
პოლისტიროლი	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$-\text{CH}_2-\text{CH}-$ $ $ $\text{C}_6\text{H}_5$	იზოლატორად რადიო და ელექტროაპარატურის დეტალების, სხვადასხვაგვარი პანელების, მოსაპირკეთებელი ფილების, ჭურჭლის, სათამაშოების და სხვათა დასამზადებლად.
პოლიმეთილმეთაკრილატი - ორგანული მინა	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2=\text{C} \\   \\ \text{COOCH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{CH}_2-\text{C}- \\   \\ \text{COOCH}_3 \end{array}$	გამოიყენება თვითმფრინავების, გემების, ავტომობილების შესამინად, ლინზების დასამზადებლად და ა. შ.
ფენოლფორმალდეჰიდური პლასტიკები	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{O} \end{array}$		მანქანის კბილანების ე. წ. ვოლოკნიტების, ტექსტოლიტების, პლასტიკატების დასამზადებლად, რომელსაც მანქანათმშენებლობაში, ტრანსპორტზე, ავეჯის დასამზადებლად იყენებენ და ა. შ.

დაწერეთ ზემოთ დასახელებული პოლიმერების მიღების რეაქციის ტოლობები.

## §70. ბოჭკოვანი

ბუნებრივ ბოჭკოვან მასალებს ადამიანი უხსოვარი დროიდან იყენებდა ტანსაცმლის და სხვადასხვა საოჯახო ნივთების დასამზადებლად. ამ მასალებიდან ზოგი (ცხრილი № 22) მცენარეული წარმოშობისაა და შედგება ცე-

ლულოზისაგან (სელი, ბამბა); ზოგიც ცხოველური და შედგება ცილებისაგან (მატყლი, აბრეშუმის).



ბოჭკოების კლასიფიკაცია

ბუნებრივი		ქიმიური	
მცენარეული წარმოშობის	ცხოველური წარმოშობის	ხელოვნური	სინთეზური
ბამბის, სელის და სხვ.	მატყლის, აბრეშუმის	ვისკოზური, სპილენძამიაკის, აცეტატის	ნიტრონი, ლაცსანი, კაპრონი, ენანტი და სხვ.

ბოჭკოზე მზარდი მოთხოვნების გამო შეიმჩნეოდა ბუნებრივი ბოჭკოს ნაკლებობა. დადგა ქიმიური გზით ბოჭკოს მიღების აუცილებლობის საკითხი.

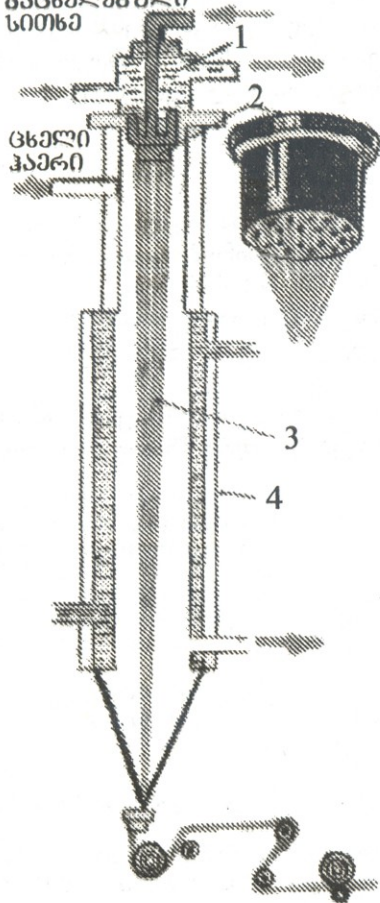
**აცეტატური ბოჭკო.** თქვენთვის ცნობილია, რომ სელი, ბამბა, მერქანი ძირითადად ცელულოზისაგან შედგება, მაგრამ მერქნისაგან ძაფს არ აერთავენ. რა არის მიზეზი?

გაიხსენეთ, რომ მერქნის ცელულოზას წრფივი სტრუქტურა აქვს და მაკრომოლეკულები უწყსრიგოდ არიან განლაგებულნი. ბოჭკოსთვის კი დამახასიათებელია მაკრომოლეკულების მოწყსრიგებული განლაგება, კერძოდ, მათი ორიენტაცია ბოჭკოს ღერძის გასწვრივ. პოლიმერის მოლეკულებს ასეთი ორიენტირებისათვის გადაადგილების საშუალება უნდა ჰქონდეს. ამიტომ პოლიმერი ან უნდა გავხსნათ გამხსნელში, ან გავაძნოთ; მაგრამ ცელულოზას არც გამხსნელი მოეძებნა და გადნობაც შეუძლებელია — გახურებისას ის იშლება. საკითხი გადაიჭრა მხოლოდ მას შემდეგ, რაც ცელულოზისაგან ქიმიური გადამუშავების გზით მიიღეს ცელულოზის ტრიაცეტატი (გაიხსენეთ მისი მიღების რეაქციის ტოლობა), რომელიც კარგად იხსნება დიქლორმეთანის ( $CH_2Cl_2$ ) და ეთილის სპირტის ნარევეში. წარმოიქმნება ბლანტი ხსნარი, რომელშიც პოლიმერის მოლეკულებს უკვე შეუძლია გადაადგილება და საჭირო ორიენტაციის მიღება.

ბოჭკოს მისაღებად პოლიმერის ხსნარს ასხამენ მრავალნასვრეტიან თალფაქებში, რომელსაც თვალაკები ეწოდება. ნასვრეტებში გავლისას მაკრომოლეკულების განლაგება მოწყსრიგებული ხდება. ხსნარის წვრილი ჭავლები ჩამოედინება დაახლოებით 3 მეტრი სიმაღლის შახტში, სადაც სითბოს მოქმედებით ორთქლდება გამხსნელი და ტრიაცეტილცელულოზა ქმნის წვრილ, გრძელ ბოჭკოებს, რომლებიც ძაფებად იგრიხება (სურ. 39).



განსხვავებული  
სიონა



სურ. 39. აცეტატის ბოჭკოს  
ფორმირების სქემა

1. საქსოვი თავი; 2. თვალაკი;
3. წარმოქმნილი ბოჭკოები; 4. შახტი.

პოლიმერი მიიღება ფისის სახით, მისი შემდგომი გადამუშავებით მიიღება ბოჭკო — კაპრონი.

კაპრონი ხასიათდება დიდი სიმტკიცით, რადგან მაკრომოლეკულებს შორის მოქმედი ჩვეულებრივი ძალების გარდა წარმოიქმნება მრავალრიცხოვანი წყალბადური ბმები.

ამრიგად, აცეტატური ბოჭკოს მისაღებად გამოყენებულია ბუნებრივი პოლიმერი — ცელულოზა. იგი შეიცავს ვენება ხელოვნური ბოჭკოების კლასს, რომელთა წარმოება დაფუძნებულია ბუნებრივი პოლიმერის გადამუშავებაზე.

ბოჭკოებზე სულ უფრო მზარდი მოთხოვნის დასაკმაყოფილებლად საკმარისი არ იყო მხოლოდ აცეტატური ბოჭკოს წარმოება, აუცილებელი გახდა ბოჭკოს მიღება სინთეზური მაღალმოლეკულური ნაერთისაგან.

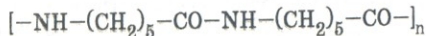
ხელოვნურისაგან განსხვავებით სინთეზურს უწოდებენ ბოჭკოს, რომელიც მიიღება სინთეზური პოლიმერისაგან. ორივე ერთად ქიმიური ბოჭკოების ოჯახს მიეკუთვნება, რადგან მათი წარმოებისათვის ქიმიური მეთოდები გამოიყენება.

**კაპრონი.** პოლიმერი, რომლისგანაც მიიღება სინთეზური ბოჭკო კაპრონი, შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც  $\epsilon$ -ამინოკაპრონმჟავას



პოლიკონდენსაციის პროდუქტი. დაწერეთ კაპრონის მიღების რეაქციის ტოლობა.

პოლიმერის აღნაგობა გამოსახება სტრუქტურით:



დიდი სიმტკიცის გარდა კაპრონი ხასიათდება მრავალჯერადი დეფორმაციისადმი მდგრადობით. არ ტენიანდება და სველიც არ კარგავს სიმტკიცეს. კაპრონის ბოჭკოს უარყოფითი მხარეა მისი თერმული არამდგრადობა იგი  $215^{\circ}\text{C}$ -ზე დნება. ამიტომ კაპრონის ქსოვილის ცხელი უთოთი დაუთოება არ შეიძლება.

იგი ნაკლებად მდგრადია მჟავას მიმართაც, რადგან ხდება მაკრომოლეკულაში ამიდური ბმების ჰიდროლიზი.

კაპრონის ბოჭკო პოლიამიდური ბოჭკოების ოჯახს მიეკუთვნება. ეს სახელწოდება წარმოიშობა იმის საფუძველზე, რომ ამინომჟავების რგოლები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ამიდური ( $-\text{CO}-\text{NH}-$ ) ბმებით.

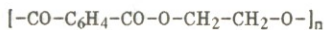
კაპრონის ფისი თერმოპლასტიკურობის გამო გამოიყენება მანქანების იმ დეტალების დასამზადებლად, რომლებიც დიდი სიმტკიცით და ცვეთამდეგობით უნდა გამოირჩეოდეს.

კაპრონის ნაწარმი ფართოდ დამკვიდრდა ჩვენს ყოფა-ცხოვრებაში. მისგან იკერება ლამაზი ტანსაცმელი, იქსოვება წინდები, მზადდება ხელოვნური ბეწვი, ხალიჩები და სხვ.

პოლიამიდური ბოჭკოების ოჯახს მიეკუთვნება აგრეთვე ნაილონი (ანილი). იგი მიიღება ჰექსამეთილენდიამინის ( $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ ) და აღიპინმჟავას ( $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ ) ერთობლივი პოლიკონდენსაციით. შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ლავხანი მიიღება პოლიმერისგან, რომელსაც ასინთეზებენ ეთილენგლიკოლის  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  და არამატული რიგის ორფუძიანი ტერეფთალ მჟავას  $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$  პოლიკონდენსაციით.

ამ ნივთიერებებს შორის რეაქცია ეკუთვნის ეთერიფიკაციის ტიპს, რომლის შედეგად მიიღება პოლიეთერის მაკრომოლეკულა (პოლიეთეროვანი ბოჭკოების ოჯახი)



ასეთი წრფივი მოლეკულის სტრუქტურული რგოლი შეიცავს როგორც სპირტის, ისე მჟავას მოლეკულის ნაშთებს.

პოლიმერი მიიღება ფისის სახით, მასში მაკრომოლეკულები უწყსრიგოდაა განლაგებული. ამიტომ მას ალღობენ და ატარებენ თვალაკებში, ისევე როგორც აცეტატური ბოჭკოს მიღებისას.

ბოჭკო ლავსანი ხასიათდება დიდი სიმტკიცით, ცვეთა, თერმო- და შუქმედეგობით, კარგი დიექტრიკია, მდგრადია საშუალო კონცენტრაციის მქონე მჟავების და ტუტეების მიმართ.

ლავსანს ამატებენ სხვა ბოჭკოებს, რაც აუმჯობესებს მის თვისებებს და სხვა სახეობის ქსოვილების დამზადების საშუალებას იძლევა. ეს ქსოვილები არ იქმუწნება, რაც განსაკუთრებით აუმჯობესებს მათ სამომხმარებლო თვისებებს.

ლავსანის დიდი სიმტკიცის გამო შესაძლებელია მისგან დამზადდეს ტექნიკური დანიშნულების ნაკეთობები: ბაგირები, საფილტრავი ქსოვილი, სახანძრო სახელოები და სხვ. მაღალი თერმომედეგობის გამო გამოიყენება ტემპერატურათა ფართო ინტერვალში  $-70^{\circ}\text{C}$ -დან  $+170^{\circ}\text{C}$ -მდე.



საქართველოს  
ქიმიკოსთა  
საზოგადოება

ბოჭკო მაღალმოლეკულური ნაერთია.

არსებობს პოლიამიდური (კაპრონი, ნაილონი) და პოლიეთეროვანი (ლაყსანი) ბოჭკოები.

### სამარჯიშოები და ამოცანები

1. პოლიამიდური ბოჭკო ენანტი, რომელიც კაპრონისაგან განსხვავებით დიდი შუქმდეგობით ხასიათდება, მიიღება ამინოენანტის მჟავას ( $H_2N-(CH_2)_6-COOH$ ) პოლიკონდენსაციის პროდუქტისაგან. შეადგინეთ შესაბამისი პოლიკონდენსაციის რეაქციის ტოლობა.
2. ბოჭკო ნიტრონი სხვა ბოჭკოებზე მეტად ჰგავს შალს. მის მისაღებად იყენებენ აკრილმჟავას ნიტრილს ( $CH_2=CH-CN$ ). შეადგინეთ პოლიმერიზაციის რეაქციის ტოლობა.
3. თქვენს მიერ ამოჩეული არაორგანული ნივთიერებებისაგან მიიღეთ რამოდენიმე პოლიმერი. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციათა ტოლობები.
4. რა მსგავსებაა პოლიეთილენს, პოლიპროპილენსა და ნაჯერ ნახშირწყალბადს შორის.
5. გამოთვალეთ პოლიპროპილენის პოლიმერიზაციის ხარისხი, თუ მისი საშუალო ფარდობითი მოლეკულური მასაა 100000.

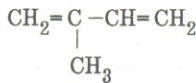
### §71. კაუჩუკი

**ბუნებრივი კაუჩუკი.** კაუჩუკს შეიცავს ზოგიერთი ტროპიკული მცენარის, უმთავრესად ჰევეას, რძისებრი სითხე – ლატექსი. ლატექსი კოლოიდური ხსნარია, რომლის კუაგულაციით მიიღება ბუნებრივი კაუჩუკი. გაიხსენეთ რა არის კუაგულაცია? (კაუჩუკი ნიშნავს „ხის ცრემლებს“).

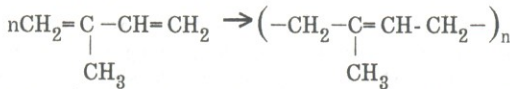
კაუჩუკის უმნიშვნელოვანესი თვისებაა ელასტიკურობა. მას ახასიათებს დრეკადი დეფორმაცია, აგრეთვე წყლის და აირების შეუღწევადობა; კარგად იხსნება გოგირდნახშირბადში ( $CS_2$ ), ქლოროფორმში და ბენზინში; ნატურალური კაუჩუკის მედეგობა ტემპერატურის მიმართ დაბალია – სიციხეში იგი წებვადია, სიცივეში კი – მყიდფე.

ანალიზის მეთოდებით დადგენილია, რომ იგი შედგება ნახშირბადისა და წყალბადისაგან. მისი ფორმულაა ( $C_5H_8$ )<sub>n</sub>, ე. ი. ის ბუნებრივი მაღალმოლეკულური ნივთიერებაა. ფარდობითი მოლეკულური მასა 100-ს აღწევს. დავადგინოთ მისი აღნაგობა. კაუჩუკის ნაჭერი მოვათავსოთ სინჯარაში, რომელსაც მორგებულნი აქვს აირგამყვანი მილი და გავაცხელოთ. შევაძინებთ, რომ

მიმღებში დაგროვდება თხევადი პროდუქტი, რომელიც ბრომიან წყალს აუფერულებს, ე. ი. ის უჯერი დიენური ნახშირწყალბადია – კერძოდ, იზოპრენი ( $C_5H_8$ ), რომლის სტრუქტურული ფორმულაა:



აქედან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კაუჩუკის მოლეკულები წარმოქმნილია იზოპრენის მოლეკულებისაგან. – კაუჩუკი არის იზოპრენის პოლიმერიზაციის პროდუქტი, რაც ტოლობის სახით ასე შეგვიძლია გამოვსახოთ:



კაუჩუკს წრფივი სტრუქტურის მოლეკულა აქვს. მაშ რით აიხსნება მისი განსაკუთრებული ელასტიკურობა. კაუჩუკის წრფივი მოლეკულა მრავალნაირად დაკლავილი და გორგლებად დახვეულია. კაუჩუკის გაჭიმვისას იგი სწორდება, ძალის მოხსნისას კი ისევ პირვანდელ ფორმას უბრუნდება.

სინთეზური კაუჩუკი. ტექნიკის განვითარებასთან ერთად სულ უფრო და უფრო იზრდებოდა მოთხოვნა კაუჩუკზე. ბუნებრივი რესურსები კი არ იყო საკმარისი ამ მოთხოვნის დასაკმაყოფილებლად. მეცნიერთა წინაშე დადგა მაღალელასტიკური სინთეზური მასალის შექმნის აუცილებლობის საკითხი.

მსოფლიოში კაუჩუკის პირველი სამრეწველო სინთეზი განახორციელა ს. ლებედევმა. ეთილის სპირტისაგან კატალიზატორების ( $Al_2O_3, ZnO$ ) მეშვეობით მიიღეს ბუტადიენ-1,3 (გვ. 59), მისი პოლიმერიზაციით (კატალიზატორი მეტალური ნატრიუმი) კი – სინთეზური კაუჩუკი

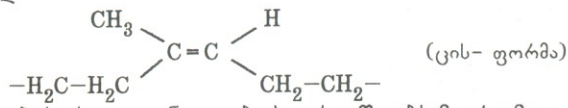


ამჟამად მიღებულია მრავალი სახის სინთეზური კაუჩუკი, რომელიც წარმატებით გამოიყენება საყოფაცხოვრებო სფეროში. მაგალითად, იზოპრენის პოლიმერიზაციით მიიღეს კაუჩუკი, რომელიც ძალიან ჰგავს ბუნებრივს. 2-ქლორბუტადიენ-1,3 პოლიმერიზაციით მიღებულ იქნა ქლოროპრენის კაუჩუკი (შეადგინეთ პოლიმერიზაციის რეაქციის ტოლობა), რომელსაც, ქლორის შემცველობის გამო, აქვს ამალღებული ცეცხლგამძლეობა. იგი მდგრადია ქიმიური რეაგენტების გამხსნელების, სითბოსა და სინათლის მიმართ. თანაპოლიმერიზაციის რეაქციით იღებენ ახალი სახის სპეციფიკური თვისებების მქონე კაუჩუკებს.

სინთეზური კაუჩუკი ცალკეული მაჩვენებლებით ბუნებრივ კაუჩუკზე უკეთესი თვისებებით ხასიათდება, მაგრამ დაბალია მისი ელასტიკურობა. ბუნებრივი კაუჩუკის სივრცითი აღნაგობის შესწავლის შედეგად აღმოჩნდა, რომ მას სტერეორეგულარული აღნაგობა აქვს. სტრუქტურულ რგოლ-



ში ერთნაირი ჩამნაცვლებლები (CH<sub>2</sub>) ორმაგი ბმის მიმართ ერთ მხარესაა განლაგებული:



CH<sub>2</sub> ჯგუფების ასეთი განლაგება ხელს უწყობს მაკრომოლეკულების ბუნებრივ დახვევას რგოლებად, რაც განაპირობებს კაუჩუკის ელასტიკურობას. დაწერეთ სტრუქტურული რგოლი ტრანს-ფორმით და დააკვირდით. ამ შემთხვევაში მაკრომოლეკულები უფრო გაჭიმულია. ეს განაპირობებს მათი ელასტიკურობის შემცირებას. სათანადო კატალიზატორების გამოყენებით შესაძლებელი გახდა სტერეორეგულარული აღნაგობის კაუჩუკის მიღება, რაც ორგანული სინთეზის თვალსაჩინო მიღწევად შეიძლება ჩაითვალოს. შესაბამისად, კაუჩუკის გამოყენების სფერო კიდევ უფრო გაიზარდა.

კაუჩუკის ვულკანიზაცია. ბუნებრივ და სინთეზურ კაუჩუკს ძირითადად რეზინის სახით იყენებენ, რადგან მათ გაცილებით მეტი სიმტკიცე, ელასტიკურობა და ბევრი უკეთესი მექანიკური თვისება აქვთ. რეზინის მისაღებად ახდენენ კაუჩუკის ვულკანიზაციას. კაუჩუკის, გოგირდის, შემავსებლების (მნიშვნელოვანი შემავსებელია მური) და სხვა ნივთიერებების ნარევის ახურებენ. ამ პირობებში გოგირდის ატომები ზოგიერთი ორმაგი ბმის გაწყვეტის შედეგად თითქოს აკერებენ კაუჩუკის მაკრომოლეკულებს. შედეგად წარმოიქმნება გიგანტური მოლეკულები, რომელთაც უკვე სამი განზომილება აქვს - სიგრძე, სიგანე, სისქე. ასეთ კაუჩუკს (რეზინს) სივრცითი სტრუქტურა აქვს და მნიშვნელოვნად უფრო მტკიცეა, ვიდრე არავულკანიზებული. რეზინი არ იხსნება გამხსნელებში, ის მხოლოდ ჯირჯვდება.

თუ კაუჩუკს მეტი რაოდენობით დავემატებთ გოგირდს, მაშინ თითქმის ყველა ორმაგი ბმა გაწყდება. მაკრომოლეკულები უფრო მეტ ადგილას აღმოჩნდება „მიკერებული“, რის გამოც იგი კარგავს ელასტიკურობას და მიიღება ებონიტი, რომელიც ფართოდ გამოიყენება როგორც იზოლატორი.

**სავარჯიშოები და ამოცანები**

1. რით აიხსნება კაუჩუკის ელასტიკურობა?
2. რა განსხვავებაა ელასტიკურობასა და პლასტიკურობას შორის?
3. როგორ დაამტკიცებთ ცდით, რომ კაუჩუკი უკერი ნახშირწყალბადია?
4. სტერეორეგულარული აღნაგობის მქონე ბუტადიენის კაუჩუკს არარეგულარული აღნაგობის ბუტადიენური კაუჩუკისაგან განსასხვავებლად, დივინილის კაუჩუკს უწოდებენ. შეადგინეთ დივინილის კაუჩუკის სტრუქტურული რგოლის აღნაგობის ფორმულა.

5. მაღალი მექანიკური სიმტკიცით ხასიათდება ბუტილკაუჩუკი. იგი მიიღება იზოპრენისა და იზობუტილენის თანაპოლიმერიზაციით. შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა. გაითვალისწინეთ, რომ საწყისი ნივთიერებებისგან წარმოქმნილი რეაქციები მაკრომოლეკულაში რეგულარულად მონაცვლეობს.
6. ბუტადიენ-1,3-ისა და აკრილმეჟავს ნიტრილის  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$  ერთობლივი პოლიმერიზაციით ლეზულობენ ბუტადიენ-ნიტრილის კაუჩუკს, რომელიც მდგრადია გამხსნელების მიმართ. შეადგინეთ თანაპოლიმერიზაციის რეაქციის ტოლობა.
7. ბუტადიენ-1,3-ის რა მოცულობა შეიძლება მივიღოთ 800 ლ ხსნარიდან, რომელიც შეიცავს 96% ეთილის სპირტს ( $\rho=0,8\text{გ/მლ}$ ).

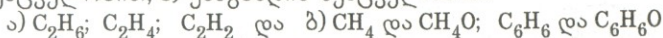
## §72. დავალება განზოგადებისა და განმარტებისთვის

ორგანული ქიმიის მთლიანი კურსის შესწავლის შემდეგ მიზანშეწონილია განზოგადებული სახით გავიმეოროთ ორგანული ქიმიის საკვანძო საკითხები. ძირითადად შევეხებით ქიმიური აღნაგობის თეორიის დებულებებს, რომლებიც XX საუკუნეში ქიმიკოსების, მათემატიკოსების, ფიზიკოსების, ბიოლოგებისა და მრავალი სხვა დარგის მეცნიერთა კომპლექსური კვლევების შედეგად გაფართოვდა, გახდა უფრო ტყვადი.

ატომის და ნაერთების აღნაგობის, ქიმიური ბმის ბუნების, ატომების და ატომთა ჯგუფების ურთიერთგავლენის და ამასთან დაკავშირებული მოლეკულის თვისებების შესწავლამ შესაძლებელი გახადა წინასწარ განსაზღვრული თვისებების მქონე ნაერთების (რთული შედგენილობის ბუნებრივი და ბუნებაში არარსებული ნაერთების) სინთეზი, რაც თანამედროვე ორგანული ქიმიის ძირითად მიზანს შეადგენს. ამასთან დაკავშირებით გაიმეორეთ შესწავლილი მასალა შემდეგი ძირითადი ორგანული ქიმიისათვის გაემჭოლი საკითხების მიხედვით.

კლასიკური ორგანული ქიმიის ერთ-ერთ ძირითად საფუძველს წარმოადგენდა ცნება ნახშირბადის ოთხვალენტიანობაზე. მაგრამ, გაიხსენეთ განხილული რეაქციის მექანიზმები, რომლებშიც ნახშირბადის ატომი შეიძლება იყოს სამვალენტიანიც. რა როლს ასრულებს შუალედური აქტიური ნაწილაკები? ახდენენ თუ არა ისინი გავლენას მიღებული პროდუქტების ბუნებაზე?

ნაერთის შედგენილობა უდიდეს გავლენას ახდენს მის თვისებებზე. ამის დასადასტურებლად შეადარეთ იმ ნაერთების რეაქციისუნარიანობა, რომლებიც განსხვავდებიან მხოლოდ ა) წყალბადის შემცველობით, ბ) ჟანგბადის შემცველობით:



ამავე დროს ორგანულ ნაერთებში თვალნათლივ ჩანს ნაერთის თვისებების დამოკიდებულება არა მარტო შედგენილობაზე, არამედ აღნაგობაზეც. ამ მიზნით გაიხსენეთ იზომერიის მოვლენა და იზომერიის სახეები, რომლებიც გაერთიანებული სახით შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ:

სტრუქტურული

- ა) ჩონჩხის
- ბ) ორმაგი, სამმაგი ბმის მდებარეობის
- გ) ჩამნაცვლებლის მდებარეობის
- დ) ატომების შეერთების (კლასებს შორის იზომერია)

ყველა სახისთვის მთელი განვლილი მასალის გამოყენებით მოიყვანეთ შესაბამისი ხუთ-ხუთი მაგალითი.

ორგანული ნაერთების თვისებების მრავალფეროვნობა განპირობებულია აგრეთვე ატომების და ატომთა ჯგუფების ურთიერთგავლენით. ამას ადასტურებს ნებისმიერი ორგანული ნაერთების კლასების რეაქციისუნარიანობა.

გაიხსენეთ სათანადო მაგალითები ქვემოთ ჩამოთვლილი ქიმიური პროცესების მიხედვით და შესაბამისი რეაქციების ჩვენებით:

1. ეთანის ქლორირება;
2. მარკოვნიკოვის წესი;
3. არომატულ ნახშირწყალბადებში ჩანაცვლების წესი (ბენზოლის, ტოლუოლის, ფენოლის, ნიტრობენზოლის, ანილინის ბირთვისა და ფუნქციური ჯგუფის არსებობით განპირობებული რეაქციები. აჩვენეთ ატომთა ურთიერთგავლენა სათანადო რეაქციის ტოლობით და შესაბამისი პირობების ჩვენებით).
4. ჰალოგენწარმოებულებში რეაქციისუნარიანობის შედარება. მოიყვანეთ სათანადო მაგალითები და ახსენით.
5. კარბონ- და ჰალოგენკარბონმაყავების მყავიანობის სიძლიერის შედარება.
6. პირველადი, მეორეული, მესამეული სპირტების რეაქციისუნარიანობა.
7. ამინების ფუძიანობის სიძლიერის შედარება.

განხილული მაგალითების საფუძველზე ნათლად დავინახავთ, რომ მკვეთრად შეიძლება შევცვალოთ ერთი და იმავე კლასის წარმომადგენლის თვისებები, რაც პროცესის მართვის შესაძლებლობას იძლევა.

რეაქციის მართვისთვის საჭიროა ვიცოდეთ მისი ჩატარების ოპტიმალური პირობები და მათთან დაკავშირებული რეაქციის მექანიზმი. გაიხსენეთ ჩანაცვლების, მიერთების, პოლიმერიზაციის რეაქციის მექანიზმები, რომლებიც მიმდინარეობს სხვადასხვა პირობებში და სხვადასხვა შუალედური პროდუქტების წარმოქმნით. კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს ტოლუოლი, რომელსაც რეაქციის პირობების შესაბამისად ახასიათებს რადიკალური და იონური ჩანაცვლების აგრეთვე რადიკალური მიერთების და დაჟანგვის რეაქციები.

ლაბორატორიული ცდები

1. ნახშირწყალბადების მრეკაულათა მრდელვბის დამზადვბა

პლასტილინისაგან დაამზადეთ შემდეგი ნახშირწყალბადების მასშტაბური და ბურ-თულღროვანი მოდელები:

ა) მეთანის მოლეკულის მოდელი

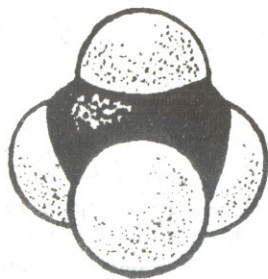
ღია ფერის პლასტილინისაგან გააკეთეთ ოთხი ბურთულა (ღია ფერის ბურთულები წყალბადის ატომებს შეესაბამება), ხოლო შავი პლასტილინისაგან - ერთი ბურთულა (ნახშირბადის ატომის შესაბამისი). შავი ბურთულას დიამეტრი 1,5-ჯერ აღემატებოდეს ღია ფერის ბურთულას დიამეტრს. ეს დაახლოებით გადმოგვცემს ნახშირბადისა და წყალბადის ატომების ზომათა შეფარდებას. შავ ბურთულაზე აღნიშნეთ ერთმანეთისაგან თანაბრად დაშორებული ოთხი წერტილი. ამ წერტილებზე ასანთის ლერების მეშვეობით მიამაგრეთ ღია ფერის ბურთულეები, ისე რომ ბურთულეები მიმდგრების ადგილებში ოდნავ შებრტყელდეს, რაც გამოსახავს ატომების დამაკავშირებელი ელექტრონული ღრუბლე-ბის გადაფარვას. თქვენ მიიღებთ მეთანის მოლეკულის მასშტაბურ მოდელს, რომელიც დაახლოებით ასახავს ატომების ზომების შეფარდებას და მოლეკულის ტეტრაედრულ ფორმას.

ბურთულღროვანი მოდელის დასამზადებლად ზუსტად ისე უნდა მოვიქცეთ, როგორც პირველ შემთხვევაში. განსხვავება იქნება მხოლოდ ის, რომ ასანთის ლერების მეშვეობით ბურთულეების შეერთებისას მათ შორის უნდა იყოს გარკვეული მანძილი.

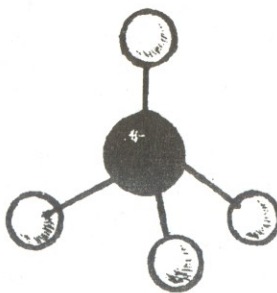
თქვენს მიერ დამზადებული მოდელები შეადარეთ აქვე მოცემულ მოდელებს (სურ. 40,41).

ბ) პროპანის მოლეკულის მოდელი

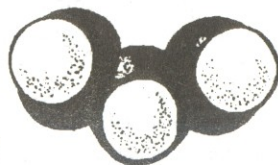
ანალოგიურად დაამზადეთ ღია ფერის პლასტილინის რვა და შავი ფერის სამი ბურთულა (იმავე ზომის, როგორც ზემოთ იყო მითითებული), შავ ბურთულეებზე აღნიშნეთ ერთმანეთისგან თანაბრად დაშორებული ოთხი წერტილი და ამ წერტილებში ასანთის ლერების მეშვეობით მიამაგრეთ ღია ფერის ბურთულეები. მიიღებთ პროპანის მოლეკულის ბურთულღროვან მოდელს. თქვენ მიერ დამზადებული მოდელი შეადარეთ აქ მოცემულ პროპანის მოდელს (სურ. 42).



სურ. 40.



სურ. 41.



სურ. 42.





## 2. ნავთობპროდუქტების ნიმუშებისა და ქვანახშირის კონსტრუქციის კროდუქტების გაცნობა

მოცემული გვაქვს ნავთობპროდუქტებისა და ქვანახშირის კონსტრუქციის პროდუქტების ნიმუშები (კოლექცია). დააკვირდით და კოლექციაში ამოიკანით რომელი პროდუქტებია მოცემული? გაიხსენეთ მათი თვისებები და გვიამბეთ, როგორ განვასხვავოთ ისინი ერთმანეთისგან?

ჩატარეთ ცდები ნავთობსა და ნავთობპროდუქტებზე.

1. ნავთობის სიმკვრივისა და ხსნადობის განსაზღვრა

ა) წყლიან ცილინდრში ჩაასხით ნავთობი. სად მოთავსდება ნავთობის ფენა? რატომ? პასუხი დაასაბუთეთ.

ბ) ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხით ნავთობი, დაამატეთ წყალი და მოურიეთ მინის წკირით. დაყოვნების შემდეგ ნარევი განშრევდება. რატომ?

გ) ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხით ნავთობი და დაამატეთ ბენზინი. შეანჯღრიეთ ან მოურიეთ მინის წკირით. რას ამჩნევთ?

რა დასკვნების გამოტანა შეიძლება ჩატარებული ცდებიდან?

2. ნავთობპროდუქტების შედარებითი აქროლადობის დამტკიცება ფილტრის ქაღალდზე დაწვეთეთ გასუფთავებული ბენზინი, ნავთი და სამანქანო ზეთი. დააკვირდით. რას ამჩნევთ? რომელი ნავთობპროდუქტია უფრო აქროლადი? პასუხი დაასაბუთეთ.

3. ბენზინი და ნავთი, როგორც გამხსნელები

ასინჯარებში ცალ-ცალკე ასხია ბენზინი, ნავთი და წყალი. თითოეულს დაამატეთ 0,5 მლ მცენარეული ზეთი და შეანჯღრიეთ. რას ამჩნევთ? რომელია მათ შორის მცენარეული ზეთის ყველაზე კარგი გამხსნელი?

ბ) ქიმიურ ჭიქებში ცალ-ცალკე ჩაასხით ბენზინი ნავთი და წყალი. სამივე ჭიქაში მოათავსეთ ცხიმის ლაქებიანი ქსოვილის ნაჭრები. ურიეთ მინის წკირით 2-3 წუთის განმავლობაში. შემდეგ ამოიღეთ ქსოვილის ნაჭრები გააშრეთ და დააკვირდით. რას შეამჩნევთ?

## 3. გლიცერინის თვისებები

ა) გლიცერინის წყალში ხსნადობა

სადემონსტრაციო სინჯარაში ჩაასხით 1-2 მლ გლიცერინი, სინჯარის კედელზე ჩაყოლებით დაამატეთ იმავე რაოდენობის წყალი და სინჯარა შეანჯღრიეთ. შემდეგ დაუმატეთ იმდენივე გლიცერინი. დააკვირდით. რა შეიძლება ითქვას წყალში მისი ხსნადობის შესახებ?

ბ) გლიცერინის რეაქცია სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდთან

სინჯარაში ჩაასხით 2 მლ ტუტის ხსნარი. დაამატეთ შაბიამნის ხსნარის რამდენიმე წვეთი. რას ამჩნევთ? წარმოქმნილი სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდის ნალექს დაუმატეთ გლიცერინი და ნარევი შეანჯღრიეთ. რა ცვლილებები მოხდა? შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა და გამოიტანეთ შესაბამისი დასკვნა.

#### 4. ზენოლის თვისებები



ფენოლის ხსნადობა წყალსა და ტუტეებში. თქვენთვის განკუთვნილ ფენოლის წყლიანი ემულსია გაანაწილეთ ორ სინჯარაში. ერთ სინჯარაში ემულსიას დაამატეთ 2-3 მლ წყალი. ნარევი შეანჯღრიეთ. დააკვირდით, მთლიანად გაიხსნა თუ არა წყალში ფენოლი?

შემოწმეთ, იცვლება თუ არა ფენოლის ხსნადობა წყალში ნარევის გაცხელებისა და კვლავ გაცივებისას?

მეორე სინჯარაში ფენოლის ემულსიას დაუმატეთ ტუტის ხსნარის რამდენიმე წვეთი და შეანჯღრიეთ. რას შეამჩნევთ? ახსენით ეს მოვლენა. შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა. ამ სინჯარაში მიღებულ გამჭვირვალე ხსნარს დაამატეთ ცოტაოდენი მარილმკვა. ახსენით ხსნარის ამღვრევის მიზეზი. შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

#### 5. ფორმალდეჰიდის თვისებები

ა) ფორმალდეჰიდის ურთიერთქმედება ვერცხლ (I)-ის ოქსიდის ამიაკხსნართან.

სინჯარა გულდასმით გარეცხეთ სოდის ხსნარით, შემდეგ კი სუფთა წყლით. მასში ჩაასხით 2-3 მლ ვერცხლ (I)-ის ოქსიდის ამიაკხსნარი და სინჯარის კედელზე ჩაყოლებით დაამატეთ 5 წვეთი ფორმალინი. ამის შემდეგ სინჯარა მოათავსეთ წინასწარ მომზადებულ ცხელწყლიან ჭიქაში. დააკვირდით, რას შეამჩნევთ? შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა.

ბ) ფორმალდეჰიდის ურთიერთმოქმედება სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდთან.

აიღეთ სინჯარა, ჩააწვეთეთ 5 წვეთი შაბიამნის ხსნარი, დაამატეთ 3 მლ ნატრიუმჰიდროქსიდის ხსნარი. წარმოქმნილ ნალექს დაამატეთ 3 მლ ფორმალდეჰიდის წყალხსნარი და ნარევი გააცხელეთ. დააკვირდით, როგორ შეიცვლება ნალექის ფერი? შეადგინეთ ამ დროს მომდინარე რეაქციათა ტოლობები.

#### 6. სპირტის დაჟანგვა ალდეჰიდად

სინჯარაში ჩაასხით 0,5 მლ ეთილის სპირტი. სპირტქურის ალზე გაავარჯარეთ სპირალურად დახვეული სპილენძის წვრილი მავთული ისე, რომ იგი დაიფაროს ოქსიდის შავი ფიფქით და სპირალი სწრაფად ჩაუშვით სპირტიან სინჯარაში. გაიმეორეთ ეს ოპერაცია რამდენჯერმე. რისი სუნი შეიგრძნობა სინჯარის პირთან? რა ცვლილება ხდება სპირალზე? რატომ? შეადგინეთ გაზურებისას სპილენძის დაჟანგვისა და სპილენძ (II)-ის ოქსიდით სპირტის ალდეჰიდადმდე დაჟანგვის რეაქციათა ტოლობები.

#### 7. ცხიმების თვისებები

სამ სინჯარაში მოათავსეთ თითო მლ წყალი, სპირტი და ბენზინი. ჩაავდეთ მათში ერთნაირი რაოდენობის ცხიმი ან ჩაასხით რამდენიმე წვეთი მცენარეული ზეთი. სინჯარები შეანჯღრიეთ. დააკვირდით, რომელ სითხეში უფრო უკეთესად იხსნება ცხიმი? სპირტსა და ბენზინში გახსნილი ცხიმის რამდენიმე წვეთი მოათავსეთ ფილტრის ქალაღზე. რა შეიმჩნევა გამხსნელის აორთქლების შემდეგ?



### 8. საპნისა და სინთეზურ სარეცხ საშუალებათა თვისებების შედარება

დაამზადეთ გამოხდილ წყალში საპნისა და რომელიმე სინთეზური სარეცხი საშუალებების 30 მლ ერთპროცენტობის ხსნარები. ორ სინჯარაში ჩაასხით 4-4 მლ ხისტი წყალი. ერთ სინჯარაში წვეთობით დაუმატეთ საპნის ხსნარი, მეორეში კი - სარეცხი საშუალების. თითოეული წვეთის დამატების შემდეგ ხსნარი ანჯღრიეთ. რისი ხსნარი უფრო მეტი იქნება საჭირო მდგრადი ქაფის წარმოსაქმნელად საპნისა თუ სარეცხი საშუალების? რომელი პრეპარატი არ კარგავს ხისტ წყალში გარეცხვის უნარს?

### 9. გლუკოზის თვისებები

ა) სინჯარაში ჩაასხით 4-5 წვეთი შაბიამნის ხსნარი და დაამატეთ 3 მლ ნატრიუმბიდროქსიდის ხსნარი. წარმოქმნილ სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდს დაასხით 3 მლ რაოდენობის გლუკოზის ხსნარი და ნარევი შეანჯღრიეთ. როგორ შეიცვლება ხსნარის შეფერილობა? რატომ? სინჯარა გააცხელეთ. რა ცვლილებებს ამჩნევთ? გლუკოზის მოლეკულაში რომელი ფუნქციური ჯგუფის არსებობას მიგვიჩვენებს ჩატარებული ცდა? შეადგინეთ სპილენძის ჰიდროქსიდით გლუკოზის დაქანგვის რეაქციის ტოლობა.

ბ) სუფთა სინჯარაში ჩაასხით ვერცხლ (I)-ის ოქსიდის ამოიკხსნარი და 2:1 შეფარდებით დაამატეთ გლუკოზის ხსნარი. ნარევი ფრთხილად გააცხელეთ სპირტქურის ალზე (აცხელეთ თანაბრად და ნელა). რას ამჩნევთ? ახსენით მომხდარი მოვლენა.

### 10. სახამებლის თვისებები

ა) სინჯარაში ჩაყარეთ კარგად გასრეცილი სახამებელი. დაასხით წყალი და კარგად ანჯღრიეთ. ნარევი გადმოსახით წინასწარ გამზადებულ ცხელწყლიან ქიქაში და წამოაღლეთ. მიიღებთ სახამებლის ბუბკოს.

ბ) სინჯარაში ჩაასხით 3 მლ სახამებლის ბუბკო და განაზავეთ წყლით. დაუმატეთ იოდის სპირტხსნარის ერთი წვეთი. რას შეამჩნევთ? ნარევი გააცხელეთ. რა ცვლილებებს შეამჩნევთ? აღდგება თუ არა შეფერილობა ნარევის გაციკების შემდეგ?

გ) ახლად დალექილი სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდი და სახამებლის ბუბკო ერთად გააცხელეთ სინჯარაში. აღდგება თუ არა სპილენძ (II)-ის ოქსიდი სახამებლით?

დ) კარგად დალექეთ შვიი პურის ნაჭერი, მოათავსეთ სინჯარაში და სპილენძ (II)-ის ჰიდროქსიდის მისაღებად დაამატეთ რამდენიმე წვეთი სპილენძის სულფატისა და ტუტის ხსნარები. ნარევი გააცხელეთ. რას შეამჩნევთ? რა არის მომხდარი ცვლილებების მიზეზი?

### 11. გუნებრივი და ხელშეწყობილი ბოჭკოების ნიმუშების გაცნობა

მოცემული გაქეთ ხელოვნური და ბუნებრივი ბოჭკოების ნიმუშები (კოლექცია). გამოიყენეთ თითოეული მათგანი. გაიხსენეთ მათი თვისებები და გვიამბეთ, როგორ განსხვავდებიან ისინი ერთმანეთისაგან ფიზიკური თვისებებისა და წვის ხასიათის მიხედვით?

გადაიხაზეთ ცხრილი რვეულში და შეავსეთ თქვენ მიერ განხილული ნიმუშის მიხედვით.

ცხრილი

ბოჭკოების ზოგიერთი თვისება

№	ბოჭკოს დასახელება	კლასიფიკაცია	ფერი	როგორ იწვის	წვის დროს წარმოქმნილი სუნი
1.					
2.					
...					

ა) სინჯარაში ჩაასხით 2 მლ ცილის ხსნარი და დაამატეთ ჯერ ტუტის იმავე მოცულობის ხსნარი, შემდეგ კი შაბიანის სუსტი ხსნარის რამდენიმე წვეთი. ცილა შეიფერება მოწითალო იისფრად. (ბიურეტის რეაქცია).

ბ) კარგად დაქუცმაცებული ცოტაოდენი ხორცი ჩაყარეთ სინჯარაში, დაასხით წყალი და წამოადღეთ. სითხე გაფილტრეთ ბამბით და ფერადი რეაქციის მეშვეობით შეამოწმეთ, შეიცავს თუ არა ხსნარი ცილას? (ბიურეტის რეაქცია დამახასიათებელია ატომთა აბილური ჯგუფისათვის ( $-CO-NH-$ )).

გ) რომელიმე ქსოვილის ძაფს მოუკიდეთ ცეცხლი და სუნის მიხედვით გაარკვიეთ ბამბის თუ მატყლის ქსოვილია იგი.

## პრაქტიკული სამუშაოები

### 1. ნახშირბადისა და ფალაზადის მქსპერიმენტული განსაზღვრა

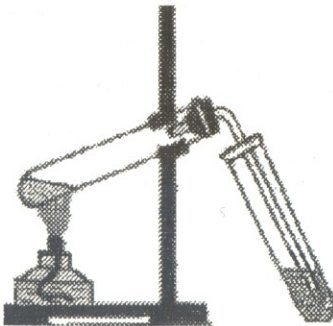
მეთოდი ეფუძნება ორგანული ნივთიერებისა და მეანგავის ( $CuO$ ) შენდობისა ნახშირბადის ეანგავს ნახშირბად ( $IV$ )-ის ოქსიდამდე ( $CO_2$ ), წყალბადისას - წყლამდე.

ცილის ჩასატარებლად საჭიროა მშრალი სინჯარა, რომელსაც მორგებული აქვს აირგამყვანი მილი.

ცილის მსკვლელობა. ერთ სინჯარაში ყრიან სპილენძ ( $II$ )-ის ოქსიდის შავი ფერის ფხვნილს (ნ მმ-მდე). უმატებენ ცოტაოდენ საკვლევ ნივთიერებას და სინჯარას ენერგიულად ანვლრევენ. სინჯარის ზედა ნაწილში ათავსებენ ბამბის ქულას, რომელსაც აყრიან უწყლო შაბიანის (სპილენძის სულფატის) თეთრ ფხვნილს. სინჯარას ახურავენ საცობს ისე, რომ აირგამყვანი მილის ბოლო თითქმის ეხებოდეს შაბიანის ფხვნილს, მილის მეორე ბოლოს კი ჩაუშვებენ მეორე სინჯარაში, რომელშიც ჩასხმულია ნ-წ წვეთი ბარიუმის ან კალიუმპიკროქსიდის ხსნარი. პირველ სინჯარას აცხებენ სპირტქურის ალზე. რამდენიმე წამის შემდეგ აირგამყვანი მილიდან გამოსვლას დაიწყებს აირის ბუშტულები.  $Ba(OH)_2$ -ის ან  $Ca(OH)_2$ -ის ხსნარი ამღვრევა და გამოიყოფა თეთრი ფერის ნალექი. დაწერეთ რეაქციის ტოლობა.

მიღს ამოიღებენ მეორე სინჯარიდან და აგარძელებენ პირველის გაცხელებას მანამ, სანამ წყლის ორთქლი არ მიადწვევს ბამბის ქულას. დააკვირდით, შეიცვლება თუ არა ფხვნილის ფერი? დაწერეთ რეაქციის ტოლობა.

### 2. ეთილენის მიღება და მისი ქიმიური თვისებები



სურ. 43.

ეთილენი მიიღება ეთილის სპირტისა და გოგირადმავას ( $1:6$ ) ურთიერთქმედებით მალალ ტემპერატურაზე (სურ. 43).

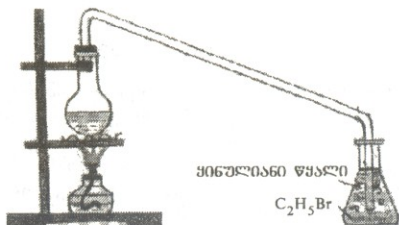
ა) სინჯარაში ჩაასხით ბრომიანი წყლის სუსტი ხსნარი და გაატარეთ მასში მიღებული ეთილენი. რას შეამჩნევთ? ახსენით ეს მოვლენა. დაწერეთ რეაქციის ტოლობა.

ბ) ეთილენი გაატარეთ სინჯარაში, რომელშიც ასხია შემკვებელი კალიუმპერმანგანატის სუსტი ხსნარი. რას შეამჩნევთ? ახსენით ეს მოვლენა.

გ) აირსადენი მილი ამოიღეთ სითხიდან (სურ.43) შეატრიალეთ იგი თავისუფალი ბოლოთი ზევით და გამოყოფილ აირს მოუკიდეთ ცეცხლი. დააკვირდით ეთილენის წვისას ალის შეფერილობას.

### 3. ბრომთანის მიღება

შეადგინეთ ეთილის სპირტის, გოგირდმჟავასა და კალიუმბრომიდის ნარკვეთის ბრომთანის მიღების რეაქციათა ტოლობები. ცდისათვის მოამზადეთ ხელსაწყო სურათის მიხედვით.



სურ. 44.

დით ბრომთანის ორთქლის კონდენსაციას მაცივარში და მიმე სითხის დაგროვებას მიმღებში წყლის ფენის ქვეშ. როდესაც მიმღებში წითისებრი წვეთების გამოყოფა შეწყდება, იგი გადადგით და გაცხელება შეწყვიტეთ.

მიმღების შიგთავსი (უყინულოდ) გადაასხით გამყოფ ძაბრში, დააცადეთ დაწვდომა, მოაცილეთ ბრომთან და ხელახლა ჩაასხით გამყოფ ძაბრში, დაუმატეთ წყალი, ნარკვეი შეანჯღრეთ (ძაბრს საცობი დაუცეთ), რათა მინარკვეები წყალში გაიხსნას. განშრკვეების შემდეგ ხელახლა გამოყავით ბრომთან.

აწონეთ ბიუქსში მიღებული პრეპარატი და აღებული ეთილის სპირტის რაოდენობის მიხედვით (სპირტის სიმკვრივე 0,8 გ/სმ<sup>3</sup>) გამოიანგარიშეთ მიღებული პროდუქტის პროცენტული გამოსავლიანობა.

### 4. კარბონმჟავას მიღება და თვისებები

1. სინჯარაში მოათავსეთ 3-4 გ ნატრიუმაცეტატი და დაუმატეთ დაახლოებით 2 მლ კონცენტრირებული გოგირდმჟავა. სინჯარას დაახურეთ საცობი, რომელშიც გაზსადენი მილია გაყრილი, თავისუფალი ბოლო ჩაუშვით ცარიელ სინჯარაში (სურ. 43). ნარკვეი ახურეთ სპირტქურის ალზე მანამ, სანამ სინჯარა-მიმღებში შეგროვდება 1-2 მლ სითხე - ძმარმჟავა. ყურადღება მიაქციეთ მის სუნს.

2. შეგროვილი მჟავა ორ ნაწილად გაყავით. ერთი ნაწილი შეამოწმეთ ლაკმუსის ხსნარით და ვანეტრიალეთ ტუტით. მეორე ნაწილი ცოტაოდენი წყლით განაზავეთ და მიღებულ ხსნარში მოათავსეთ მაგნიუმის ლენტის ნაჭერი ან ფხვნილი. რას შეამჩნევთ? შეადგინეთ რეაქციათა ტოლობები.

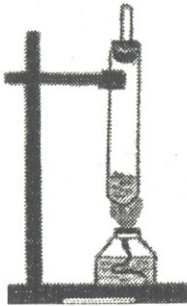
3. ჩაატარეთ რომელიმე მეტალის ოქსიდთან და მარილთან ძმარმჟავას ურთიერთქმედების რეაქციები.

### 5. ორგანული ნაერთების გამოცნობის ექსპერიმენტული ამოცანები

1. სინჯარაში ცალ-ცალკე ასხია: ჰექსანი, ბენზოლი და სტიროლი. გამოიცანით თითოეული ნივთიერება ქიმიური რეაქციების საშუალებით.

2. ერთ სინჯარაში ეთილის სპირტია, მეორეში - გლიცერინის ხსნარი, მესამეში კი - ფენოლის ხსნარი. როგორ გამოიცნობთ ამ ნივთიერებებს ქიმიური რეაქციების საშუალებით.

3. ცდით დაამტკილეთ, რომ გამოსაკვლევად მოცემული ნივთიერება ა) უჯერი ნახშირწყალბადია, ბ) ნაჭერი ნახშირწყალბადია, გ) მრავალატომიანი სპირტია, დ) ალდეჰიდი.



სურ. 45.

4. ორ სინჯარაში ცალ-ცალკე ასხია გლიცერინისა და ალდეჰიდის ხსნარები. ერთი და იმავე რეაქტივის გამოყენებით გამოიკანით თითოეული მათგანი.

5. ცლით დაამტკიცეთ, რომ პოლიეთილენი ნაწილობრივად და წყალბადს შეიცავს.

## 6. ძმარმევა მთილეთის მიღება

1. სინჯარაში ჩაასხით 1-2 მლ კონცენტრირებული ძმარმევა და ადღენივე ეთილის სპირტი. დაამატეთ 0,5 მლ კონცენტრირებული გოგირდმევა. სინჯარას დაახურეთ საცობი, რომელშიც გაყრილია გრძელი ვერტიკალური მილი - მაკივარი (სურათი 45), ნარევი ფრთხილად გააცხელეთ 3-4 წთ-ის განმავლობაში. სითხე გააცივეთ და დაამატეთ მას 2-3 მლ სუფრის მარილის ნაჭერი ხსნარი.

ძმარმევაეტილეთერი არ იხსნება სუფრის მარილის ხსნარში და წარმოქმნის სითხის ზედა ფენას. ყურადღება მიაქციეთ მის სუნს. დაწერეთ რეაქტივის ტოლობა

## 7. საპნის მიღება ცხიმებისაგან

შეადგინეთ რეაქტივის ტოლობა, რომლის მიხედვითაც ტუტის თანაობისას ცხიმის ჰიდროლიზით მიიღება საპნი

ფაიფურის ჯამზე ან ქიმიურ ქიქაში ჩაღეთ 5 გ ერბო ან სხვა ცხოველური ცხიმი (ღორის ან ძროხის ქონი) და დაუმატეთ 12-15 მლ ნატრიუმჰიდროქსიდის კონცენტრირებული ხსნარი (35-40%-იანი).

ნარევი გააცხელეთ აზბესტიანი ბადის გამოყენებით ისე, რომ ზომიერად დუღდეს, მოერიდეთ გაშხეფებას. ცლის მსვლელობისას დაუმატეთ ცოტა წყალი. 15-20 წუთის შემდეგ პიპეტით ამოიღეთ ცოტაოდენი სითხე და ჩაასხით ცხელწყლიან სინჯარაში. თუ ეს სინჯარა გაიხსნა ცხიმის წვეთების გამოყოფის გარეშე, მაშინ გასაპნება შეიძლება ჩაითვალოს დამთავრებულად. წინააღმდეგ შემთხვევაში განაგრძეთ გაცხელება და რამდენიმე ხნის შემდეგ ხელახლა შეამოწმეთ, დამთავრდა თუ არა ჰიდროლიზი?

მიღებულ ხსნარს დაამატეთ 10 მლ სუფრის მარილის ნაჭერი ხსნარი და მოურიეთ მინის წკირით. სითხის ზედაპირზე გამოყოფილი საპნი მოათავსეთ ტილოს ნაჭერზე და გაწურეთ.

თქვენთვის ცნობილი რეაქტივის მიხედვით შეამოწმეთ საპნის მოცილების შემდეგ დარჩენილ სითხეში გლიცერინის არსებობა. შეამოწმეთ მიღებული საპნის ხსნადობა წყალში და ქაფის წარმოქმნა. მიიღეთ მისგან ცხიმოვანი მკავები.

## 8. ამოცანების შესაბამისი ამოხსნა ორგანული მთილეთის მიღებასა და გამოცნობაზე

1. ცნობილია, რომ სტეარინის შედგენილობაში შედის სტეარინმევა. მიიღეთ მისგან საპნი (ჯერ სტეარინი უნდა გააღნოთ).

2. ერთ სინჯარაში სუფთა წყალია, მეორეში - ფენოლის გამკვირვალე ხსნარი. დაადგინეთ, რომელ სინჯარაშია ფენოლის ხსნარი?

3. დაამტკიცეთ, რომ მოცემულ ხსნარში არის ალდეჰიდი.

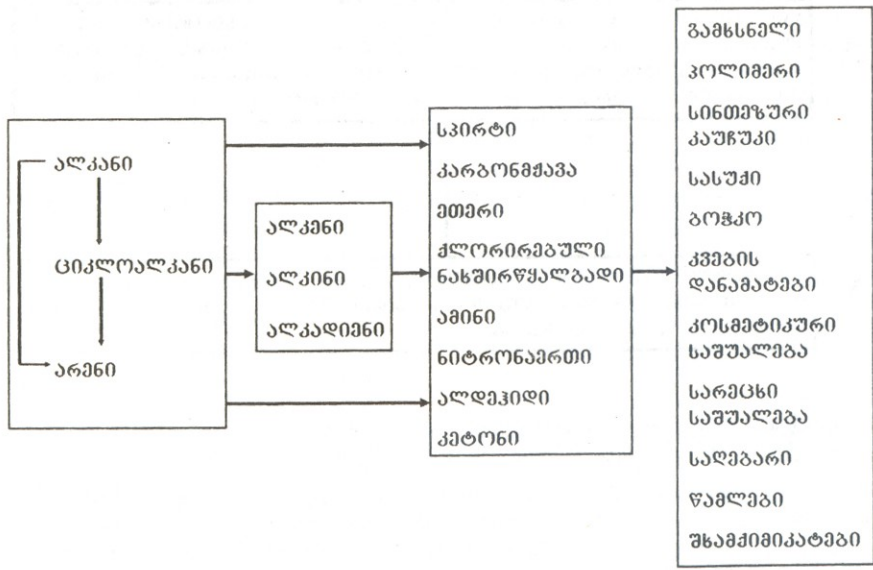
4. სინჯარაში ცალ-ცალკე ასხია: ბენზოლი, უჯერი ნაწიროწყალბადი (თხევადი), ეთილის სპირტი. ქიმიურად გააკვიეთ რომელ სინჯარაში რა ნივთიერებაა.

5. საპნისაგან მიიღეთ კარბონმევა და კარბონმევის კალციუმის უხსნადი მარილი.

კოვალენტური ბმების ძირითადი მახასიათებლები

ბმა	ნახშირბა და ტ ო მ ი ს ჰიბრიდიზ აციის ხსზე	ბმის ენერ- გია, კჯ/მ (კკალ/მ)	ბმის სიგრ- ძე, ნმ	ბმა	ნახშირბა და ტ ო მ ი ს ჰიბრიდიზ აციის ხსზე	ბმის ენერ- გია, კჯ/მ (კკალ/მ)	ბმის სიგრ- ძე, ნმ
C-C	sp <sup>3</sup>	348(83)	0,154	C-Cl	sp <sup>3</sup>	331(79)	0,176
C=C	sp <sup>2</sup>	620(148)	0,134	C-Br	sp <sup>3</sup>	277(60)	0,194
C≡C	sp	814(194)	0,120	C-I	sp <sup>3</sup>	239(57)	0,213
C-H	sp <sup>3</sup>	414(99)	0,110	C-N	sp <sup>3</sup>	293(70)	0,147
C-H	sp <sup>2</sup>	485(104)	0,107	C-S	sp <sup>3</sup>	260(62)	0,181
C-O	sp <sup>3</sup>	344(82)	0,143	O-H	-	460(62)	0,096
C=O	sp <sup>2</sup>	708(169)	0,121	N-H	-	390(93)	0,101
C-F	sp <sup>3</sup>	473(116)	0,140	S-H	-	348(83)	0,130

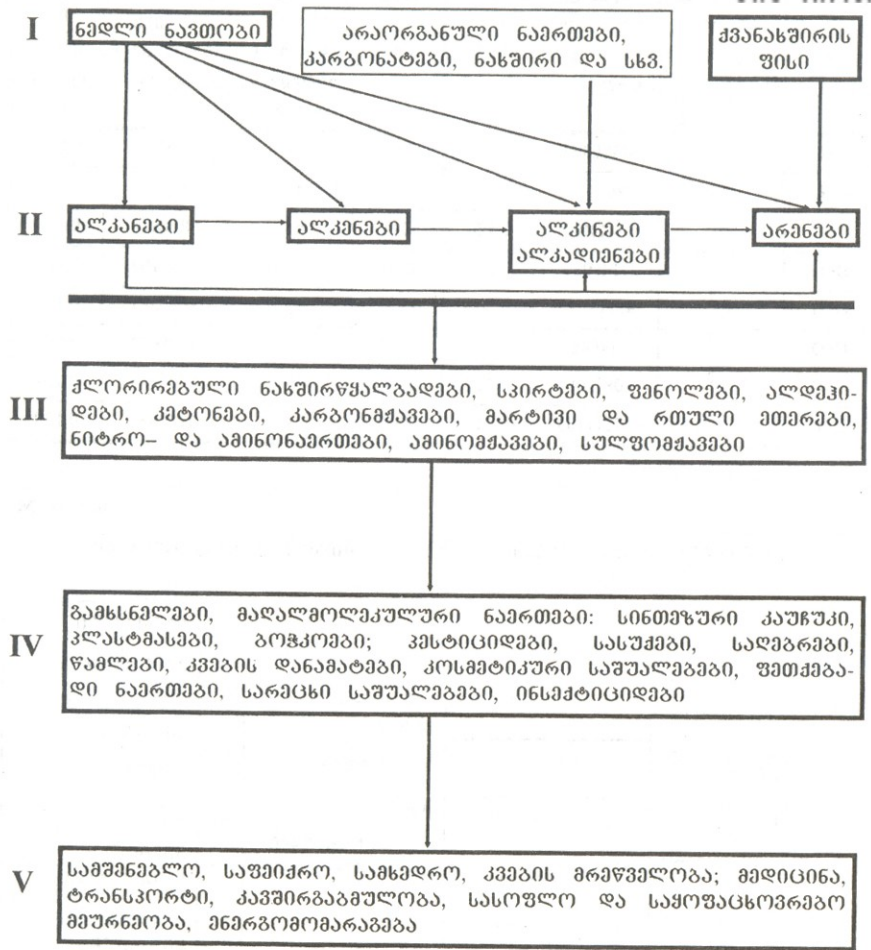
ნახშირფხვალბადების გამოყენების ძირითადი მიმართულებანი





პირითად ორგანულ ნაერთთა კლასების მიღება და გამოყენება

ქართული  
ბიოლოგიის



I საწყისი ნედლეული; II პირველადი გადამუშავების პროდუქტები; III საბოლოო პროდუქტები; IV სამრეწველო პროდუქტები; V გამოყენება.

ამჟამადაც თავის მნიშვნელობას არ კარგავს მცენარეული ნედლეული. მათგან იღებენ სპირტებს, კვების დანამატებს, ცხიმებს (თხევადსა და მყარს), საღებარს, შაქარს, სამკურნალო საშუალებებსა და სხვ. ამ პროდუქტებისთვის დამახასიათებელია ეკოლოგიური სისუფთავე.





- გვ. 27. ხავ. 6. 5 იზომერი; ამოც. 10.  $C_2H_6$ .
- გვ. 33. ამოც. 6.  $C_8H_{18}$ ; ამოც. 7.  $C_5H_{12}$ ; ამოც. 9.  $C_3H_8$ ; ამოც. 11.  $C_4H_{10}$ ; ამოც. 13.  $CO_2$  - 6,72ლ,  $C_3H_8$  - 3,36ლ,  $H_2O$  - 7,2გ.
- გვ. 39. ხავ. 4. 2. 3,3-დიმეთილბუტენ-1; 3. 3-მეთილ-4-ეთილპენტენ-2; 4. 2,3-დიმეთილბუტენ-1.
- გვ. 44. ხავ. 5. ისარგებლეთ ენგვიით რიცხვით; ამოც. 9.  $C_4H_8$ ; ამოც. 10.  $C_3H_8$  - 33%,  $C_3H_6$  - 67%.
- გვ. 50. ხავ. 6. ქლორეთანში ინდუქციური ეფექტის გარდა ვლინდება სხვა სახის ატომთა ურთიერთგავლენა - შეუღლების ეფექტი. ამ ეფექტების გავლენა საწინააღმდეგო მიმართულებისაა. ქარბობს მეორე ეფექტის მოქმედება.
- გვ. 56. ხავ. 7.  $C_4H_{10}$ ; ხავ. 8. 1,1-დიქლორეთანი მიიღება ქლორეთანისაგან; ამოც. 9. 49,5გ; ამოც. 10.  $C_5H_{10}$ ; ამოც. 11. 1,4მპ; ამოც. 12. 61,6%.
- გვ. 63. ხავ. 3. 1,2-დიმეთილციკლოპროპანი; ამოც. 5. 16,8ლ; ამოც. 6. ციკლოპენტანი.
- გვ. 74. ხავ. 13. ჰიდროქსილის ჯგუფი ელექტროფილი არ არის; ამოც. 15. 55,14%; ამოც. 16.  $C_6H_6$ ; ამოც. 17. 947,69ლ.
- გვ. 80. ამოც. 7. 16,8გ.  $NaHCO_3$ ; ამოც. 8. 57,5გ; ამოც. 9. 24,1გ; ამოც. 11. ორი იზომერი.  $\alpha$  იზომერი წარმოიქმნება უფრო რბილ პირობებში, რადგან  $\alpha$  მდგომარეობაში გაზრდილია ელ. ღრუბლის სიმკვრივე; ამოც. 12. გამოიყენეთ ვიურცის რეაქცია და შემდეგ მიღებული პროდუქტის დეჰიდროციკლიზაცია.
- გვ. 90. ამოც. 7.  $C_2H_4$ ; ამოც. 8. 47,88%.
- გვ. 100. ხავ. 5. 3; ამოც. 10.  $C_3H_7OH$ ; ამოც. 11.  $C_4H_9OH$ ; ამოც. 14.  $Na$  - 2,739გ,  $C_2H_5OH$  - 57,38გ; ამოც. 15.  $C_5H_{11OH}$ , 2-მეთილბუტანოლ-2.
- გვ. 104. ამოც. 8. 1622ლ.
- გვ. 109. ამოც. 5. 4,688გ.  $C_6H_5OH$ ; 25,3გ.  $C_2H_5OH$ .
- გვ. 118. ამოც. 8. 28%; ამოც. 10.  $n=4$ .
- გვ. 129. ამოც. 7.  $C_3H_7CHO$ ; ამოც. 8. 14,11მლ.
- გვ. 148. ამოც. 10. 18,6%; ამოც. 13. 46%.
- გვ. 173. ამოც. 6. 396,6კგ; ამოც. 12. ა) 3621 ბ) 46534.
- გვ. 179. ამოც. 6. 10 000 გ.
- გვ. 205. ამოც. 5.  $n=2380,9$ .
- გვ. 208. ამოც. 7. 149,6 ლ.

დელთაოკალიზებული ორმაგი ბმა 58  
დისაქარიდი 166

## მ

ეთერი  
მარტივი 96, 103, 162  
რთული 96, 123, 135, 162  
ეთილენგლიკოლი 101  
ეთილენი 34, 117  
ეთილის სპირტი 92  
ელემენტორგანული ნაერთები 154  
ერბომაჯვა 173  
ელექტროფილური ნაწილაკი 71

## ნ

იზომერები  
გეომეტრიული ცის-, ტრანს- 38, 127  
ოპტიკური 16, 132  
იზომერია 15, 38, 45, 47, 68, 94, 111  
იზოოქტანი 190  
იზოპრენი 57, 206

## კ

კაპრონი 203  
კაპრონმაჯვა 203  
კარბონილის ჯგუფი 109, 121  
კარბონმაჯვა  
ამინო 148, 176  
არომატული 128  
ერთფუძიანი  
ნაჭერი 118  
უჯერი 126  
ორფუძიანი 127  
ჰიდროქსი 130  
კარბოქსილის ჯგუფი 121  
კაუჩუკი 58, 205  
კეტონები 109  
კრეკინგი 188

## ლ

ლაესანი 204  
ლოკალიზებული ორმაგი ბმა 36

## მ

მაგნიორგანული ნაერთები 153  
მეთანი 11  
მეთილის სპირტი 92, 99  
მონომერი 201  
მონოსაქარიდი 158

## ა

აღიპინმაჯვა 127, 204  
აღდეპიდი 109, 155  
ალკადიენი 56  
ალკანები 81  
ალკანოლი 91  
ალკენები 33  
ალკინები 45  
ალკოპოლატი 95  
ამიდები 123, 147  
ამინები 141  
ამინომაჯვები 148  
ანთრაცენი 79  
ანილინი 144, 194  
ანტიპოდი 134  
ანაიდრიდი კარბონმაჯვების 123  
არენები 64  
არომატული თვისებები 66, 151, 153  
აცეტილენი 45, 77, 117  
აცეტონი 110  
აცეტატური ბოქკო 202

## ბ

ბენზილის სპირტი 106  
ბენზინი 186, 189  
ბენზოლი 49, 64  
ბენზომაჯვა 75, 128  
ბმა  
კოვალენტური 11, 17, 90  
პი (π) 36, 46, 57, 84, 88, 112  
სიგმა (σ) 17, 21, 36, 46, 65, 72, 84, 112  
π სექსტეტი 66, 84, 152  
წყალბადური 94, 111, 120, 177, 181, 203  
ბოქკო 202, 203, 204  
ბუტადიენი 57, 206

## ზ

გაზლეჩა  
ჰეტეროლიზური 18, 43, 106  
ჰომოლიზური 18  
გლიცერინი 101  
გლუკოზა 158  
გრინიარის რეაგენტი 154

## დ

დეზოქსირიბოზა 165, 180  
დეზოქსირიბონუკლეინმაჯვა 180  
დიეთილის ეთერი 96

**6**

- ნავთობი 185
- ნავთობის გადამუშავება 186
- ნაილონი 204
- ნაფთალინი 78
- ნახევარაცეტალი 115
- ნახშირბადატომი
  - ალგზნებულო 11
  - კონფიგურაცია 133
  - მეოთხეული 17
  - მეორეული 16
  - მესამეული 15
  - პირველადი 15
  - ქირალური 133
- ნახშირის გათხევადების პროცესი 54
- ნახშირწყლები 157
- ნიტრობენზოლი 69, 81, 139
- ნიტრონაერთები 138
- ნომენკლატურა
  - ალდეჰიდების და კეტონების 111
  - ალკანების 23
  - ალკენების 34
  - ალკინების 45
  - არომატული ნახშირწყალბადების 68
  - იუპაკის 23
  - კარბონმეკვების 120
  - სპირტების 92
  - ციკლოალკანების 60
  - ჰალოგენწარმოებულების 87
  - ჰიდროქსიმეკვების 131
- ნუკლეინმეკვა 179

**ო**

- ოლინმეკვა 127, 173
- ოქტანური რიცხვი 190

**პ**

- პალმიტინმეკვა 126, 133
- პიკრინმეკვა 107
- პირიდინი 151
- პირობები: ნორმალური 33 ჩვეულებრივი 22
- პიროლი 153
- პლასტმასები 199
- პოლიეთილენი 201
- პოლიმერი 201
- პოლიმერიზაციის ხარისხი 201
- პოლიმერის სტრუქტურული რგოლი 201
- პოლისაქარიდი 167
- პოლისტიროლი 78, 201

**ჟ**

- ჟანგვითი რიცხვი 28, 117

**რ**

- რადიკალი 18
- რეაქციები
  - ალკილირების 70
  - დაჟანგვის 28, 39, 48, 69, 95, 113, 124
  - დეკარბოქსილირების 124
  - დეჰიდრატაციის 54, 59
  - დეჰიდრირების 54, 59, 76, 97
  - ეთერიფიკაციის 195
  - ვერცხლის სარკის 113
  - იზომერიზაციის 32
  - მექანიზმი 30
  - მიერთების 40, 48, 63, 72, 114
  - მონლეჩის 88
  - ნიტრირების 31, 69
  - პოლიკონდენსაციის 103, 115, 150, 168
  - პოლიმერიზაციის 58, 78, 123
  - სულფირების 31, 70
  - ჩანაცვლების 29, 49, 63, 69
  - ციკლიზაციის 77
  - წვის 28, 39, 118
  - ჯაჭვური 30
  - ჰალოგენირების 29, 70
  - ჰიდრატაციის 41, 49
  - ჰიდრირების 41, 49, 114
- რეაქციის მექანიზმი
  - ეთერიფიკაციის 136
  - იონური 41, 71
  - მიერთების 41
  - პოლიმერიზაციის 198
  - რადიკალური 30
  - ჩანაცვლების 71, 95
  - ჯაჭვური 29
- რიბოზა 165, 180
- რძემეკვა 132, 163

**ს**

- საპონი 126
- საქაროზა 166, 193
- სახამებელი 166
- სილიციუმორგანული ნაერთები 155
- სინთეზირი 32, 53, 99
- სტერინმეკვა 126, 173
- სტიროლი 77

**ტ**

- ტეტრაქლორმეთანი 29
- ტოლუოლი 67, 74, 77



**ფ**  
 ფენოლი 87, 105  
 ფენოლფორმალდეჰიდრი ფისი 195, 201  
 ფთალმეფევი 79, 128, 204  
 ფორმალინი 110  
 ფრუქტოზა 164  
 ფუნქციური ჯგუფი 14

**ძ**  
 ქვანახშირის ფისი 191  
 ქლორანჰიდრიდი 123  
 ქლოროფორმი 29  
 ქლორქმარმევა 124  
 ქილოლი 67

**ლ**  
 ლვინომევა 130

**ც**  
 ცელულოზა 170  
 ციკლოალკანები 60  
 ცილები 176  
 ცხიმი 173

**ძ**  
 ძმარმევა 126  
 ძმარმევაალდეჰიდი 110

**წ**  
 წესი  
 მარკონიკოვის 42  
 ჩანაცვლების 80

**ჭ**  
 ჭინჭველმევა 126

**კ**  
 კალოგენწარმოებულები 87  
 კეტეროლიზი 19  
 კეტეროციკლური ნაერთები 151  
 კიბრიდიზაცია  
 sp<sup>3</sup> 12, 62, 84, 133  
 sp<sup>2</sup> 36, 65, 84, 152  
 sp 46, 84

კომოლოგიური რიგი 13, 21, 34, 91, 105  
 კომოლოგიური სხვაობა 93  
 კომილიზი 19

**შინაარსი**

პირველი ნაწილი. ორგანული ქიმიის ზოგადი ცნებები . . . . .	3
I თავი. შესავალი . . . . .	3
§1. ორგანული ქიმიის საგანი . . . . .	3
§2. ორგანული ქიმიის ჩამოყალიბების საფუძვლები . . . . .	6
§3. ორგანული ქიმია და ბუნების დაცვის საკითხები . . . . .	8
II თავი. ორგანული ნაერთების ქიმიური აღნაგობის საფუძვლები . . . . .	10
§4. ნახშირბადატომების თავისებურება . . . . .	10
§5. კომოლოგია და ფუნქციური ჯგუფები . . . . .	13
§6. იზომერია . . . . .	15
§7. კოვალენტური ბმა და ქიმიური რეაქციის მექანიზმი . . . . .	17
§8. ქიმიური ბმის გაწყვეტის სახეები . . . . .	18
მეორე ნაწილი. ნახშირწყალბადები . . . . .	20
III თავი. ლიაჯაჰვიანი ნახშირწყალბადები . . . . .	20
§9. ნახშირწყალბადების კლასიფიკაცია . . . . .	20
§10. ნაჯერი ნახშირწყალბადები - ალკანები . . . . .	21
§11. ალკანების აღნაგობა . . . . .	25
§12. ალკანების ქიმიური თვისებები . . . . .	27
§13. უჯერი ნახშირწყალბადები . . . . .	33
§14. ეთენის აღნაგობა . . . . .	35
§15. ალკენების ქიმიური თვისებები . . . . .	39
§16. აცეტილენის რიგის ნახშირწყალბადები - ალკინები . . . . .	45
§17. ალკინების ქიმიური თვისებები . . . . .	48
§18. ალკანების, ალკენების და ალკინების მიღების მეთოდები . . . . .	51
§19. ორი ორმაგბმისანი ნახშირწყალბადები - ალკადიენები . . . . .	56



IV თავი. ციკლური ნახშირწყალბადები	60
§20. ციკლოალკანები	60
§21. არომატული ნახშირწყალბადები - არენები	64
§22. ბენზოლის ჰომოლოგიური რიგი	67
§23. ბენზოლის ქიმიური თვისებები	69
§24. ბენზოლის ჰომოლოგების (ტოლუოლის) თვისებები	74
§25. ბენზოლისა და მისი ჰომოლოგების მიღება	76
§26. არომატული ნახშირწყალბადების სხვა ქვეკლასები	77
§27. ბენზოლის ბირთვში ჩანაცვლების წესი	80
§28. ნახშირწყალბადების ჰომოლოგიურ რიგებს შორის ურთიერთკავშირი და მათი შედარებითი დახასიათება მენამე ნაწილი. ნახშირწყალბადების ფუნქციური წარმოებულები	83
V თავი. ჰალოგენშემცველი ორგანული ნაერთები	86
§29. ჰალოგენშემცველი ორგანული ნაერთების თვისებები	86
VI თავი. ენგაბაღშემცველი ორგანული ნაერთები	87
§30. ალკანოლები (სპირტები)	90
§31. ნაჭერი ერთატომიანი სპირტები	91
§32. სპირტების ქიმიური თვისებები	95
§33. ნაჭერი ერთატომიანი სპირტების მიღება	99
§34. მრავალატომიანი სპირტები	101
§35. ფენოლები	105
§36. ალდეჰიდები და კეტონები	109
§37. ალდეჰიდებისა და კეტონების ქიმიური თვისებები	113
§38. ალდეჰიდებისა და კეტონების მიღების მეთოდები	116
§39. კარბონმჟავები	118
§40. კარბონმჟავების ქიმიური თვისებები და მიღების მეთოდები	122
§41. ერთფუძიანი კარბონმჟავების წარმომადგენლები	125
§42. ნაჭერი ორფუძიანი კარბონმჟავები	127
§43. არომატული მჟავები	128
§44. ჰიდროქსიმჟავები	130
§45. ოპტიკური იზომერია	132
§46. რთული ეთერები (ესტერები)	135
VII თავი. აზოტშემცველი ორგანული ნაერთები	138
§47. ნიტრონაერთები	138
§48. ამინები	141
§49. ანილინი. ამინების სინთეზი	144
§50. ამიდები	147
§51. ამინომჟავები	148
§52. აზოტშემცველი ჰეტეროციკლური ნაერთები	151
VIII თავი. ელემენტორგანული ნაერთები	154
§53. მეტალორგანული ნაერთები	154
§54. სილიციუმორგანული ნაერთები	155
მეოთხე ნაწილი. ელემენტალური ბიოორგანული ქიმია	157
IX თავი. ნახშირწყლები	157
§55. მონოსაქარიდები	158
§56. გლუკოზის ქიმიური თვისებები	162
§57. ფრუქტოზა, როგორც გლუკოზის იზომერი	164
§58. რიბოზა და დეზოქსირიბოზა	165
§59. დისაქარიდები	166
§60. პოლისაქარიდები	167
X თავი.	173
§61. ცხიმები	173

35

11329



XI თავი . . . . .	176
ცილები . . . . .	176
XII თავი. ნუკლინმეავები . . . . .	179
§63. ცნება ნუკლინმეავების შედგენილობისა და მათი დანიშნულების შესახებ მეზღუფე ნაწილი. ელემენტალური სამრეწველო ორგანული ქიმიის . . . . .	180
XIII თავი . . . . .	183
§64. სამრეწველო ორგანული ქიმიის ამოცანები და მიმართულება . . . . .	183
§65. ორგანული ქიმიის ნედლეულის ბაზა . . . . .	185
§66. ქვანახშირის ფისი. ბუნებრივი აირები . . . . .	191
§67. ზოგიერთი ქიმიური წარმოების აღწერა . . . . .	193
მეექვსე ნაწილი. მაღალმოლეკულური ნივთიერებები და მათ საფუძველზე მიღებული პოლიმერული მასალები . . . . .	196
XIV თავი. ბუნებრივი და სინთეზური მაღალმოლეკულური ნაერთები . . . . .	196
§68. მაღალმოლეკულური ნივთიერების ზოგადი დახასიათება . . . . .	196
§69. პლასტმასა . . . . .	199
§70. ბოჭკოები . . . . .	201
§71. კაუჩუკი . . . . .	205
§72. დაუალემა განზოგადებისა და განმეორებისათვის ლაბორატორიული პრაქტიკაში . . . . .	208
დანართი . . . . .	211
საგნობრივი საძიებელი . . . . .	219

- |                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| რედაქციის გამგე        | ი. მეგრელიშვილი          |
| რედაქტორები            | მ. ბაზაძე, ლ. მუშკელიანი |
| სამხატვრო რედაქტორი    | გ. ზაკალაშვილი           |
| გარეკანის მხატვარი     | ნ. ჭაში                  |
| ტექნიკური რედაქტორი    | ნ. ჭავჭავაძე             |
| ორგანოქიმიის რედაქტორი | ნ. დგებუაძე              |
| ოპერატორი              | ლ. ამაშუკელი             |
| პროგრამისტი            | ზ. მოღდებაძე             |

წიგნი აიწყო და მომზადდა დასაბეჭდად გამომცემლობაში კომპიუტერული ტექსტების დამუშავებით. ინტენსიური მუშაობის შედეგად.

ს.ბ. №5466

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 07.10.98. ქალაქის ზომა 60X84. ქალაქი ოფსეტის ბეჭდვა ოფსეტური. ნაბეჭდი იაბაზი 14. პირ. საღებავატარება 14,2ს. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბაზი 12,79.

ტირაჟი 3 000

შეკვ. № 53

სტამბა შპს გაზეთი „საქართველოს მაცნე“  
გრ. რობაქიძის გამზ. 7<sup>ა</sup>

გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, გ. ჩუბინაშვილის ქ. №50  
1998

K 297.892  
396136940  
202-9110333