

შოთა სამსონია, მიხეილ გვერდნიძე,  
იოსებ ჩიკვაძე, ლია კვიციანი

# ტრგანული ქიმიკა

თბილისი

2017

ორგანული ქიმია



ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

შოთა სამსონია, მიხეილ გვერდნიძე, იოსებ ჩიკვაძე, ლია კვიციანი

## ორგანული ქიმია



უნივერსიტეტის  
გამომცემლობა

*წიგნი წარმოადგენს ორგანული ქიმიის სახელმძღვანელოს ქიმიკოს-ბაკალავრებისთვის. მასში განხილულია ორგანული ქიმიის უმთავრესი თეორიული საკითხები და ორგანულ ნაერთთა ძირითადი კლასები. სხვადასხვა ჰომოლოგიურ რიგში ნაერთთა მიღების მეთოდები და მათი ქიმიური თვისებები ძირითადად წარმოჩენილია სქემების სახით.*

რედაქტორი: ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი ჯ. მ ა ი ს უ რ ა ძ ე

რეცენზენტები: ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი ე. ე ლ ი ზ ბ ა რ ა შ ვ ი ლ ი  
ქიმიის აკადემიური დოქტორი (PHD) მ. ც ი ც ა გ ი

*ქვეყნდება ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საუნივერსიტეტო საგამომცემლო საბჭოს გადაწყვეტილებით*

© ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2017

ISBN 978-9941-13-636-8 (pdf)

## წიგნის იტყობა

წიგნი გამიზნულია ორგანული ქიმიის ძირითად სახელმძღვანელოდ ქიმიის დეპარტამენტის ბაკალავრიატრის სტუდენტებისათვის. იგი ქმედით დახმარებას გაუწევს აგრეთვე მაგისტრატურის სტუდენტებს და ახალგაზრდა სპეციალისტებს. ამ სახელმძღვანელოს შექმნაზე ავტორებმა ორი ათეული წელი იმუშავეს. ამასთანავე, ცალკეული ნაწილები გამოიცა ბროშურების სახით [1-7]. ასე რომ, სახელმძღვანელოს საბოლოო სახით გამოცემისას გათვალისწინებულია მისი პრაქტიკული გამოყენების მრავალწლიანი გამოცდილება.

წიგნის სპეციფიკა იმითაა განპირობებული, რომ ნაერთთა ძირითადი კლასების მიღების მეთოდები და ქიმიური თვისებები მოყვანილია 93 სქემის ფორმით. ასეთი მიდგომა, ერთი მხრივ, საშუალებას იძლევა შეზღუდული მოცულობის ნაშრომში წარმოჩნდეს საკმაოდ ვრცელი ფაქტობრივი მასალა, მეორეს მხრივ, იგი უადვილებს სტუდენტს ლოგიკურ ერთიანობაში გაიაზროს სხდასხვა ტიპის ქიმიური პროცესები და ფუნქციური ჯგუფების შესაძლო გარდაქმნათა ვარიანტები. გარდა ამისა, როგორც სწავლების პრაქტიკამ აჩვენა, ასეთი ფორმით გადმოცემული მასალა სტუდენტისათვის შედარებით იოლი ასათვისებელია.

წიგნში არ არის განხილული ბუნებრივ ნაერთთა ზოგიერთი მნიშვნელოვანი კლასი, მათ შორის ლიპიდები და ცილები. მათ სტუდენტი შეისწავლის ბიოორგანული ქიმიის კურსში.

შეძლებისდაგვარად შევეცადეთ სახელმძღვანელოში სტუდენტისათვის მაქსიმალურად ხელმისაწვდომი ფორმით ასახულიყო თანამედროვე ორგანული ქიმიის უახლესი ექსპერიმენტული თუ თეორიული მიღწევები.

კარგად გვესმის, რომ ორგანული ქიმიის ფაქტობრივი მასალის გადმოცემის ასეთ მეთოდს გამოუჩნდებიან მომხრეებიც და ოპონენტებიც. ავტორები მადლიერებით მიიღებენ საქმიან შენიშვნებს და რჩევებს.

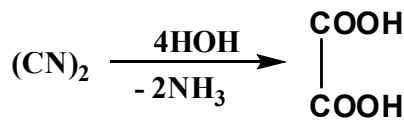
## შ ე ს ა ვ ა ლ ი

თანამედროვე ორგანული ქიმია, შესასწავლი ობიექტების სიმრავლისა და სირთულის მიხედვით, ერთ-ერთი ვრცელი და დინამიკური საბუნებისმეტყველო დისციპლინაა. არსებობს ორგანული ქიმიის რამდენიმე განმარტება. კეკულეს და გმელინის მიხედვით, ორგანული ქიმია ელემენტ ნახშირბადის ქიმიაა, შორლემერის მიხედვით - ნახშირწყალბადებისა და მათი ნაწარმების ქიმია.

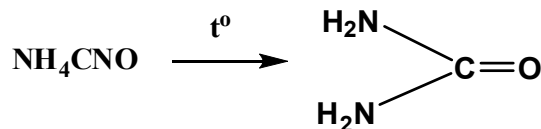
XVIII საუკუნეში ნივთიერებებს, წარმომავლობის მიხედვით, ყოფდნენ სამ კლასად: მინერალურ, მცენარეულ და ცხოველურ ნაერთებად.

1807 წელს ბერცელიუსის წინადადებით, ცოცხალი ორგანიზმებიდან მიღებულ ნაერთებს ორგანული ნივთიერებები ეწოდა. ბერცელიუსის მიხედვით - „ორგანული ქიმია სასიცოცხლო ძალების მოქმედების შედეგად წარმოქმნილი ნაერთების ქიმიაა“. ამგვარად, ბერცელიუსი ვიტალისტური თეორიის (სასიცოცხლო ძალები - vis vitalis) მიმდევარი იყო.

ვიტალისტური თეორიის კრახი დაიწყო გერმანელ ქიმიკოს ვიოლერის მიერ განხორციელებული ორი სინთეზით. 1824 წელს მან დიციანის ჰიდროლიზით მიიღო მჟაუნმჟავა:



ხოლო 1828 წელა ამინიუმის ოქსიციანიდის გაცხელებით - შარდოვანა:



ორგანული ქიმია მეცნიერების ცალკე დარგად გამოიყო ძირითადად სამი მიზეზის გამო:

ტიპური ორგანული ნაერთები არსებითად განსხვავდება არაორგანულისაგან;

ორგანულ ნაერთთა რიცხვი 20 მილიონს აღემატება, მაშინ, როდესაც არაორგანულ ნივთიერებათა რიცხვი ნახევარ მილიონამდეა;

ორგანული ნაერთები განსაკუთრებულ როლს ასრულებენ სასიცოცხლო პროცესებში.

ორგანული ქიმიის ისტორიაპირობითად შეიძლება დაიყოს შემდეგ პერიოდებად:

ა) **ემპირული** პერიოდი - ორგანულ ნაერთებთან ადამიანის პირველი ნაცნობობიდან ორგანული ქიმიის, როგორც მეცნიერების ჩამოყალიბებამდე (XVIII საუკუნის ბოლო პერიოდებში);

ბ) **ანალიზური** პერიოდი - XVIII საუკუნის ბოლოდან XIX საუკუნის 60-იან წლებამდე;

გ) **სტრუქტურული** პერიოდი - XIX საუკუნის 60-იანი წლებიდან XX საუკუნის ათიან წლებამდე;

დ) **ფიზიკალიზაციის** პერიოდი - XX საუკუნის ათიანი წლებიდან XX საუკუნის ბოლომდე.

დღეისათვის ორგანული ქიმია შევიდა განვითარების ახალ პერიოდში - **კიბერნეტიკულ** პერიოდში, რაც გულისხმობს პროგრამირებისა და კომპიუტერული ტექნიკის ფართოდ დანერგვას როგორც ქიმიურ ტექნოლოგიებში, ისევე აკადემიური ხასიათის კვლევა-ძიებებში. (ამის დასტურია თეორიული ქიმიის ახალი დარგების - კომპიუტერული ქიმიისა და მათემატიკური ქიმიის ჩამოყალიბება).

## 1. ორგანულ ნაერთთა აღნაგობის კლასიკური თეორია

აღნაგობის თეორია წარმოადგენს პირველ მწყობრ მოძღვრებას ორგანულ მოლეკულათა სტრუქტურის შესახებ. აღნაგობის თეორიის შემუშავებაში წამყვანი როლი შეასრულეს რუსმა მეცნიერმა მიხეილ ბუტლეროვმა და გერმანელმა მეცნიერმა ავგუსტ კეკულემ.

კეკულემ დაადგინა, რომ ნახშირბადი ყველა ორგანულ ნაერთში ოთხვალენტია. გარდა ამისა, მან აჩვენა, რომ ნახშირბადატომებს უნარი აქვთ წარმოქმნან სხვადასხვა სიგრძისა და კონფიგურაციის ნახშირბადოვანი ჯაჭვები. კეკულემ მოგვანოდა ბენზოლის ციკლური ფორმულაც. აღსანიშნავია შოტლანდიელი ქიმიკოსის კუპერის როლიც. მან შემოიტანა სტრუქტურულ ფორმულებში ხაზაკის (-) გამოყენება.

აღნაგობის თეორიის არსი ფორმულირდება ოთხი ძირითადი დებულების სახით:

მოლეკულებში ატომები ერთმანეთთან დაკავშირებულია მკაცრად განსაზღვრული თანმიმდევრობით ე.ი. თითოეულ ნაერთს გააჩნია მისთვის დამახასიათებელი მოლეკულური აღნაგობა, ანუ სტრუქტურა. არსებობს ზუსტი კანონზომიერება ატომების ურთიერთშეკავშირების მიმდევრობასა და თავისებურებებს შორის, რომელიც დამახასიათებელია თითოეული კონკრეტული ნაერთისათვის.

ნივთიერების თვისებები დამოკიდებულია მის მოლეკულებში შემავალი ატომების ტიპზე, რიცხვზე და ერთმანეთთან დაკავშირების თანმიმდევრობაზე.

ნივთიერების აღნაგობა შეიძლება დადგინდეს ქიმიური გარდაქმნების შესწავლის შედეგად და, პირიქით, ნივთიერების აღნაგობის საფუძველზე შეიძლება განისაზღვროს მისი თვისებები.

ურთიერთგავლენას ახდენენ როგორც ერთმანეთთან უშუალოდ დაკავშირებული, აგრეთვე სხვა ატომების საშუალებით ბმული ატომები. ანუ, თვისებები ხარისხობრივად იცვლება იმის მიხედვით, თუ რომელი ატომები რომელ ატომებთან და როგორ არიან დაკავშირებული.

კონკრეტული ნივთიერების მოლეკულის ჭეშმარიტი აღნაგობა შეიძლება გამოისახოს გარკვეული ფორმულით და ეს ფორმულა ერთადერთია მოცემული ნაერთისათვის.

მიუხედავად იმისა, რომ აღნაგობის თეორიის საფუძველების ჩამოყალიბებიდან საუკუნენახევარია გასული, იგი დღესაც რჩება ქიმიკოს-ორგანიკოსის მეგზურად. ბრწყინვალე ამერიკელი ქიმიკოს-ორგანიკოსის რობერტ ვუდვორდის სიტყვებით: „აღნაგობის თეორია ორგანულ ქიმიაში მომხდარი პირველი დიდი რევოლუციაა“.

ამ მოძღვრების თანამედროვე ვარიანტი (ე.წ. მოლეკულური მექანიკა) წარმოადგენს თეორიული ორგანული ქიმიის დამოუკიდებელ და ინტენსიურად განვითარებად ნაწილს, რომელიც კვანტური წარმოდგენების პარალელურად, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მოლეკულათა აღნაგობისა და რეაქციის უნარიანობის თეორიულად შესწავლის საქმეში.

აღნაგობის თეორიის ფარგლებში შესაძლებელი გახდა იზომერიის მოვლენის წინასწარმეტყველება და თეორიული ინტერპრეტაცია. ტრადიციულად, განმარტების მიხედვით, **იზომერები** ეწოდებათ ნივთიერებებს, რომელთაც აქვთ ერთნაირი თვისობრივი და რაოდენობრივი შედგენილობა (ერთნაირი მოლეკულური ფორმულა), მაგრამ სხვადასხვაგვარი აღნაგობა და, აქედან გამომდინარე, სხვადასხვა თვისებები. დღეისათვის აღმოჩენილია იზომერთა ისეთი ტიპებიც, რომლებიც ძალზე არასტაბილურნი არიან და დროის მოკლე ინტერვალში განიცდიან ურთიერთგადასვლას. ამგვარად, ინდივიდუალური იზომერების დაფიქსირების შესაძლებლობას განსაზღვრავს ის, თუ გამოყენებულ ექსპერიმენტულ მეთოდში დროის როგორ ინტერვალში წარმოებს გაზომვა. აქედან გამომდინარე, შეიცვალა იზომერის ცნების განმარტებაც. რუფრის თანამედროვე ინტერპრეტაციით, **იზომერები** ეწოდებათ იდენტური მოლეკულური ფორმულის მქონე ინდივიდუალურ ქიმიურ ნაერთებს, რომლებსაც განსხვავებული აქვთ ესა თუ ის ფიზიკურ-ქიმიური თვისება და რომლებიც სტაბილურნი არიან დროის უფრო ხანგრძლივ ინტერვალში, ვიდრე მათი შესასწავლი თვისების გაზომვისთვისაა საჭირო.

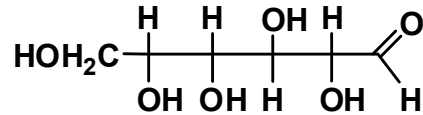
და ბოლოს, მკაფიოდ განვსაზღვროთ ცნების - „სხვადასხვა ტიპის ფორმულის“ ცნების არსი ორგანულ ქიმიაში.



გლუკოზის მაგალითზე განვიხილოთ სხვადასხვა სახის ფორმულების სახელწოდება.

**მოლეკულური ფორმულა** -  $C_6H_{12}O_6$  გვიჩვენებს, რომ ამ ნაერთის მოლეკულა შეიცავს **6** ნახშირბადატომს, **12** წყალბადატომს და **6** ჟანგბადატომს. ამგვარად, მოლეკულური ფორმულა ასახავს ნაერთის თვისობრივ და რაოდენობრივ შედგენილობას.

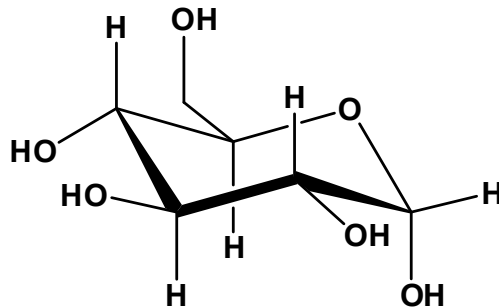
**სტრუქტურული ფორმულა** გვიჩვენებს მოლეკულაში ატომების შეერთების წესს, ანუ თანმიმდევრობას და მათ შორის ბმების რიგს. გლუკოზის სტრუქტურული ფორმულაა:



ხშირად გამოიყენება ე.წ. შეკვეცილი სტრუქტურული ფორმულა:



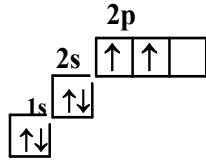
გამოსახულებას, რომელიც გვიჩვენებს მოლეკულის სივრცით აღნაგობას **სტერეოფორმულა** (სივრცითი ფორმულა) ეწოდება:



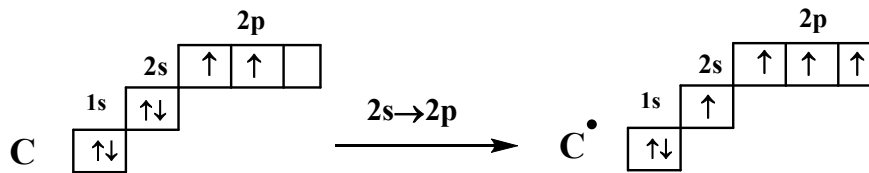
## 2. ჰიბრიდიზაციის ტიპები

ჰიბრიდიზაციის კონცეფცია ჩამოყალიბდა 1931 წ. პოლინგის, სლეტერის და, მათგან დამოუკიდებლად, მალიკენისა და ჰუნდის მიერ.

დადგენილია, რომ ნახშირბადატომს ძირითად მდგომარეობაში შემდეგი ელექტრონული კონფიგურაცია გააჩნია:  $1s^2 2s^2 2p^2$ , ან სპინური აღნიშვნების გამოყენებით:

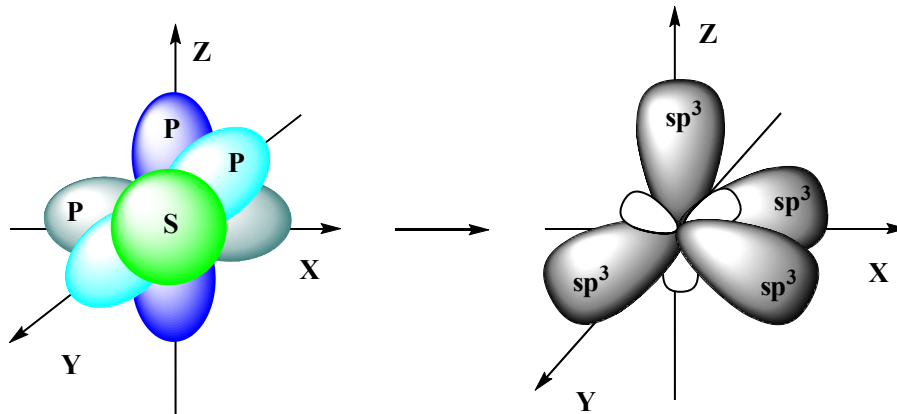


ორგანულ ნაერთებში ნახშირბადი მეტწილად ოთხვალენტოვანია, რაც გვანიშნავს ვიფიქროთ, რომ ნაერთების წარმოქმნისას, ენერჯის შთანთქმის შედეგად, ის გადადის ალგზნებულ, ანუ სავალენტო მდგომარეობაში. ეს გადასვლა, პირობითად, შეიძლება შემდეგნაირად ჩაიწეროს:



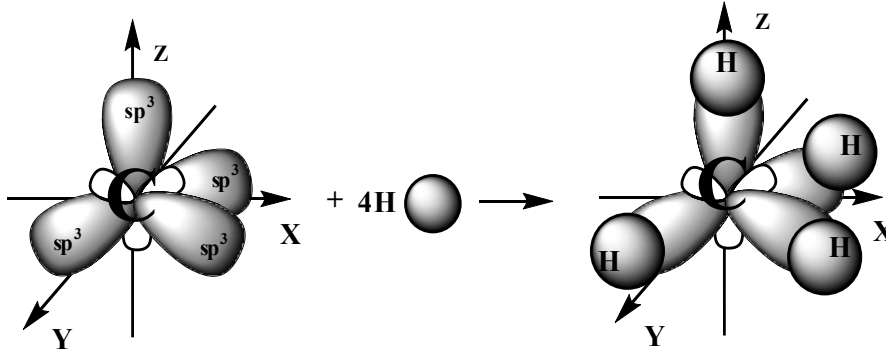
ამ პროცესისათვის საჭირო ენერჯია ჭარბად კომპენსირდება ნახშირბად ატომის მიერ ბმების წარმოქმნის შედეგად. ზედა სქემის მიხედვით, ნახშირბადატომს შეუძლია წარმოქმნას ერთი ბმა სფერული  $2s$  ორბიტალით (ელექტრონული ღრუბლით) და სამი ბმა ერთმანეთის მიმართ მართობული  $2p$  ორბიტალებით (ელექტრონული ღრუბლებით), რაც არ შეესაბამება მეთანის მოლეკულის სიმეტრიულ აღნაგობას.

ეს წინააღმდეგობა დაძლეულ იქნა ატომური ორბიტალების (ელექტრონული ღრუბლების) ჰიბრიდიზაციის კონცეფციის შემოღებით. ეს კონცეფცია ეფუძნება დაშვებას, რომ ნახშირბადის ატომი ქიმიურ ბმებს წარმოქმნის არა სტანდარტული  $2s$  და  $2p$  ორბიტალებით, არამედ მათი გარდაქმნის შედეგად მიღებული ოთხი ეკვივალენტური, არასიმეტრიული მოცულობითი რვიანის ფორმის  $sp^3$  ჰიბრიდული ორბიტალით, რომლებიც მაქსიმალური განზიდვის გამო მიმართულია ტეტრაედრის ცენტრიდან (ნახშირბადის ატომბირთვიდან) მისი წვეროებისაკენ. ნახაზზე 1 მოცემულია (ნახშირბადატომის ორბიტალების (ელექტრონული ღრუბლების)  $sp^3$  ტეტრაედალური ჰიბრიდიზაციის სქემა:



ნახ.1.  $sp^3$  ჰიბრიდიზაციის სქემა

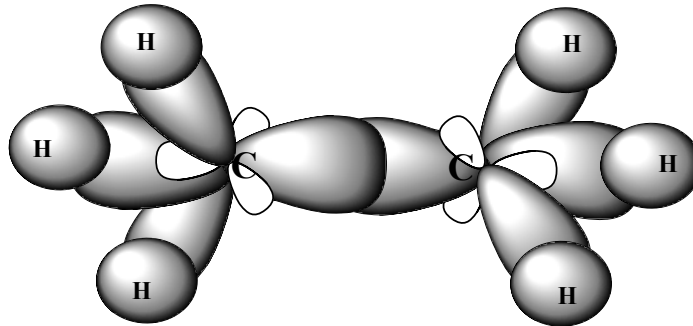
კუთხე  $sp^3$  ჰიბრიდულ ორბიტალებს (ელექტრონულ ღრუბლებს) შორის  $109^{\circ}28'$ -ის ტოლია, რაც სრულ თანხმობაშია მეთანის მოლეკულის რეალურ გეომეტრიასთან. ქვემოთ მოტანილია მეთანის მოლეკულის წარმოქმნის ორბიტალური სქემა:



ნახ. 2. მეთანის წარმოქმნის ორბიტალური სქემა

ამრიგად, მეთანში დამყარებულია ოთხი ტოლფასი  $\sigma$  C-H ბმა.  $\sigma$ -ბმა ეწოდება ატომბირთვების შემაერთებელი წრფის გასწვრივ წარმოქმნილ ქიმიურ ბმას.

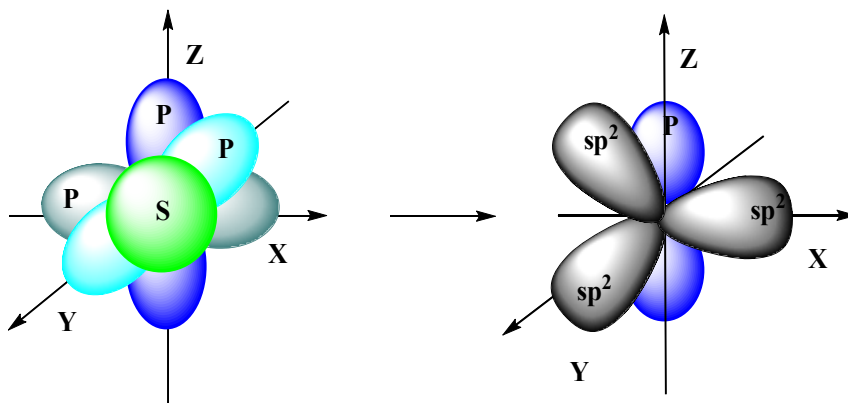
მე-3 ნახაზზე მოცემულია ეთანის მოლეკულის ორბიტალური სქემა:



ნახ. 3. ეთანის მოლეკულის ორბიტალური სქემა

ამრიგად, ეთანში დამყარებულია ერთი  $\sigma$  C-C და ექვსი  $\sigma$  C-H ბმა.

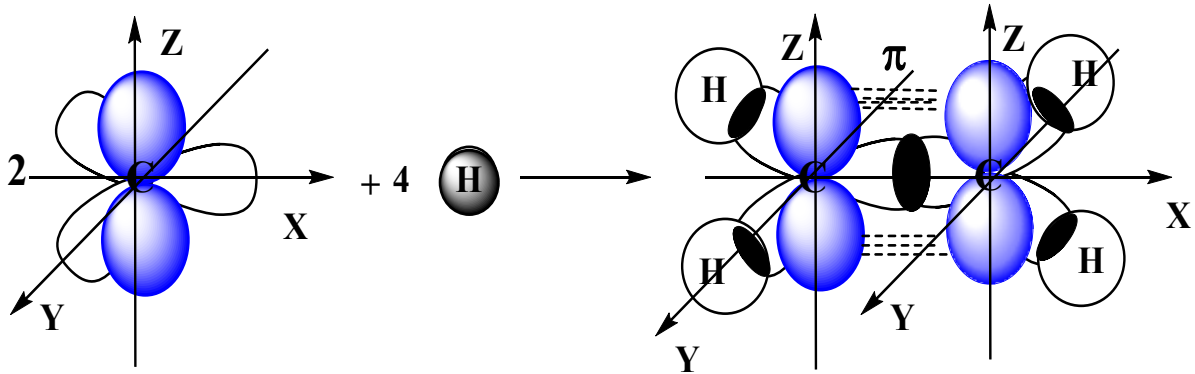
ორმაგი C=C ბმების შემცველ ნაერთებში ხორციელდება ატომური ორბიტალების (ელექტრონული ღრუბლების)  $sp^2$  ტრიგონალური ჰიბრიდიზაცია, რომელშიც მონაწილეობს ერთი  $2s$  და ორი  $2p$  ორბიტალი. ჰიბრიდიზაციის შედეგად წარმოიქმნება სამი  $sp^2$  ორბიტალი (ელექტრონული ღრუბელი). მე-4 ნახაზზე მოტანილია ნახშირბადატომის ტრიგონალური ჰიბრიდიზაციის სქემა:



ნახ. 4.  $sp^2$  ჰიბრიდიზაციის სქემა

სამი ჰიბრიდული  $sp^2$  ორბიტალი კოპლანარულია (განლაგებულია ერთ სიბრტყეზე) და კუთხე მათ შორის  $120^\circ$ -ის ტოლია. ჰიბრიდიზაციაში შეუსვლელი (არაჰიბრიდული) ერთი  $2p$  ორბიტალი კი განლაგებულია ჰიბრიდული ორბიტალების სიბრტყის მართობულად.

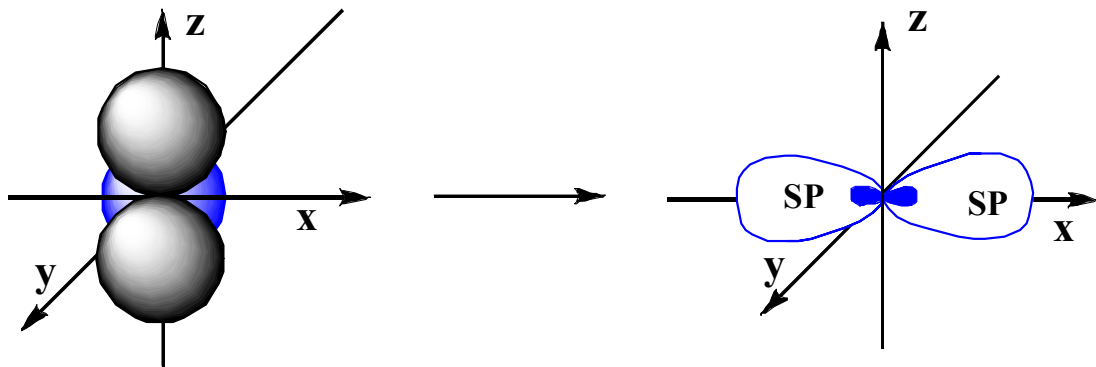
მე-5 ნახაზზე მოცემულია ეთილენის მოლეკულის წარმოქმნის ორბიტალური სქემა:



ნახ. 5. ეთილენის მოლეკულის წარმოქმნის ორბიტალური სქემა

ამგვარად, ეთილენის მოლეკულაში დამყარებულია ოთხი  $\sigma$  C-H, ერთი  $\sigma$  C-C და ერთი  $\pi$  ბმა ამავე ნახშირბადატომებს შორის არაჰიბრიდული  $2p$  ორბიტალების გვერდითი გადაფარვის შედეგად.  $\pi$ -ბმა ეწოდება ატომბირთვების შემაერთებელი ღერძის ორივე მხარეს,  $p$  ორბიტალების გვერდითი გადაფარვის შედეგად, წარმოქმნილ ქიმიურ ბმას.

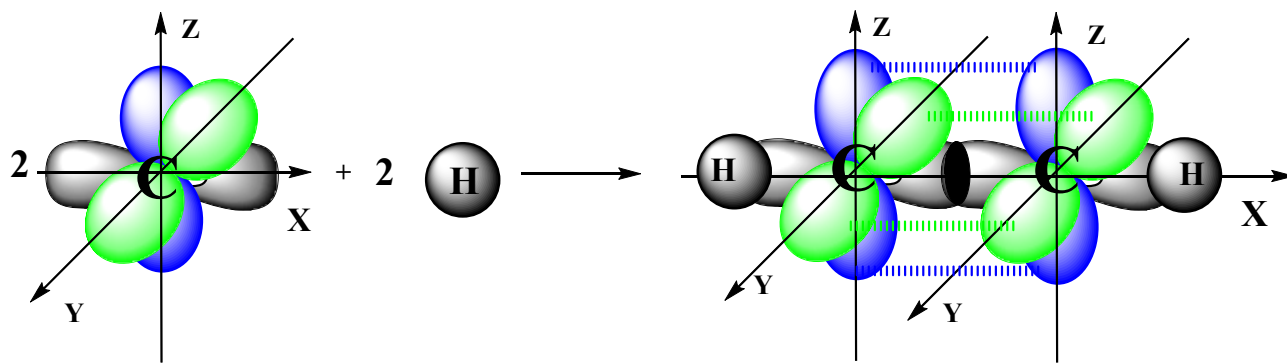
სამმაგი ბმის შემცველ ნაერთებში გვხვდება ატომური ორბიტალების (ელექტრონული ღრუბლების)  $sp$  დიგონალური ანუ წრფივი ჰიბრიდიზაცია, რომელშიც მონაწილეობს ერთი  $2s$  და ერთი  $2p$  ორბიტალი. შედეგად წარმოიქმნება ორი  $sp$  ჰიბრიდული ორბიტალი, რომელთა შორის კუთხე  $180^\circ$ -ის ტოლია. მე-6 ნახაზზე მოცემულია  $sp$  ჰიბრიდიზაციის სქემა:



ნახ. 6.  $sp$  ჰიბრიდიზაციის სქემა

ჰიბრიდიზაციაში შეუსვლელი ორი  $2p$  ორბიტალი განლაგებულია ჰიბრიდული  $sp$  ორბიტალების ღერძებზე გამავალი წრფის მიმართ ორ ურთიერთმართობულ სიბრტყეზე.

მე-7 ნახაზზე მოცემულია აცეტილენის მოლეკულის წარმოქმნის ორბიტალური სქემა:



ნახ.7 აცეტილენის მოლეკულის წარმოქმნის ორბიტალური სქემა

ამგვარად, აცეტილენის მოლეკულაში დამყარებულია ორი  $\sigma$  C-H, ერთი  $\sigma$  C-C და ორი  $\pi$  ბმა იმავე ნახშირბადატომებს შორის.

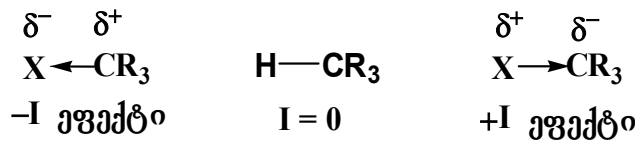
### 3. ჩამნაცვლების ეფექტები

არჩვენ ჩამნაცვლების გავლენის ოთხი ტიპის ეფექტს: ინდუქციური, მეზომერული (შეუღლების), ზეშეუღლების და სივრცული (სტერიული). პირველ სამ ეფექტს ჩამნაცვლების ელექტრონული ეფექტები ეწოდება.

#### 3.1. ინდუქციური ეფექტი

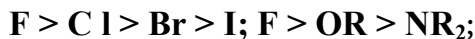
ჩამნაცვლების ინდუქციური ეფექტი მიეკუთვნება შიგამოლეკულური ელექტრონული ურთიერთქმედებების რიცხვს. ნეიტრალურ მოლეკულებშიც კი არსებობს ფრაგმენტები ჭარბი ელექტრონული სიმკვრივით და ფრაგმენტები ელექტრონული სიმკვრივის დეფიციტით. ამგვარად, უმრავლეს შემთხვევაში მოლეკულა მეტნაკლებად პოლარულია. არჩვენ ჩამნაცვლების გავლენის გადაცემის ორ სახეობას: „ინდუქციური ეფექტი“ - რომლის დროს ჩამნაცვლების გავლენის გადაცემა ხდება  $\sigma$ -ბმების მიმდევრობითი პოლარიზაციის გზით და „ველის ეფექტი“ - როდესაც ჩამნაცვლების გავლენა გადაეცემა სივრცის საშუალებით. რადგან დღეისათვის, უმეტეს შემთხვევაში, შეუძლებელია ამ ეფექტების ცალ-ცალკე შესწავლა, მათ აერთიანებენ ტერმინში **ინდუქციური ეფექტი**.

ინდუქციური ეფექტის სტანდარტად, პირობითად შერჩეულია ნახშირწყალბადები, რომელთა **C-H** ბმის დიპოლური მომენტი ნულის ტოლადაა მიჩნეული (სინამდვილეში  $\mu_{C-H}=0,4D$ ). ინდუქციური ეფექტის ნიშნად მიღებულია ჩამნაცვლებელზე გაჩენილი ნაწილობრივი მუხტის ნიშანი:

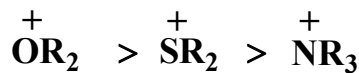


არსებობს **X** ჩამნაცვლების ინდუქციური ეფექტის სიძლიერის თვისობრივად შეფასების რამდენიმე კრიტერიუმი.

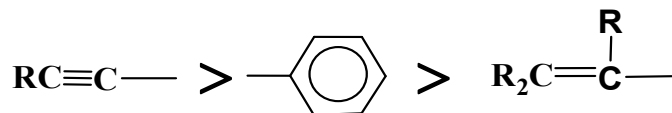
1. **-I** ეფექტის სიძლიერე მცირდება შესაბამისი ჰეტეროატომის ელექტროუარყოფითობის შემცირებასთან ერთად:



2. განსაკუთრებით ძლიერი **-I** ეფექტი გააჩნიათ დადებითი მუხტის მქონე ჩამნაცვლებლებს:



3. ჩამნაცვლების **-I** ეფექტის სიძლიერე მცირდება მისი უჯერობის ხარისხის შემცირებასთან ერთად:



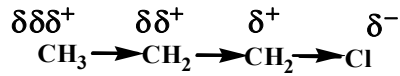
4. განსაკუთრებით ძლიერი **+I** ეფექტი გააჩნია უარყოფითი მუხტის მქონე ჩამნაცვლებლებს:



5. ალკილის რადიკალების **+I** ეფექტი მცირდება შემდეგი მიმდევრობით:



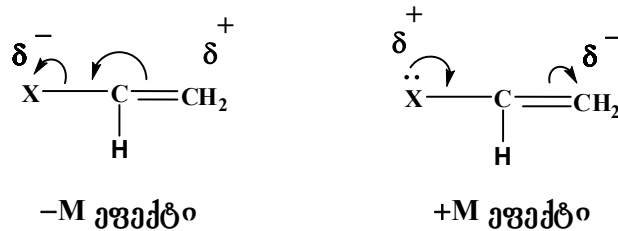
6. ინდუქციური ეფექტი ნახშირბადოვანი ჯაჭვის გასწვრივ სწრაფად იკლებს:



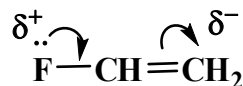
ინდუქციური ეფექტი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ორგანული ნაერთების თვისებებზე. ამასთან, ერთი ტიპის ჩამნაცვლებლების რიცხვის გაზრდით იზრდება ეფექტის სიდიდე.

### 3.2. მეზომერული ეფექტი

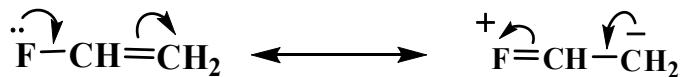
მეზომერული (შეუღლების, რეზონანსული) ეფექტი ეწოდება ჯერადი ბმების შემცველ მოლეკულაში ჩამნაცვლებლის გავლენით  $\pi$ -ბმის ელექტრონული სიმკვრივის წანაცვლებას ( $\pi$ -ბმის პოლარიზაციას), რაც მოხრილი ისრით გამოისახება. ინდუქციური ეფექტის მსგავსად, მეზომერული ეფექტის ნიშანი განისაზღვრება ჩამნაცვლებელზე აღძრული ნაწილობრივი მუხტის ნიშნით.  $\pi$ -ელექტრონული სიმკვრივის თავისკენ წამნაცვლებელი ჯგუფები იჩენენ **-M** ეფექტს, ხოლო თავისგან წამნაცვლებლები **+M** ეფექტს:



აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ **-M** ეფექტი გააჩნიათ  $\pi$ -ელექტრონების აქცეპტორ ჩამნაცვლებლებს, ხოლო **+M** ეფექტი  $\pi$ -ელექტრონების დონორ ჩამნაცვლებლებს. ასე მაგალითად, ფთორს გააჩნია **+M** ეფექტი, რადგან მისი თავისუფალი ელექტრონული წყვილი შეუღლებაში შედის უჯერ სისტემასთან. ეს ფაქტი, ვინილფთორიდის შემთხვევაში შეიძლება ასე გამოისახოს:



ან, ზღვრული რეზონანსული სტრუქტურის საშუალებით:

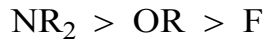


არსებობს ჩამნაცვლებლის მეზომერული ეფექტის სიძლიერის თვისობრივად შეფასების რამდენიმე კრიტერიუმი:

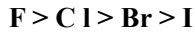
1. **-M** ეფექტის სიძლიერე კლებულობს ჩამნაცვლებელში შემავალ ჰეტეროატომის ელექტროუარყოფითობის შემცირებასთან ერთად:



2. **+M** ეფექტის სიძლიერე კლებულობს ჩამნაცვლებელში შემავალი ჰეტეროატომის ელექტროუარყოფითობის ზრდასთან ერთად:

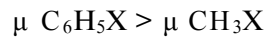


გამონაკლისს წარმოადგენენ ჰალოგენები, სადაც:



ეს იმითაა გამოწვეული, რომ შეუღლების ეფექტი მკვეთრად მაშინ ვლინდება, როდესაც შეუღლებაში მონაწილეობს ერთი ტიპის და ზომის ორბიტალები (ელექტრონული ღრუბლები). ამ რიგში ფთორის ატომის **2p** ორბიტალები (ელექტრონული ღრუბლები) ყველაზე ეფექტურად შედიან შეუღლებაში  $\pi$ -ბმის წარმომქმნელი ნახშირბადის ატომის **2p** ორბიტალებთან.

დაბოლოს, შევხვდეთ ინდუქციური და მეზომერული ეფექტების ურთიერთკავშირის საკითხს. აღმოჩნდა, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში ეს ეფექტები ერთი მიმართულებით მოქმედებს, ზოგიერთ შემთხვევაში კი - საპირისპირო მიმართულებით. **X** ჯგუფის ინდუქციური და შეუღლების ეფექტების მიმართულების განსაზღვრისათვის ერთმანეთს ადარებენ ისეთი ნაერთების დიპოლურ მომენტებს ( $\mu$ ), სადაც **X** შეერთებულია უჯერსა და ნაჯერ სისტემებთან. ასე მაგალითად, თუ **C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>X** და **CH<sub>3</sub>X** ნაერთებისათვის:



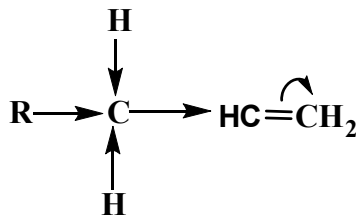
მიუთითებს, რომ ორივე ეფექტი მოქმედებს ერთი მიმართულებით.

ის ფაქტი, რომ ნიტრობენზოლის დიპოლური მომენტი მეტია ნიტრომეთანის დიპოლურ მომენტზე ნიშნავს, რომ ნიტროჯგუფს გააჩნია **-I** და **-M** ეფექტები (ე.ი. **NO<sub>2</sub>**-ის გავლენით  $\pi$ -ბმის ელექტრონები წანაცვლდება იმავე მიმართულებით, საითკენაც  $\sigma$ -ბმების ელექტრონები).

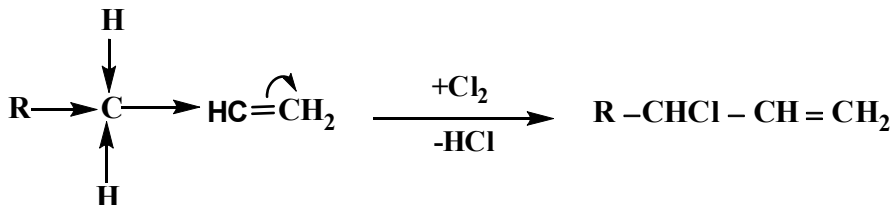
### 3.3. ზეშეუღლების ეფექტი

უჯერი ბმის შემცველ ნაერთებში მჟღავნდება ზეშეუღლების ეფექტი ანუ ჰიპერკონიუგაცია. ამ ეფექტს აგრეთვე  $\sigma$ - $\pi$  შეუღლება ეწოდება.

$\pi$ -ბმის შედარებით მაღალი პოლარიზებადობის გამო ადგილი აქვს  $\alpha$ -ნახშირბადატომის  $\sigma$  **C-H** -ბმების ელექტრონული სიმკვრივეების მონაცვლეობით გადაწევის  $\pi$ -ბმისაკენ:

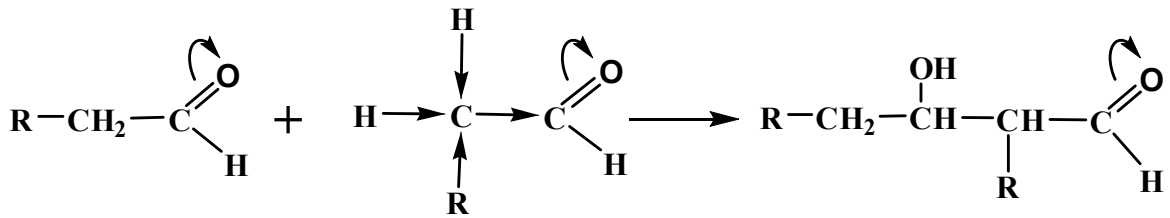


ამის გამო,  $\alpha$ -ნახშირბადატომის **C-H** ბმების ენერგია მცირდება და წყალბადატომები იძენენ ძვრადობას, რის შედეგადაც ადვილდება მათი მონაწილეობა ჩანაცვლების და მიერთების რეაქციებში:

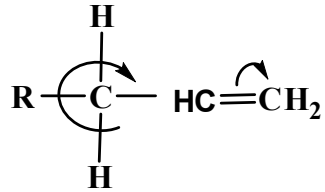


იმავე მიზეზით კარბონილური ნაერთების  $\alpha$ -ნახშირბადატომი შედის მიერთება-მოხლეჩვის (კონდენსაციის) რეაქციებში:





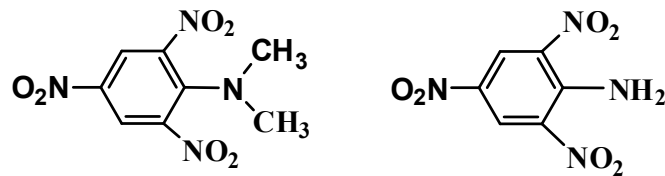
ზეშეუღლების ეფექტი სქემატურად გამოისახება ასე:



### 3.4. სივრცითი ეფექტი

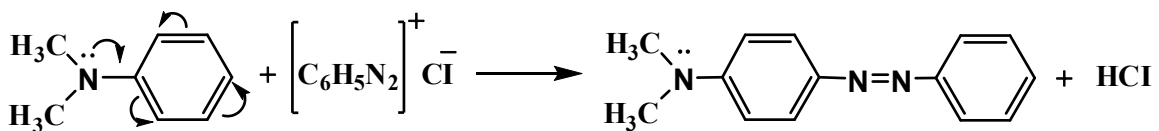
მოლეკულის ცალკეული ფრაგმენტების ზომები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მთლიანად მოლეკულის თვისებებზე. დიდი ზომის ჩამნაცვლებლების გავლენით იცვლება მოლეკულის გეომეტრია, ანუ ცალკეული ფრაგმენტების განლაგება სივრცეში. ეს ცვლილება რეაგენტების საჭირო მანძილზე მიახლოებას აბრკოლებს. გეომეტრიის შეცვლა ხშირად იწვევს მოლეკულაში ელექტრონული სიმკვრივის განაწილების შეცვლასაც (შეუძლებელი ხდება მეზომერული გავლენა), რაც ხშირად ქიმიური თვისებების ცვლილებას განაპირობებს. ასეთი ტიპის გავლენა აღინიშნება ტერმინით სივრცითი (სტერიული) ეფექტი. განვიხილოთ სივრცითი ეფექტის გამოვლინების მაგალითები.

აზოტოვანი ფუძეების სიძლიერე განისაზღვრება აზოტის თავისუფალი ელექტრონული წყვილის ლოკალიზაციით. აღმოჩნდა, რომ 2,4,6-ტრინიტრო-N,N-დიმეთილანილინი დაახლოებით 40 000-ჯერ უფრო ძლიერი ფუძეა, ვიდრე 2,4,6-ტრინიტროანილინი:



ეს აიხსნება ორი დიდი ზომის მეთილის ჯგუფების სივრცითი ურთიერთქმედებით ორი დიდი ზომის ნიტროჯგუფთან, რის შედეგადაც მეთილის ჯგუფები გამოდიან ბენზოლის ბირთვის სიბრტყიდან, რაც შეუძლებელს ხდის აზოტის ატომის თავისუფალი **p-ელექტრონული** წყვილის შეუღლებას ბენზოლის ელექტრონულ სექსტეტთან. რაც, თავის მხრივ, იწვევს ელექტრონული სიმკვრივის მნიშვნელოვნად ზრდას აზოტის ატომზე 2,4,6-ტრინიტროანილინის აზოტის ატომთან შედარებით.

შევადაროთ ერთმანეთს **N,N**-დიმეთილანილინის და **N,N,2,6**-ტეტრამეთილანილინის რეაქციის უნარიანობა აზოშეუღლების რეაქციაში. **N,N**-დიმეთილანილინი ადვილად შედის აზოშეუღლების რეაქციაში, რაც აიხსნება **N(CH3)2** ჯგუფის ძლიერი მეზომერული ეფექტით (**+M**):



რაც შეეხება **N,N,2,6**-ტეტრამეთილანილინს, იმავე პირობებში იგი არ შედის აზოშეუღლების რეაქციაში, რადგან ორი ორთო **CH<sub>3</sub>** ჯგუფის გავლენით **N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>** ფრაგმენტის მეთილის ჯგუფები გამოდის ბენზოლის ბირთვის სიბრტყიდან, რაც შეუძლებელს ხდის აზოტის ატომის თავისუფალი **p**-ელექტრონული წყვილის შეუღლებას ბენზოლის ელექტრონულ სექსტეტთან და, შესაბამისად, **N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>** ჯგუფის **+M** ეფექტს.

#### 4. რეაქციათა კლასიფიკაცია

ორგანულ ქიმიაში რეაქციების კლასიფიკაცია ხდება სხვადასხვა პრინციპის მიხედვით. თუ კლასიფიკაციის კრიტერიუმად მივიჩნევთ **რეაქტანტების** (რეაგენტების და რეაქციის პროდუქტების) რიცხვს, გვექნება რეაქციათა შემდეგი ოთხი ტიპი:

1. ჩანაცვლების რეაქციები;
2. მოხლეჩვის (ელიმინირების) რეაქციები;
3. მიერთების რეაქციები.
4. გადაჯგუფების რეაქციები.

მორეაგირენაწილაკების ბუნების მიხედვით არჩევენ შემდეგი სამი ტიპის პროცესს:

1. ჰომოლიტური ანუ რადიკალური რეაქციები;
2. ჰეტეროლიტური ანუ იონური რეაქციები, რომლებიც თავის მხრივ იყოფა: ნუკლეოფილურ და ელექტროფილურ პროცესებად;
3. მოლეკულური (პერიციკლური) რეაქციები.

რეაქციის სიჩქარის განმსაზღვრელ სტადიაში მონაწილე მოლეკულების რიცხვის მიხედვით არსებობს:

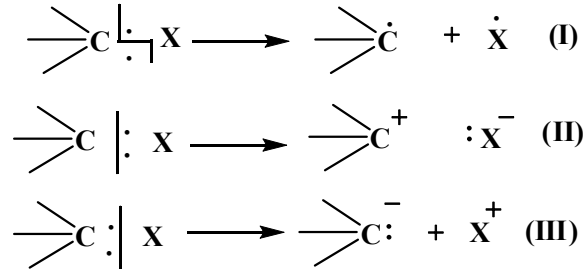
1. მონომოლეკულური რეაქციები;
2. ბიმოლეკულური რეაქციები;

უფრო მაღალი ტრი-, ტეტრა- და ა. შ. მოლეკულური რეაქციები ორგანულ ქიმიაში არ გვხვდება.

## 5. ბმის გახლეჩის ტიპები

**ინტერმედიატები: თავისუფალი რადიკალები, კარბკატიონები და კარბანიონები.**

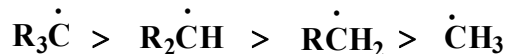
ორგანულ მოლეკულათა გარდაქმნისას შესაძლებელია ქიმიური ბმების შემდეგი სამი სახის განწყვეტა:



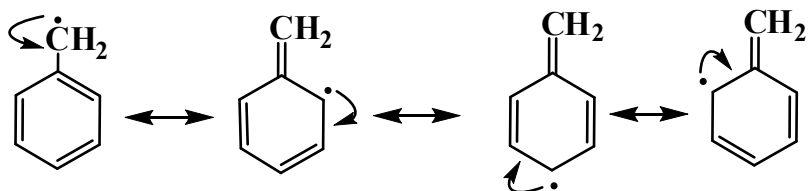
პირველ შემთხვევაში, როდესაც ხდება ბმის ჰომოლიტური გახლეჩა, შუალედური ნაწილაკი წარმოადგენს თავისუფალ რადიკალს. მეორე და მესამე შემთხვევებში, როდესაც ხდება ბმის ჰეტეროლიტური გახლეჩა, წარმოქმნება შესაბამისად - კარბკატიონი და კარბანიონი. განვიხილოთ თითოეული ტიპის ნაწილაკები.

### 5.1. თავისუფალი რადიკალები

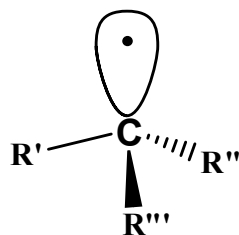
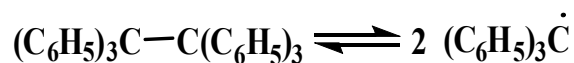
უმრავლეს შემთხვევაში, თავისუფალი რადიკალები ხასიათდება ძალზე მაღალი რეაქციის უნარიანობით, ამოტომ მათი არსებობის დრო (ზოგიერთი გამოწვევის გარდა) ძალზე მცირეა (მაგ.:  $\text{CH}_3$  რადიკალის არსებობის ხანგრძლივობა **0,006** წამია). რადიკალები მით უფრო სტაბილურია, რაც უფრო მეტადაა დელოკალიზებული თავისუფალი ელექტრონი მთელ სტრუქტურაზე. ალკილრადიკალების ფარდობითი მდგრადობა მცირდება შემდეგი მიმდევრობით:



ამგვარად, ყველაზე მდგრადია მესამეული რადიკალები. გაცილებით მდგრადებია ალილის ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\dot{\text{C}}\text{H}_2$ ) და (ბენზილის  $\text{C}_6\text{H}_5-\dot{\text{C}}\text{H}_2$ ) რადიკალები, რადგან აქ შესაძლებელია გაუნწყვილებელი ელექტრონის დელოკალიზაცია მეზობელ  $\pi$ -ორბიტალებზე. მაგ. ბენზილის რადიკალის შემთხვევაში:

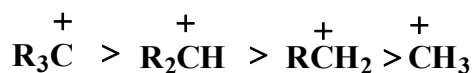


არსებობენ თავისუფალი რადიკალები, რომლებშიც დელოკალიზაციის შედეგად იმდენად სტაბილურდება, რომ არსებობს წონასწორობა ნეიტრალურ მოლეკულებსა და მათ რადიკალებად დისოცირებულ ფორმებს შორის. ასე მაგალითად, ჰექსაფენილეთანი, არაპოლარულ გამხსნელებში, ნაწილობრივ დისოცირებულია ტრიფენილმეთანის რადიკალებად:

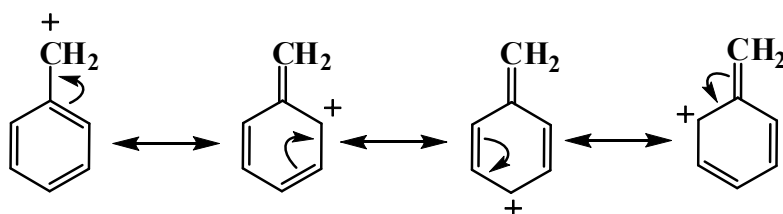
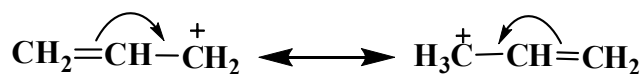


## 5.2. კარბკატიონები

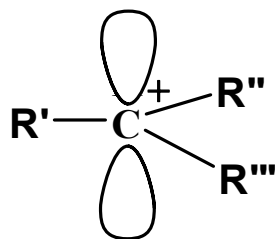
კარბკატიონები მით უფრო სტაბილურებია, რაც უფრო მეტადაა დელოკალიზებული დადებითი მუხტი მთელ სტრუქტურაზე. ალკილური კარბკატიონების ფარდობითი მდგრადობა მცირდება შემდეგი მიმდევრობით:



გაცილებით უფრო მდგრადებია ალილის და ბენზილის კარბკატიონები, რადგან აქ შესაძლებელია დადებითი მუხტის კომპენსაცია მეზობელი  $\pi$ -ელექტრონებით:



კარბკატიონი ბრტყელი აღნაგობისაა (ნახშირბადის ატომის  $sp^2$  ჰიბრიდიზაციის გამო) და გააჩნია ვაკანტური  $p$  ორბიტალი:



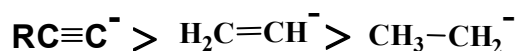
### 5.3. კარბანიონები

კარბანიონები, კარბკატიონების მსგავსად, მით უფრო სტაბილურებია, რაც უფრო სრულად ხდება ნახშირბადატმის უარყოფითი მუხტის დელოკალიზაცია. ასე მაგალითად, დელოკალიზაციის წყალობით, შედარებით სტაბილურია ტრიფენილმეთილკარბანიონი. ეს იქიდან ჩანს, რომ ტრიფენილმეთილკალიუმის ხსნარი თხევად ამიაკში ელექტრულ დენს ატარებს, რაც მიუთითებს ამ ნაერთის დისოციაციაზე:

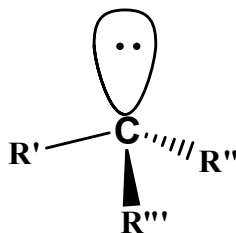


ამ კარბანიონის მდგრადობა მკვეთრად გაიზრდება, თუ ბენზოლის ბირთვების ორთო- ან პარა-წყალბადატომს შევცვლით **-M** ეფექტის მქონე ჯგუფით.

ზოგადად უნდა აღინიშნოს, რომ კარბანიონის სტაბილურობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რომელი ტიპის ჰიბრიდულ ორბიტალზეა მოთავსებული მისი გაუწყვილებელი ელექტრონი. კერძოდ, რაც უფრო მეტია **s** ორბიტალის წილი, მით უფრო მდგრადია კარბანიონი. ამგვარად, კარბანიონების სტაბილურობა მცირდება რიგში:



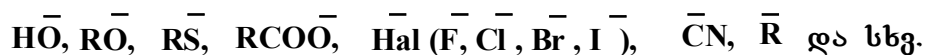
**R'R''R'''C<sup>-</sup>** კარბანიონი ტეტრაედრული აღნაგობისაა (ნახშირბადის **sp<sup>3</sup>** ჰიბრიდიზაციის გამო):



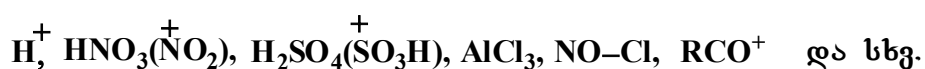
## 6. რეაგენტების კლასიფიკაცია

რეაგენტები იყოფა ორ ძირითად კლასად: ნუკლეოფილური და ელექტროფილური.

**ნუკლეოფილური რეაგენტები** ანუ ნუკლეოფილები ეწოდება ისეთ სისტემებს (ნეიტრალურ ან უარყოფითად დამუხტულ ნაწილაკებს), რომლებიც სუბსტრატს (მორეაგირე ნივთიერებას) უტევენ დაბალი ელექტრონული სიმკვრივის ცენტრზე (ფორმალურად დადებით მუხტზე). ყველაზე გავრცელებული ნუკლეოფილებია:



**ელექტროფილური რეაგენტები** ანუ ელექტროფილები ეწოდება ისეთ სისტემებს (ნეიტრალურს ან დადებითად დამუხტულ ნაწილაკებს), რომლებიც სუბსტრატს (მორეაგირე ნივთიერებას) უტევენ მაღალი ელექტრონული სიმკვრივის ცენტრზე (ფორმალურად უარყოფით მუხტზე). ყველაზე გავრცელებული ელექტროფილებია:



## 7. ნაჯერი ნახშირწყალბადები (ალკანები, პარაფინები)

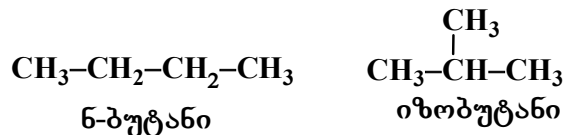
ნაჯერი ნახშირწყალბადების ჰომოლოგიური რიგის ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n+2}$ . ქვემოთ მოყვანილია ალკანების ჰომოლოგიური რიგის ზოგიერთი წარმომადგენელი და მათი სახელწოდება:

$CH_4$	მეთანი	$C_{11}H_{24}$	უნდეკანი
$C_2H_6$	ეთანი	$C_{12}H_{26}$	დოდეკანი
$C_3H_8$	პროპანი	$C_{13}H_{28}$	ტრიდეკანი
$C_4H_{10}$	ბუტანი	$C_{14}H_{30}$	ტეტრადეკანი
$C_5H_{12}$	პენტანი	$C_{20}H_{42}$	ეიკოზანი
$C_6H_{14}$	ჰექსანი	$C_{30}H_{62}$	ტრიაკონტანი
$C_7H_{16}$	ჰეპტანი	$C_{50}H_{102}$	პენტაკონტანი
$C_8H_{18}$	ოქტანი	$C_{100}H_{202}$	ჰექტანი
$C_9H_{20}$	ნონანი		
$C_{10}H_{22}$	დეკანი		

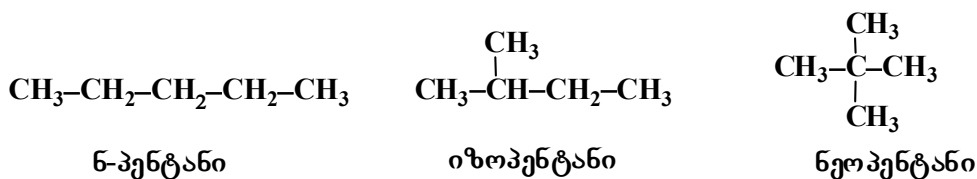
ქიმიური აღნაგობის თეორიიდან გამომდინარე ერთნაირი მოლეკულური შედგენილობის ნაერთებში შესაძლებელია ატომთა შეერთების თანმიმდევრობა განსხვავებული იყოს. მაშინ მათი თვისებებიც განსხვავებული იქნება.

ორგანულ ნივთიერებებს, რომელთაც აქვთ ერთნაირი შედგენილობა, ერთი და იგივე მოლეკულური ფორმულა, მაგრამ განსხვავებული აღნაგობა და აქედან გამომდინარე განსხვავებული თვისებები, **იზომერები** ეწოდება

ალკანებში გვხვდება იზომერიის ერთი ტიპი - ნახშირბადატომთა **ჩონჩხის (ჯაჭვის) იზომერია**. იზომერია იწყება ბუტანიდან, რომელიც არსებობს ორი იზომერის სახით:



პენტანს გააჩნია სამი იზომერი:



ყოველ შემდგომ ჰომოლოგზე გადასლისას, იზომერების რიცხვი სწრაფად იზრდება. ასე მაგალითად, ოქტანს გააჩნია **18** იზომერი, დეკანს  $C_{10}H_{22}$  - **75**, ხოლო ჰექტანის  $C_{100}H_{202}$  იზომერების რიცხვი  **$>7 \cdot 10^{38}$** -ზე (ამ მოვლენას მათემატიკურ ქიმიში კომბინატორულ აფეთქებას უწოდებენ).

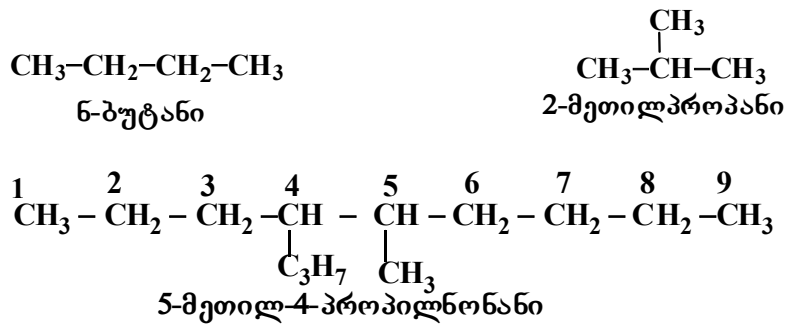
ნაჯერ ნახშირწყალბადებში ნახშირბადატომები იმყოფება  $sp^3$  ჰიბრიდულ მდგომარეობაში და მათ ახასიათებთ შემდეგი ნიშნები: 1. აღნაგობა - სივრცითი, ტეტრაედრული; 2. ბმებს შორის სავალენტო კუთხე -  $109^\circ 28'$ ; 3. **C-C** ბმის სიგრძე - **0.154 ნმ**; 4. **C-C** ბმის ენერგია **350 ჯკ/მოლი**. ნაჯერ ნახშირწყალბადებს ( $sp^3$  ჰიბრიდიზაციის გამო) ზიგზაგისებური აღნაგობა გააჩნიათ.

**ნაჯერი ნახშირწყალბადების პირველ ოთხ ნევრს აქვს** ტრივიალური სახელწოდება: მეთანი, ეთანი, პროპანი, ბუტანი. შემდეგ ნორმალური აღნაგობის ჰომოლოგების სახელწოდება წარმოადგენს ბერძნულ ან ლათინურ რიცხვით სახელს მოლეკულაში შემავალი ნახშირბადატომების რიცხვის მიხედვით. განშტოებული აღნაგობის ალკანების დასახელება

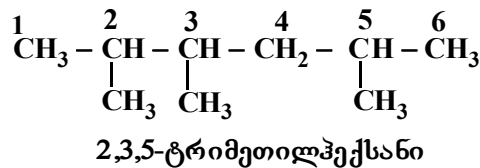


ხდება ქიმიის საერთაშორისო კავშირის - **IUPAC**-ის მიერ დადგენილი საერთაშორისო ნომენკლატურით, რომლის წესები შემდეგია (იხილე დანართი):

1. უნდა შეირჩეს ნახშირწყალბადის ძირითადი ჯაჭვი, რომელიც ყველაზე მეტ ნახშირბადატომს და ამავე დროს ყველაზე მეტ ჩამნაცვლებელს შეიცავს.
2. ძირითადი ჯაჭვის ნახშირბადატომები ინომრება არაბული ციფრებით (ლოკანტებით) იმ ბოლოდან, რომელთანაც უფრო ახლოა განშტოება.
3. დაასახელებენ იმ ლოკანტებს, სადაც განშტოებაა და ასახელებენ შესაბამის ჩანაცვლებულ რადიკალებს ინგლისური ანბანის მიხედვით. ერთნაირი რადიკალების შემთხვევაში მათი სახელწოდების წინ მათი რიცხვის მიხედვით ინერება პრეფიქსი დი (ორი), ტრი (სამი), ტეტრა (ოთხი) და ა.შ. თუ ერთ ნახშირბადატომთან დგას ორი რადიკალი, მაშინ სახელწოდებაში ლოკანტი ორჯერ მეორდება.
4. ბოლოს დაასახელებენ ძირითადი ჯაჭვის ნახშირწყალბადს.

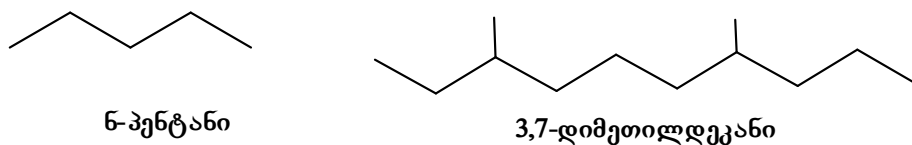


უფრო რთულ შემთხვევებში, ნუმერაციის დასაწყისს განსაზღვრავს ლოკანტების ჯამის პრინციპი:

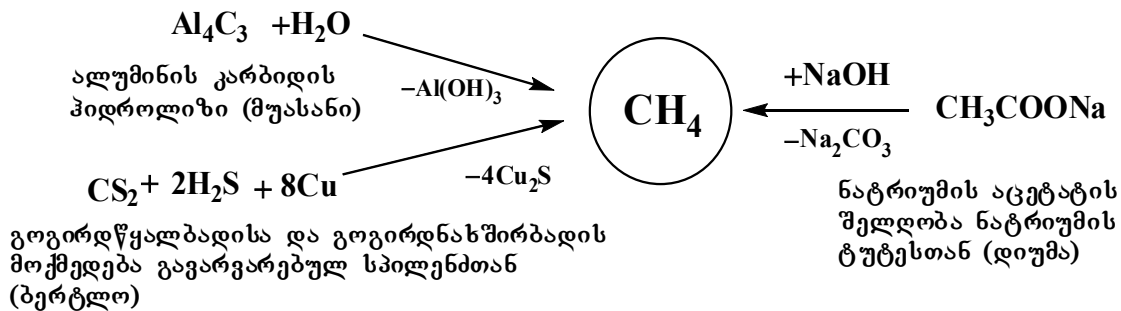


(ამ შემთხვევაში ლოკანტების ჯამი ტოლია:  $2+3+5=10$ ; ნუმერაცია მარჯვნიდან რომ დაგვეწყოს, ლოკანტების ჯამი მეტი გამოვიდოდა:  $2+4+5=11$ ).

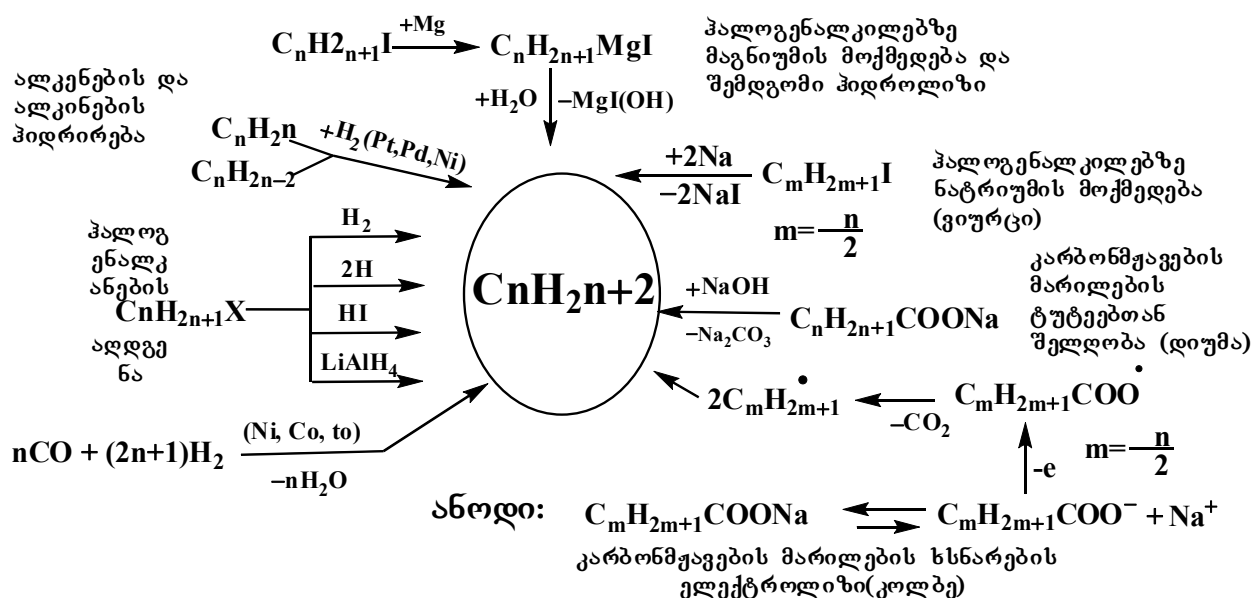
ბოლო წლებში სტრუქტურულ ფორმულებში აღარ წერენ ნახშირბადისა და წყალბადის სიმბოლოებს და ფორმულებს ასე გამოსახავენ:



**მილების მეთოდები.** სქემა 1-ზე მოცემულია მეთანის მილების მეთოდები, ხოლო სქემა 2-ზე ნაჯერი ნახშირწყალბადების მილების ზოგადი მეთოდები.



\* აქ და ყველა სქემაზე "+" ნიშნით აღინიშნება რეაგენტი; "-" ნიშნით - თანამდე პროდუქტი

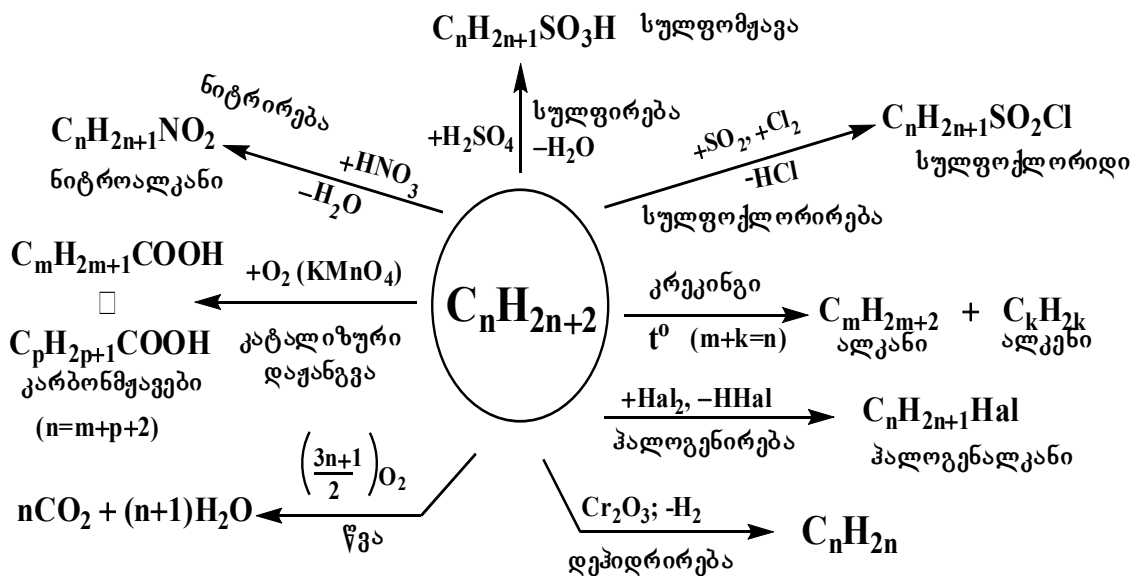


**ფიზიკური თვისებები**

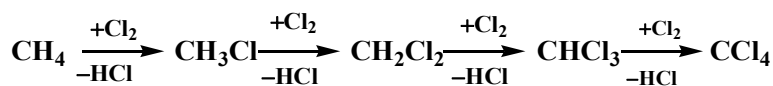
ალკანები უფერო, წყალში უხსნადი ნივთიერებებია. ჰომოლოგიური რიგის პირველი ოთხი წევრი აირია,  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  –  $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ -მდე სითხეებია, უმაღლესი წევრები კი - მყარი ნივთიერებები. მათი სიმკვრივე  $1\text{გ/ს}^3$ -ზე ნაკლებია. აირადი და მყარი ალკანები უსუნოა, თხევადებს ახასიეთებთ ნავთის სპეციფიკური სუნი. ალკანები ძირითადად ნავთობსა და ბუნებრივ აირებში გვხვდება.

**ქიმიური თვისებები**

ალკანებისათვის დამახასიათებელია დაჟანგვის (მათ შორის წვის), კრეკინგის, ჩანაცვლებისა და იზომერიზაციის რეაქციები (სქემა 3).

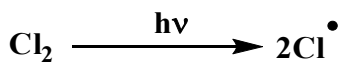


ჰალოგენირება

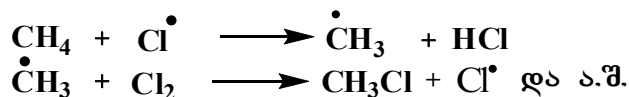


**მექანიზმი:** მეთანის ქლორირება მიმდინარეობს ჯაჭვურ-რადიკალური მექანიზმით, რომელიც სამი სტადიისაგან შედგება:

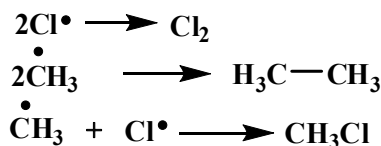
I. ჯაჭვის წარმოქმნა (ინიცირება)



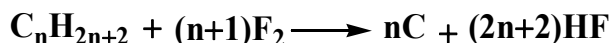
II. ჯაჭვის ზრდა (გადაცემა)



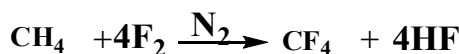
III. ჯაჭვის განყვეტა



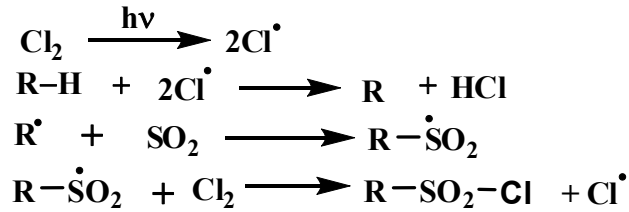
ალკანების უშუალოდ ფთორთან ურთიერთქმედებისას ხდება C-C ბმის გახლეჩა:



ხოლო აზოტის არეში მიმდინარეობს სრული ფთორირება:



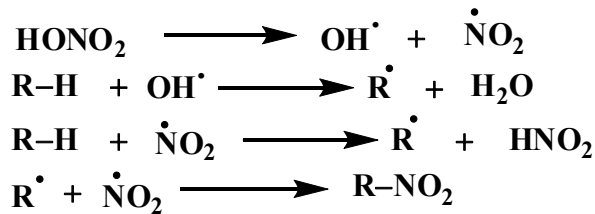
ანალოგიურად - ჯაჭვურ-რადიკალური მექანიზმით მიმდინარეობს **სულფოქლორირება**:



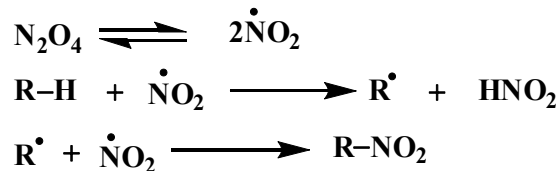
**ნიტრირება** შეიძლება ჩატარდეს როგორც თხევად, ისე აირად ფაზებში. თხევად ფაზაში ნიტრირებისათვის ძირითადად გამოიყენება განზავებული აზოტმჟავა (12-20%) 100--150°C-ზე მაღალი წნევის პირობებში. ჩანაცვლება ყველაზე ადვილად მიდის მესამეულ ნახშირბადატომთან და ძნელდება რიგში: **მესამეული > მეორეული > პირველადი**.

აირად ფაზაში ნიტრირებას ატარებენ კონცენტრირებული აზოტმჟავით ან **NO<sub>2</sub>**-სა და **N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>**-ის ნარევით 350-400°C -ზე. ამ რეაქციების მექანიზმიც ჯაჭვურ-რადიკალურია.

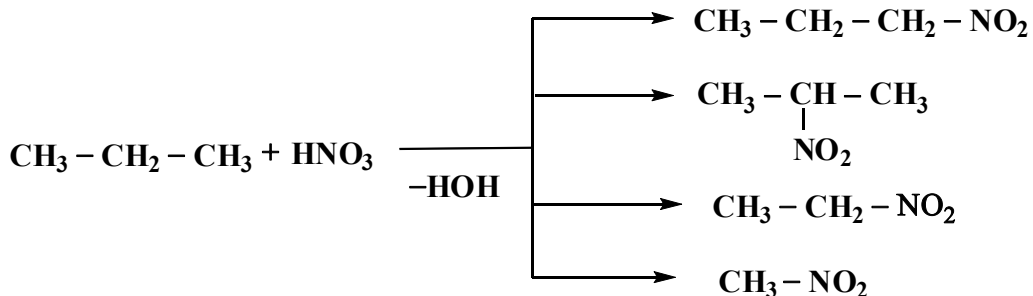
**ნიტრირება** აზოტმჟავით:



**ნიტრირება** აზოტის ოქსიდებით:

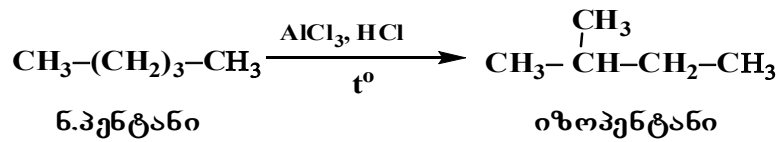


ამ პროცესებს თან სდევს ნახშირბადოვანი ჩონჩხის დესტრუქცია (დესტრუქციული ნიტრირება) და დაჟანგვა. ამიტომ მიიღება დაბალი რიგის ნიტრონაერთებიც და დაჟანგვის პროდუქტებიც. ასე მაგალითად, პროპანის ნიტრირებით მიიღება 1-ნიტროპროპანი, 2-ნიტროპროპანი, ნიტროეთანი, ნიტრომეთანი და სხვ.

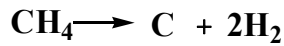


ნაჯერი ნახშირწყალბადების სხვა თვისებებიდან, სამრეწველო თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი თვისებებია **იზომერიზაცია და კრეკინგი**:

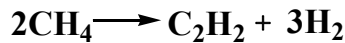
**იზომერიზაცია** კატალიზური პროცესია (ალუმინის ქლორიდი და მსგავსი მარილები). საუკეთესო კატალიზატორებია ალუმოსილიკატები, მათ შორის ცეოლიტები:



**კრეკინგი** არის ნახშირწყალბადების დაშლა. ამ დროს ძირითადად ალკანები და ალკენები მიიღება. 1000<sup>0</sup>-ზე მაღალ ტემპერატურაზე ყველა ნაჯერი ნახშირწყალბადი იშლება ნახშირბადად და წყალბადად. მაგალითად, მეთანის სრული კრეკინგის შედეგად მიიღება ნახშირბადი და წყალბადი:

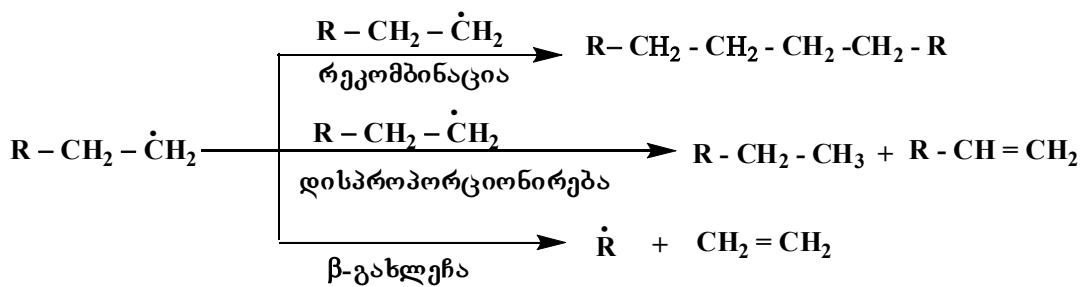


არასრული კრეკინგის შედეგად კი აცეტილენი და წყალბადი მიიღება:



არსებობს თერმიული და კატალიზური კრეკინგი. თერმიული კრეკინგი რადიკალური პროცესია, ხოლო კატალიზური - იონური.

კატალიზური კრეკინგის დროს ადგილი აქვს ჩონჩხის იზომერიზაციასაც და მიიღება იზოაგებულების (განშტოებული) ნახშირწყალბადები. თერმიული კრეკინგის პროცესში უჯერი ნახშირწყალბადები მიიღება უფრო მეტი რაოდენობით, რადგან ამ დროს დისპროპორციონირებასთან ერთად მიმდინარეობს β-დაშლა (β-გახლეჩა):



### გამოყენება

ალკანები ძირითადად გამოიყენება საწვავ-საპოხ მასალებად და ნედლეულად ორგანულ სინთეზში - სხვა ნაერთების მისაღებად. მეთანი ბუნებრივი აირის ძირითადი შემადგენელი კომპონენტია, გამოიყენება საწვავად ყოფაცხოვრებასა და მრეწველობაში, აგრეთვე, აცეტილენის, ნახშირბადის (მური), წყალბადის, ჰალოგენნარმების და სხვ. მისაღებად; პროპანი და ბუტანი გამოიყენება საწვავად (თხევადი აირი); ეთანი, პროპანი, ბუტანი, იზობუტანი, პენტანი და იზოპენტანი გამოიყენება შესაბამისი ალკენების მისაღებად - პოლიმერებისა და რეზინების წარმოებაში. თხევადი ნახშირწყალბადები გამოიყენება საწვავად (ბენზინი, ნავთი და სხვ.) შიგანვის ძრავებში და სხვ.

## 8. ეთილენური ნახშირწყალბადები (ალკენები, ოლფინები)

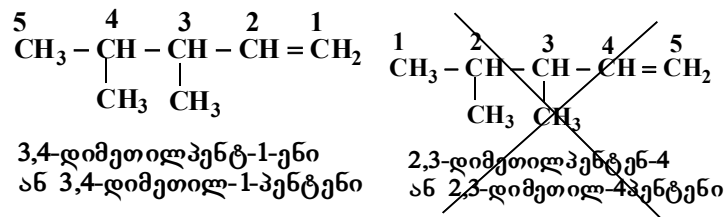
ეთილენური რიგის ნახშირწყალბადების (ალკენები, ოლფინები) ჰომოლოგიური რიგის ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n}$ . ქვემოთ მოყვანილია ალკენების ჰომოლოგიური რიგის პირველი ოთხი წარმომადგენელი და მათი სახელწოდება:

**$C_2H_4$  ეთენი, ეთილენი**  
 **$C_3H_6$  პროპენი, პროპილენი**  
 **$C_4H_8$  ბუტენი, ბუტილენი**  
 **$C_5H_{10}$  პენტენი, ამილენი**

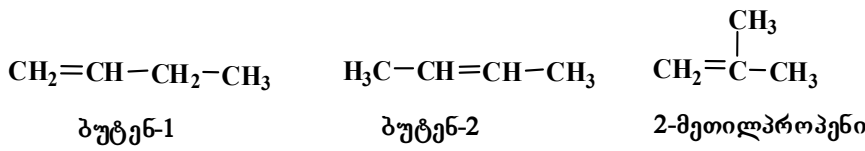
ალკენები შეიცავენ ერთ ორმაგ **C=C** ბმას. **C=C** ბმაში მონაწილე ნახშირბადატომები  $sp^2$  ჰიბრიდულ მდგომარეობაშია. ამ ბმაში მონაწილე ნახშირბადატომები და მათთან დაკავშირებული ყველა ატომი ერთ სიბრტყეში თავსდება. მოლეკულის ეს უბანი ბრტყელია (კოპლანარულია); **C=C** ბმის ენერგია - 620 კჯ/მოლი; ბმებს შორის სავალენტო კუთხე -  $120^\circ$ ; სიგრძე - 0.134 ნმ;

ეთილენური ნახშირწყალბადების სახელები ინარმოება შესაბამისი ალკანების სახელების მსგავსად.

ძირითადი ჯაჭვის ნახშირბადატომები ინომრება იმ ბოლოდან, რომელთანაც უფრო ახლოსაა ჯერადი ბმა. ძირითადი ჯაჭვის ნახშირწყალბადის სახელში „ან“ დაბოლოება იცვლება „ენ“ დაბოლოებით.

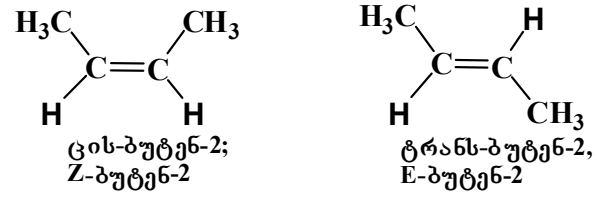


ალკენებში გვხვდება იზომერიის სამი ტიპი: ჯაჭვის იზომერია, ორმაგი ბმის მდებარეობის იზომერია და გეომეტრიული იზომერია. ამასთან, სამივე იწყება ბუტენიდან:

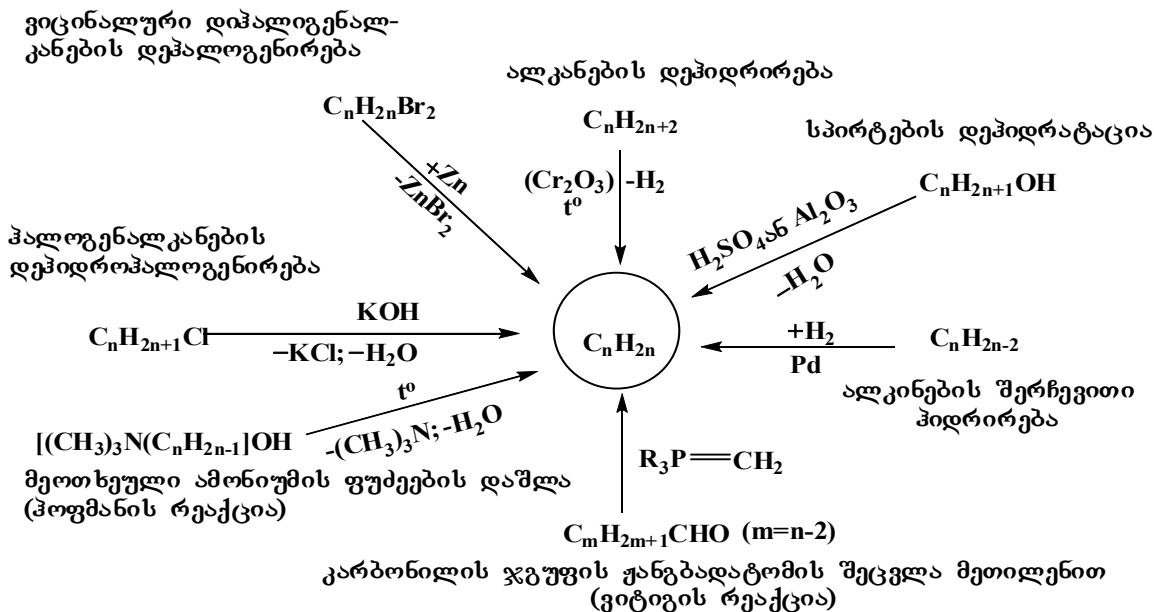


ბუტენ-1 და ბუტენ-2 ერთმანეთისაგან განსხვავდება ორმაგი ბმის მდებარეობით ძირითად ჯაჭვში (ამ ტიპის იზომერიას ფუნქციური ჯგუფის მდებარეობის იზომერია ეწოდება); მესამე იზომერის არსებობა გამოწვეულია ჩონჩხის განშტოებით.

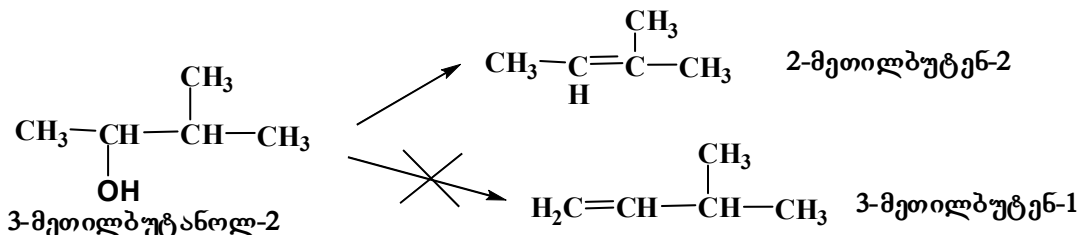
ბუტენ-2 არსებობს ორი იზომერის სახით, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ჩამნაცვლებლების განლაგებით ორმაგი ბმის სიბრტყის მიმართ:



ამ ტიპის იზომერიას გეომეტრიული იზომერია ეწოდება. ეს გაპირობებულია იმით, რომ შეუძლებელია თავისუფალი ბრუნვა **C=C** ბმის გარშემო (ამ დროს მოხდებოდა  $\pi$ -ბმის განწყვეტა).



დეჰიდრატაცია და დეჰიდროჰალოგენირება მიმდინარეობს ზაიცევის წესით - წყალბადატომი წყდება ნაკლებად ჰიდროგენიზებული ნახშირბადატომიდან, რის შედეგადაც მიიღება უფრო მდგრადი ალკენი:



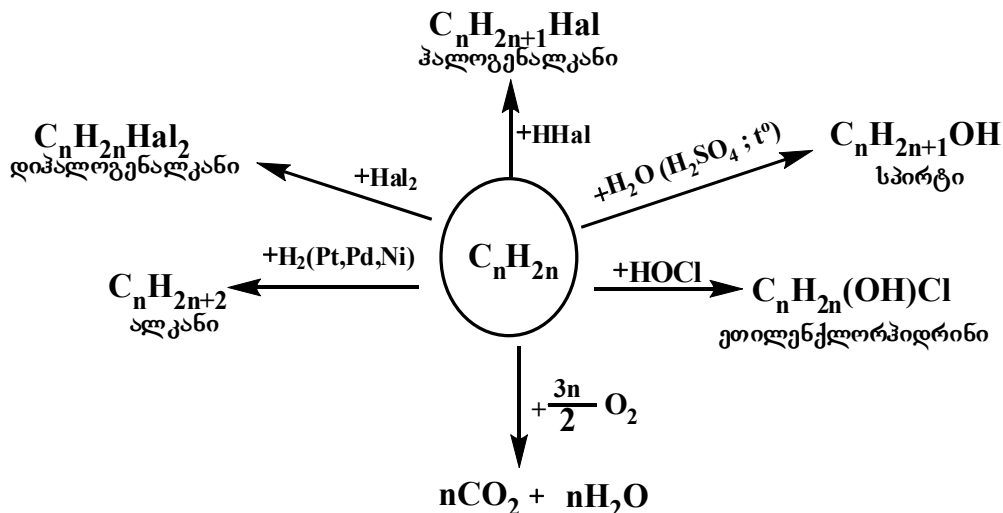
2-მეთილბუტენ-2 გაცილებით მდგრადია 3-მეთილბუტენ-1-თან შედარებით. 2-მეთილბუტენ-2-ის **C=C** ბმა გაცილებით სტაბილურია მეზობელი ჯგუფების ცხრა **C-H** ბმასთან ზეშეუღლების (ჰიპერკონიუგაციის) გამო. 3-მეთილბუტენ-1-ის **C=C** ბმა ზეშეუღლებაში მონაწილეს მხოლოდ ერთ **C-H** ბმასთან.

**ფიზიკური თვისებები**

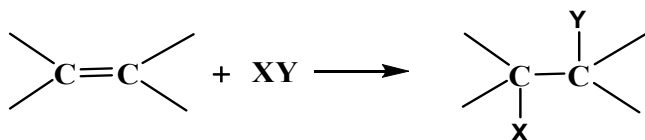
ალკენები უფერო ნივთიერებებია. პირველი სამი წევრი აირებია,  $C_5H_{10} - C_{16}H_{32}$  სითხეებია, უმაღლესი წევრები კი - მყარი ნივთიერებები. მათი სიმკვრივე  $1g/cm^3$ -ზე ნაკლებია. კარგად იხსნებიან ზოგიერთი მძიმე მეტალის მარილების ხსნარებში.

**ქიმიური თვისებები**

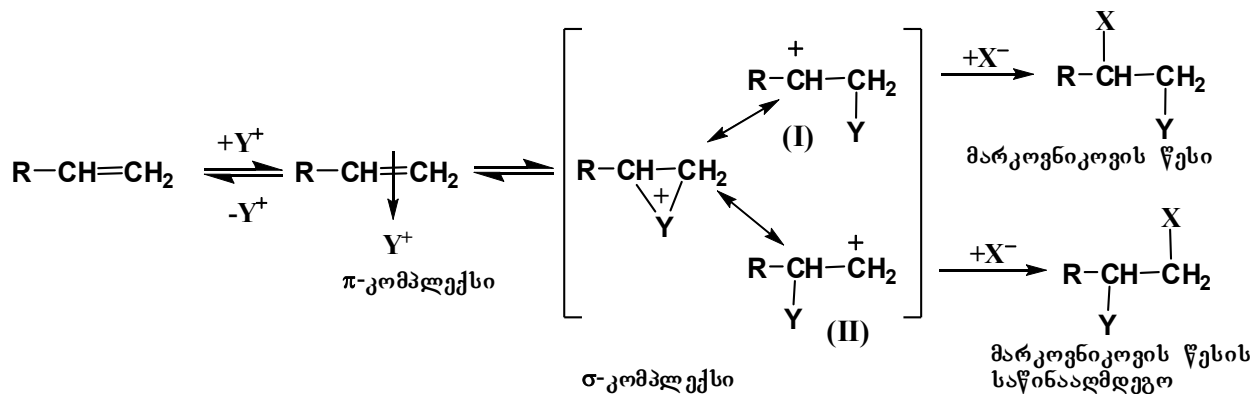
ალკენებისათვის დამახასიათებელია მიერთების, წვის, დაჟანგვის, იზომერიზაციის და პოლიმერიზაციის რეაქციები.



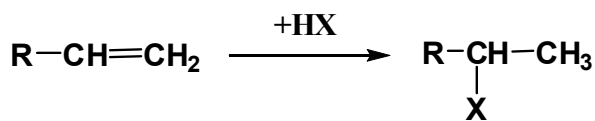
მიერთების რეაქციები წარმართება სქემით:



ალკენებისთვის ძირითადად დამახასიათებელია ელექტროფილური მიერთება, რომელიც მიმდინარეობს რამდენიმე სტადიად: პირველ სტადიაზე წარმოიქმნება π-კომპლექსი, რომელიც მეორე სტადიაზე გარდაიქმნება σ-კომპლექსად. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს სამი რაზონანსული ფორმის ჰიბრიდს - ორი კარბკატიონის (ლოკალიზებული მუხტით) და ერთი სამწევრიანი ციკლის (დელოკალიზებული მუხტით). მესამე საფეხურზე ხდება ნუკლეოფილის მიერთება



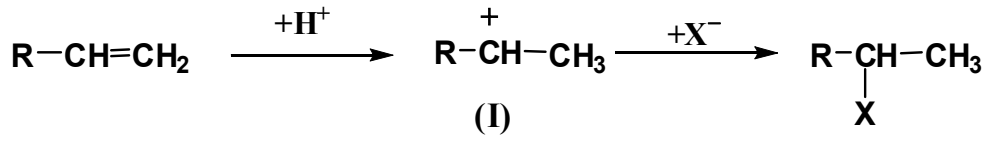
ასიმეტრიულ ალკენებზე HX-ის მიერთება ხდება მარკოვნიკოვის წესით: წყალბადის ატომი უერთდება მეტად ჰიდროგენიზირებულ ნახშირბადატომს:



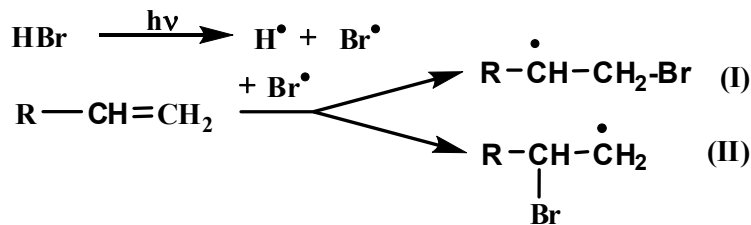
მარკოვნიკოვის წესის ახსნა შეიძლება ელექტროფილური მიერთების რეაქციის მექანიზმის მიხედვით. σ-კომპლექსის შემადგენელი ორი ალტერნატიული (I და II) კარბკატიონის სტაბილურობის შედარებით. რადგან ალკილის ჯგუფებს გააჩნიათ დადებითი ინდუქციური ეფექტი,



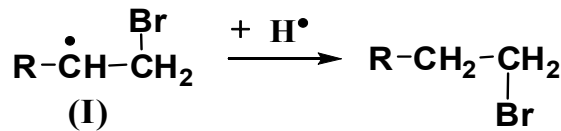
მათი რიცხვის გაზრდა ხელს უწყობს კარბკატიონის სტაბილიზაციას. აქ გასათვალისწინებელია აგრეთვე გაცილებით მეტ **C-H** ბმებთან ზეშეუღლების ეფექტიც. აქედან გამომდინარე, უფრო სტაბილური იქნება (I) კარბკატიონი და რეაქციაც ძირითადად მისი წარმოქმნის მიმართულებით წარიმართება:



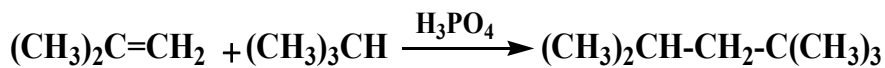
**HBr**-ის მიერთება მიდის თავისუფალ-რადიკალური მექანიზმით და მარკოვნიკოვის წესის სანინალმდეგოდ: სინათლის ქვანტის მოქმედებით **HBr**-ის მოლეკულა ადვილად დისოცირდება ბრომის და წყალბადის ატომების რადიკალების წარმოქმნით (ჰომოლიტური დისოციაცია). ალკენთან რეაქციას იწყებს უფრო აქტიური ბრომის რადიკალი. მისი მიერთების შედეგად შესაძლებელია ორი ახალი თავისუფალი რადიკალის (I და II) წარმოქმნა. მათგან, (I) კარბკატიონის მსგავსად, უფრო სტაბილურია (I) თავისუფალი რადიკალი მეტი ალკილის ჯგუფების დადებითი ინდუქციური და მეტ **C-H** ბმებთან ზეშეუღლების ეფექტების გამო.



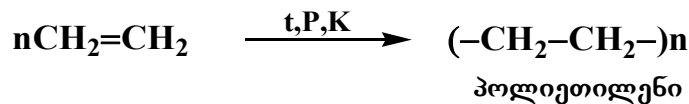
რეაქციაც ძირითადად მისი წარმოქმნის მიმართულებით და, შესაბამისად, მარკოვნიკოვის წესის სანინალმდეგოდ წარიმართება:



ალკილირება

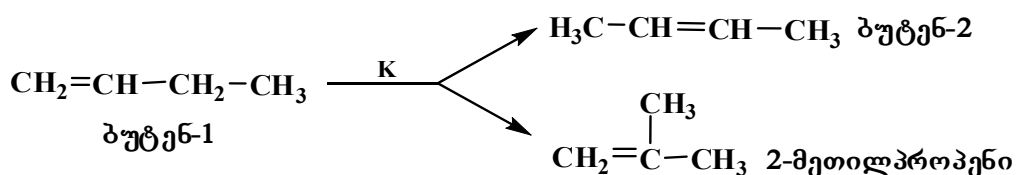


პოლიმერიზაცია



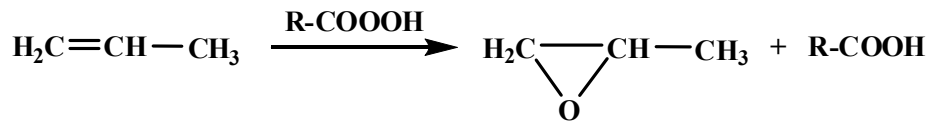
**CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>** არის მონომერი, **(-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-)<sub>n</sub>** - პოლიმერი, **(-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-)** სტრუქტურული რგოლი, **n** - პოლიმერიზაციის ხარისხი.

იზომერიზაცია

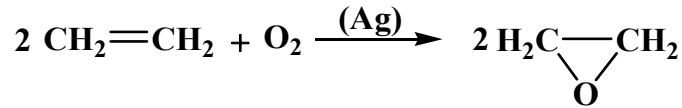


**დაჟანგვა**

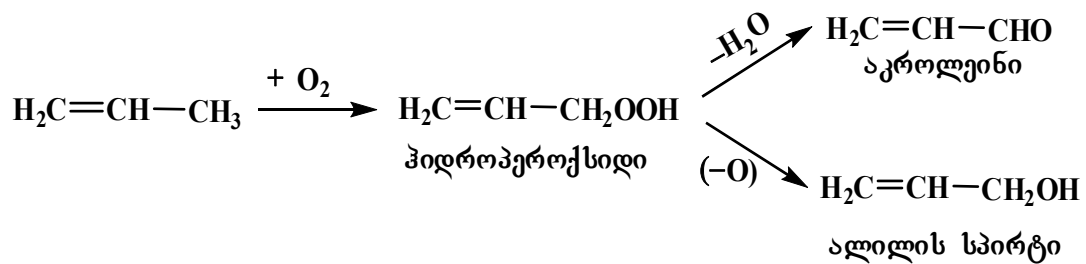
ა. დაჟანგვა ორგანული ზემოაღნიშნულით (პრილეჟაების რეაქცია):



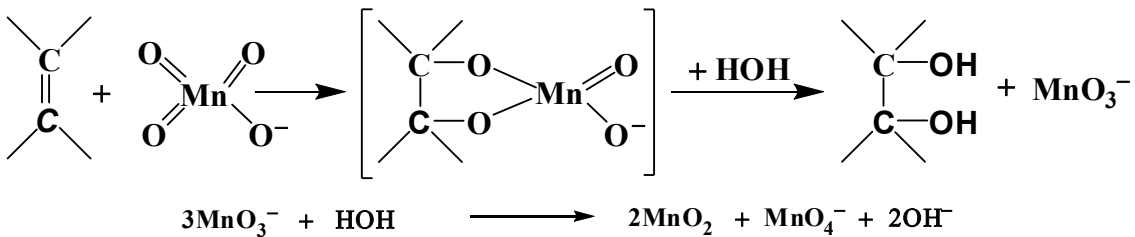
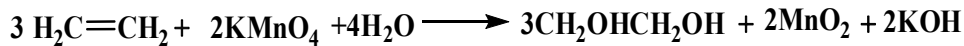
ბ. დაჟანგვა ჰაერის ჟანგბადით ვერცხლის კატალიზატორზე:



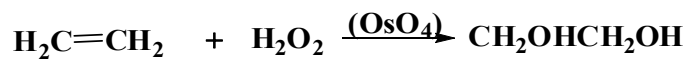
გ. დაჟანგვა ჰაერის ჟანგბადით უკატალიზატოროდ:



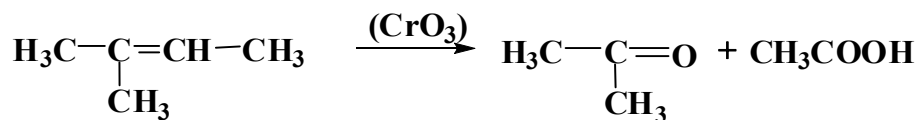
დ. დაჟანგვა კალიუმის პერმანგანატის განზავებული ხსნარით (ვაგნერის რეაქცია):



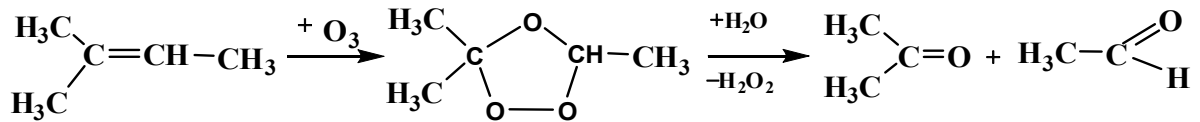
ე. დაჟანგვა ნყალბადის პეროქსიდით კატალიზატორის თანდასწრებით:



ვ. დაჟანგვა ძლიერი დამჟანგველების ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{CrO}_3$ ) კონცენტრირებული ხსნარებით:



ზ. ოზონით დაჟანგვა - ოზონირება (ჰარიესის რეაქცია):



ბოლო ორი რეაქცია გამოიყენება ალკენების აგებულების დასადგენად, აგრეთვე ოქსონაერთების მისაღებად.

**გამოყენება:** ეთილენი - პოლიმერების (პოლიეთილენი, პოლიქლორვინილი), გამხსნელების (ეთანოლი, დიქლორეთანი) და მთელი რიგი სხვა მნიშვნელოვანი ორგანული ნაერთის მისაღებად გამოიყენება, პროპენი - იზოპროპილის სპირტის და პოლიპროპილენის, ბუტენები - ზოგიერთი პოლიმერის და ბენზინის ადვილად აქროლადი კომპონენტის, პენტენები - კაუჩუკის მისაღებად და ა.შ.

## 9. აცეტილენური ნახშირწყალბადები (ალკინები)

აცეტილენური რიგის ნახშირწყალბადების ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n-2}$ . ქვემოთ მოყვანილია ალკინების ჰომოლოგიური რიგის პირველი ოთხი წარმომადგენელი. ალკინების სახელწოდებაში დაბოლოება „ანი“ იცვლება „ინი“-თ

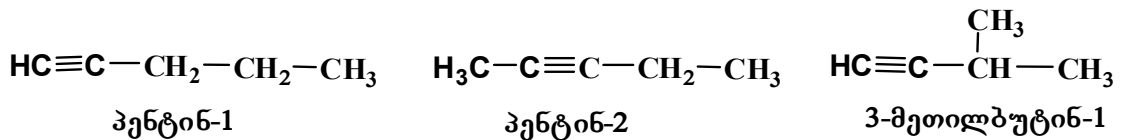
$C_2H_2$  აცეტილენი, ეთინი;

$C_4H_6$  ბუტინი

$C_3H_4$  მეთილაცეტილენი, პროპინი;

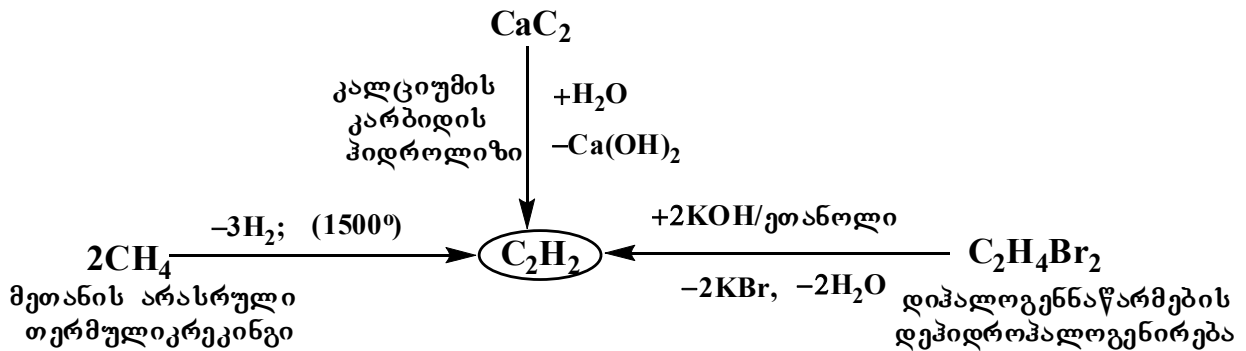
$C_5H_8$  პენტინი

ალკინები შეიცავენ ერთ სამმაგ  $C\equiv C$  ბმას.  $C\equiv C$  ბმაში მონაწილე ნახშირბადატომები  $sp$  ჰიბრიდულ მდგომარეობაშია. ამ ბმაში მონაწილე ნახშირბადატომები და მათთან დაკავშირებული ორი ატომი ერთ წრფეზე თავსდება. მოლეკულის ეს უბანი წრფივია;  $C\equiv C$  ბმის ენერგია - 810 კჯ/მოლი; სავალენტო კუთხე -  $180^\circ$ ; სიგრძე - 0.120 ნმ; აქვე აღვნიშნავთ, რომ ჰიბრიდიზაციის მიხედვით ნახშირბადის ელექტროუარყოფითობა იცვლება შემდეგი თანმიმდევრობით:  $sp$  (2.75) >  $sp^2$  (2.69) >  $sp^3$  (2.50). ე.ი.  $C-H$  ბმა ყველაზე მეტად პოლარულია აცეტილენში, რაც იწვევს წყალბადატომის მჟავური ბუნების გაზრდას - აცეტილენი წარმოადგენს ე.წ.  $CH$  მჟავას.  $CH$  მჟავები მიეკუთვნება ძალზე სუსტ მჟავებს - მათი  $pKa > 17$ . ეთანის  $pKa$  50-ის ტოლია, ეთილენის - 44, ხოლო აცეტილენის - 25. ალკინებში გვხვდება იზომერიის ორი ტიპი: ჯაჭვის იზომერია და სამმაგი ბმის მდებარეობის იზომერია. პენტინს გააჩნია სამი იზომერი:

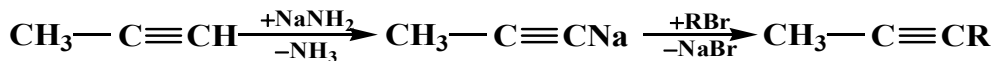


პენტინ-1 და პენტინ-2 ერთმანეთისაგან განსხვავდება სამმაგი ბმის მდებარეობით; მესამე იზომერი - კი განშტოებული ჩონჩხით.

სქემა 6



აცეტილენის ჰომოლოგები მიიღება აცეტილენიდების (აცეტილენის მეტალური ნაწარმები) ალკილირებით:

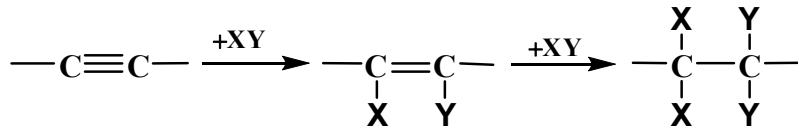


### ფიზიკური თვისებები

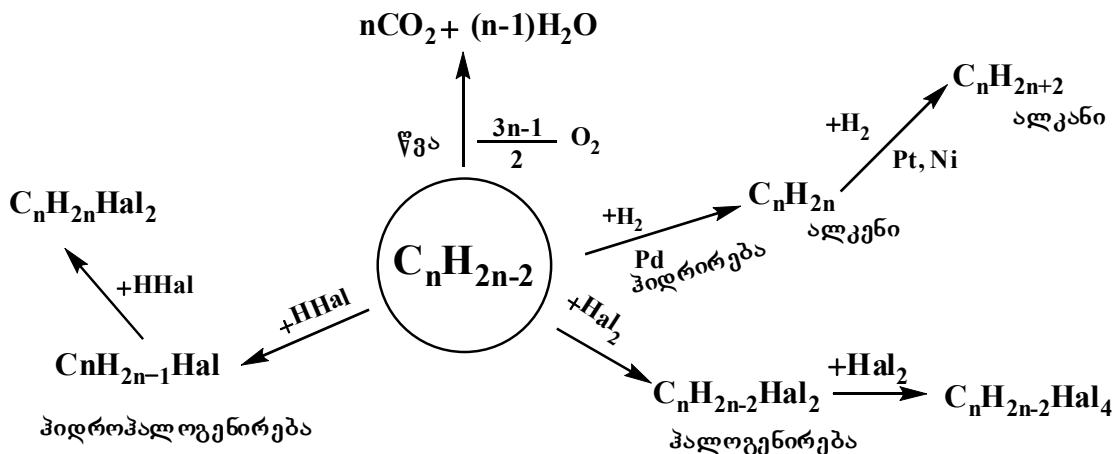
ალკინები უფერო ნივთიერებებია. პირველი სამი წევრი აირია,  $C_5H_8$ -დან  $C_{16}H_{30}$ -მდე სითხეები, მათი სიმკვრივე  $1\text{გ/სმ}^3$  ნაკლებია. უმაღლესი წევრები მყარი ნივთიერებებია.

### ქიმიური თვისებები

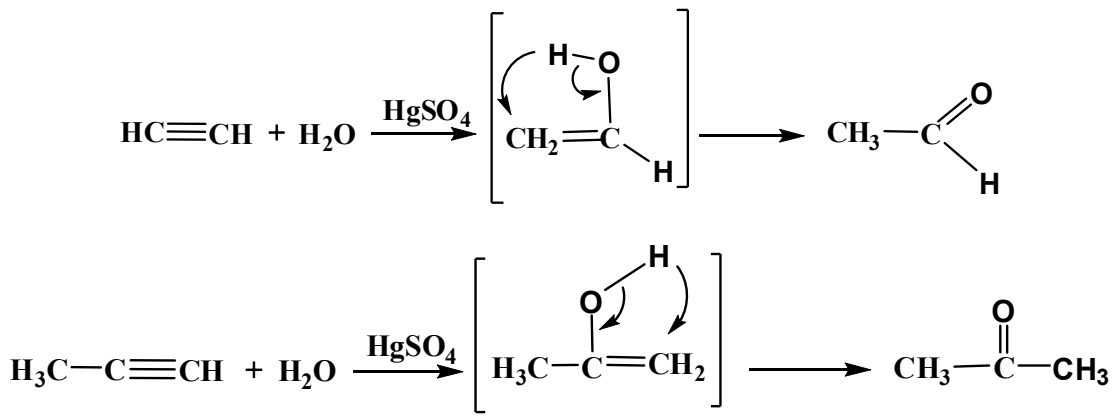
ალკინებისათვის დამახასიათებელია მიერთების, ჩანაცვლების, დაჟანგვის, იზომერიზაციის და პოლიმერიზაციის რეაქციები. აღსანიშნავია, რომ ელექტროფილური მიერთების რეაქციები მიმდინარეობს უფრო ნელა, ვიდრე ალკენებში და უმრავლეს შემთხვევაში წარიმართება ორ ეტაპად:



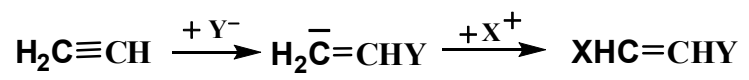
სქემა 7



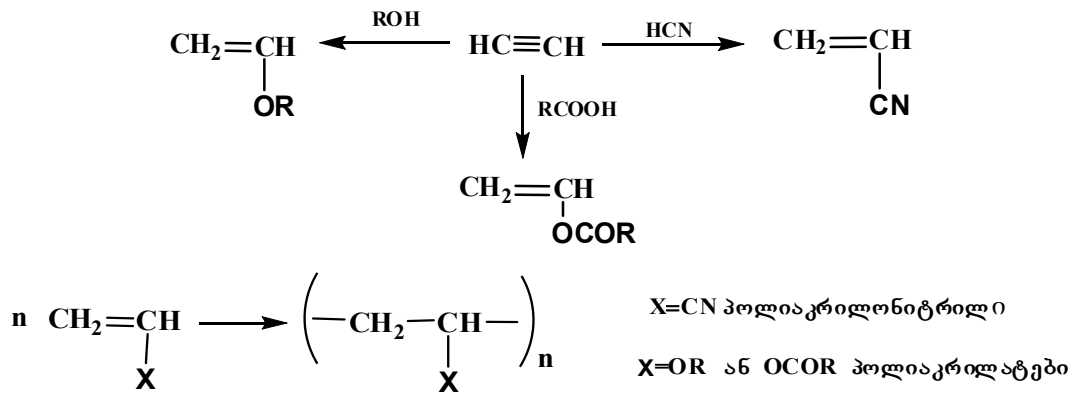
მიერთების რეაქციებიდან ერთერთ მნიშვნელოვან რეაქციას წარმოადგენს ჰიდრატაციის რეაქცია - კუჩეროვის რეაქცია, რის შედეგად მიიღება კარბონილური ნაერთები:



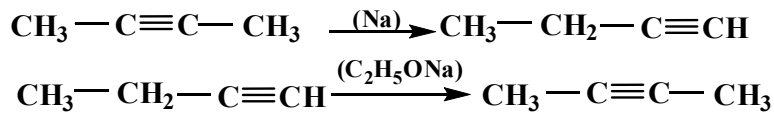
ალკინებს, გარდა ელექტროფილური მიერთების რეაქციებისა, ახასიათებთ ნუკლეოფილური მიერთების რეაქციები, რომლებიც მიმდინარეობს შემდეგი სქემის მიხედვით:



ამ რეაქციებს მიეკუთვნება ციანწყალბადმჟავას, სპირტების და ორგანული მჟავების მიერთება. მიღებულ პროდუქტებს იყენებენ მაღალმოლეკულური ნაერთების მისაღებად, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება მრეწველობის სხვადასხვა დარგში:



**იზომერიზაცია**

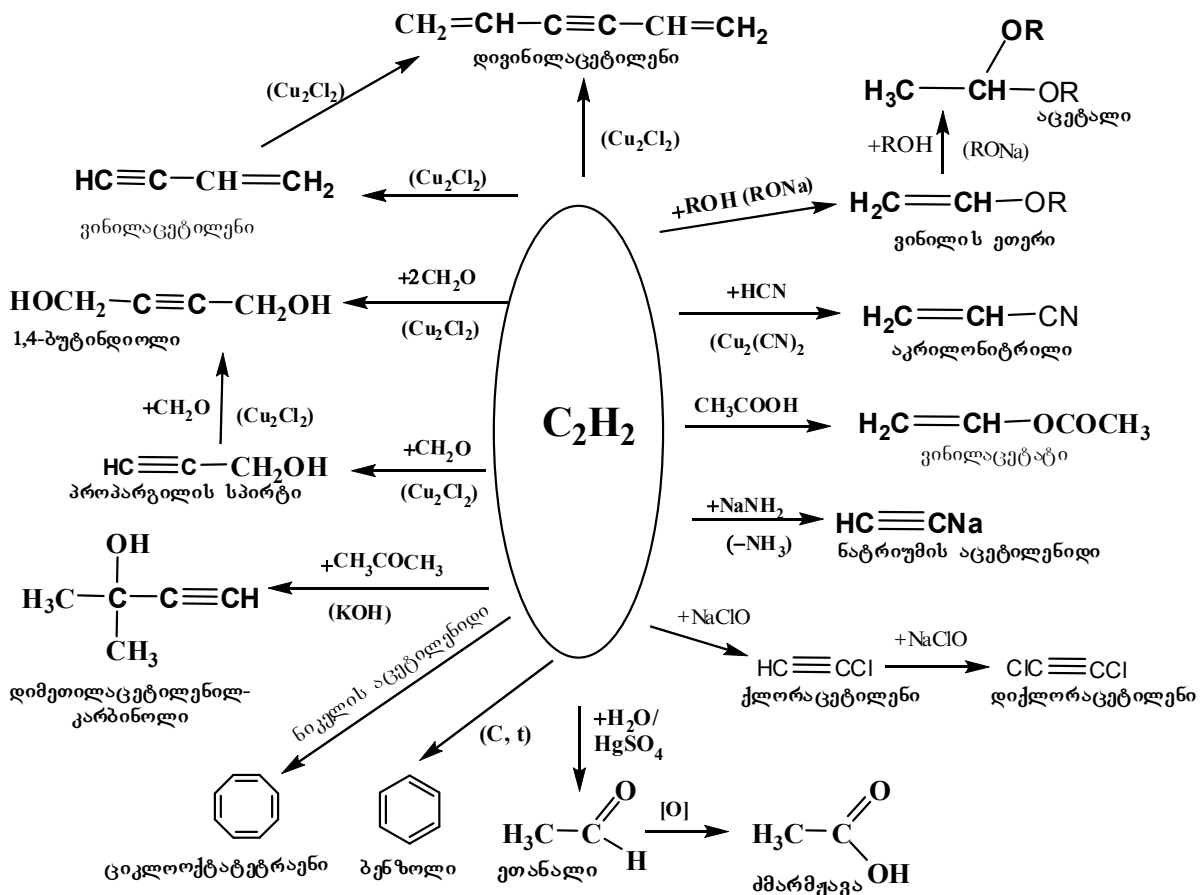


**გამოყენება**

აცეტილენი წარმოადგენს რამდენიმე ათასი ორგანული ნაერთის მისაღებად საჭირო საწყის ნივთიერებას. მის საფუძველზე მიიღება პლასტმასები, ბოჭკოები, კაუჩუკები, გამსხნელები და ა.შ.

სქემა 8-ზე მოცემულია ზოგიერთი მნიშვნელოვანი ნაწარმის მიღება:

სქემა 8



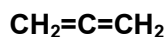
ეს სქემა, მე-7 სქემასთან შედარებით, უფრო სრულად წარმოადგენს აცეტილენის ზოგიერთ ქიმიურ თვისებას.

## 10. დრამად უჯერი ალიფატური (დიაჰაჰვიანი, აციკლური) ნახშირწყალბადები

### 10.1. ორი ორმაგი ბმის შემცველი ნახშირწყალბადები - დიენები (ალკადიენები)

დიენური ნახშირწყალბადების ჰომოლოგიური რიგის ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n-2}$ . ისინი შეიცავენ ორ ორმაგ  $C=C$  ბმას, რომელთა ურთიერთმდებარეობის მიხედვით არსებობს:

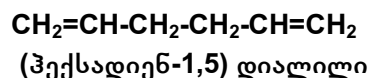
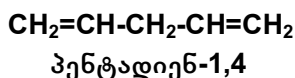
1. კუმულირებულ - **1,2-დიენებში** ორმაგი ბმები განლაგებულია მიმდევრობით. მათი უმარტივესი წარმომადგენელია **ალენი (პროპადიენ-1,2)**:



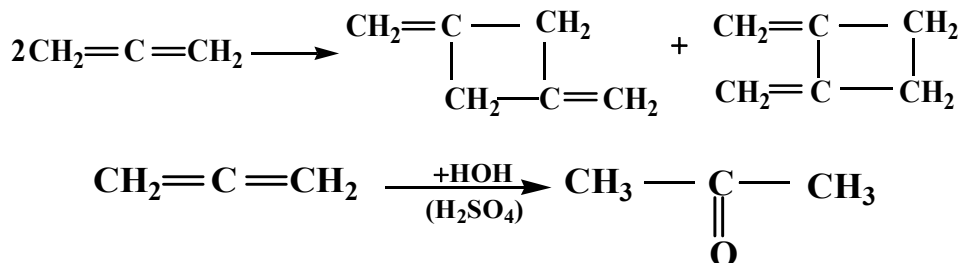
2. შეუღლებულ (კონიუგირებულ) - **1,3-დიენებში** ორმაგი ბმები ერთმანეთისაგან დაცილებულია ერთი ერთმაგი ბმით. მათი უმარტივესი წარმომადგენელია დივინილი (**ბუტადიენ-1,3**):



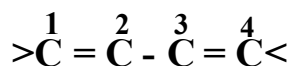
3. იზოლირებულ დიენებში ორმაგი ბმები ერთმანეთისაგან დაცილებულია ერთზე მეტი ერთმაგი ბმით. მათი უმარტივესი წარმომადგენლებია:



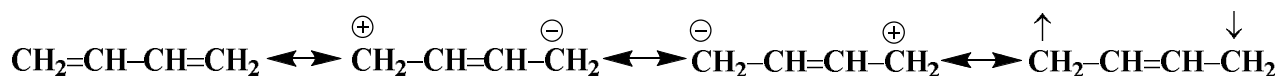
იზოლირებული დიენების ქიმიური თვისებები ალკენების ქიმიური თვისებების ანალოგიურია. ალენების ქიმიური თვისებები განსხვავდება ალკენების ქიმიური თვისებებისაგან. აღსანიშნავია მათი ციკლოდიმერიზაციისა და ჰიდრატაციის რეაქციები:



თეორიული და პრაქტიკული თვალსაზრისით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია შეუღლებული დიენები. შეუღლებული დიენების აღნაგობა განვიხილოთ ბუტადიენ-1,3-ის მაგალითზე.



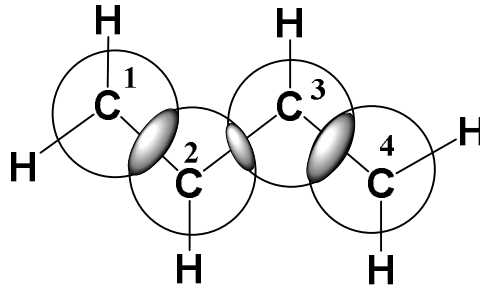
ბუტადიენ-1,3-ში **C-C** ბმის სიგრძე **0,146 58**-ია, იგი ნაკლებია ალკანებში **C-C** ბმის სიგრძეზე (**0,154 58**). **C=C** ბმების სიგრძე კი - (**0,137 58**) უფრო მეტია, ვიდრე ალკენებში (**0,134 58**). ბმების სიგრძის ცვლილება მიუთითებს 2(-ბმების ურთიერთგავლენაზე, რაც შეიძლება გამოისახოს შემდეგი რეზონანსული ფორმულებით:



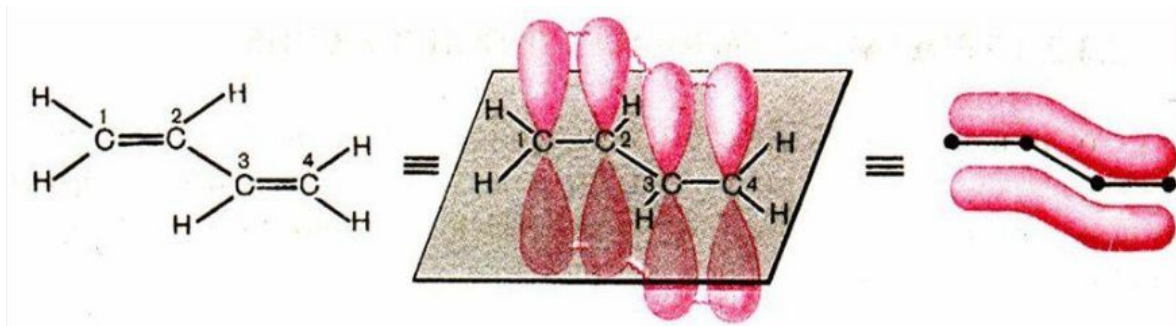
ასეთი გამოსახვა არ ნიშნავს იმას, რომ ბუტადიენ-1,3 არის ამ სტრუქტურების ნარევი ან იმას, რომ ისინი წონასწორობაში არიან ერთმანეთთან, ან იმას, რომ ეს სტრუქტურები რე-

აღურად არსებობენ. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ ბუტადიენ-1,3-ის მოლეკულა წარმოადგენს ამ რეზონანსული სტრუქტურების ჰიბრიდს. ბოლო ფორმულაში კიდურა ნახშირბადატომებზე ისრებით აღნიშნავენ გაუწყვილებელ ელექტრონებს ურთიერთსანიანადმდერგო სპინებით.

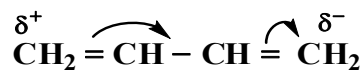
ბუტადიენ-1,3-ში და ყველა შეუღლებულ დიენში, ნახშირბადის ოთხივე ატომი  $sp^2$  ჰიბრიდულ მდგომარეობაშია და ერთ სიბრტყეშია განლაგებული. არაჰიბრიდული P- ელექტრონული ღრუბლების გადაფარვა ხდება არა მხოლოდ  $C_1-C_2$  და  $C_3-C_4$  ატომებს შორის, არამედ ნაწილობრივ  $C_2-C_3$  ატომებს შორისაც, რაც შეიძლება ასე გამოვსახოთ (ზედხედი):



ამის შედეგად წარმოიქმნება ერთიანი  $\pi$ -ელექტრონული ღრუბელი, რომელიც ერთ მოლეკულურ ორბიტალზე თანაბრად არის განაწილებული ოთხივე ნახშირბადატომს შორის:



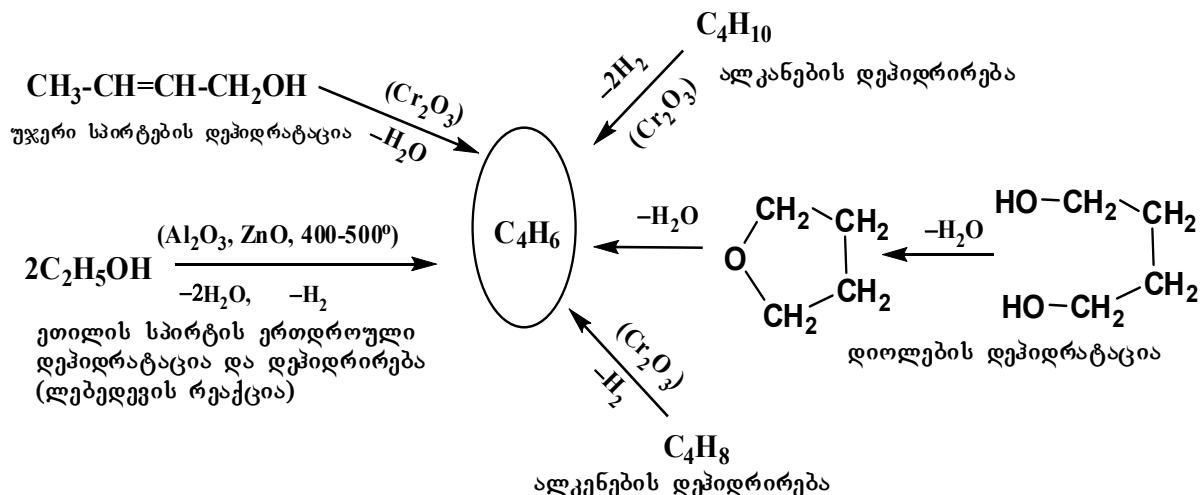
ამრიგად, ბუტადიენ-1,3-ში არაჰიბრიდული P-ელექტრონები 1-2 და 3-4 ნახშირბადატომებზე წყვილ-წყვილად კი არ არის ლოკალიზებული, არამედ თანაბრად არის განაწილებული მათ შორის ერთ მოლეკულურ ორბიტალზე ოთხი ელექტრონისაგან შემდგარი ერთიანი  $\pi$ -ელექტრონული ღრუბლის სახით. ელექტრონების ასეთ გადანაწილებას (დელოკალიზაციას) შეუღლება ( $\pi$ - $\pi$  შეუღლება) ეწოდება (იხ. შესავალი გვ. 11), რაც მოხრილი ისრებით გამოისახება:



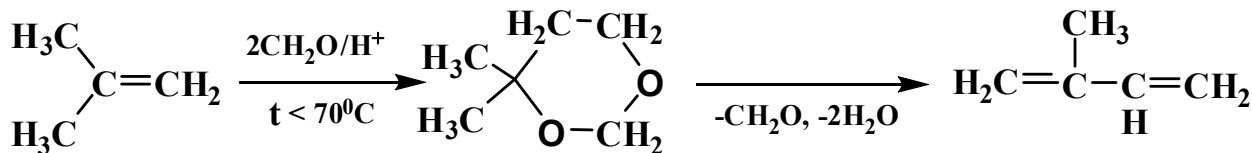
შეუღლებული დიენების ელექტრონული აღნაგობიდან გამომდინარეობს მათი განსაკუთრებული თვისებები – მაღალი რეაქციისუნარიანობა და 1,4-მიერთების რეაქციები.

დივინილის მაგალითზე განვიხილავთ მათი მიღების ხერხებს (სქემა 9) და ქიმიურ თვისებებს (სქემა 10).

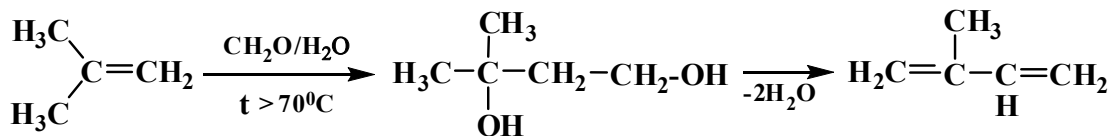




**პრინსის რეაქცია** - ფორმალდეჰიდის მიერთება ალკენის ორმაგ ბმასთან შუალედური ციკლური აცეტალის წარმოქმნით:



70°C მაღალ ტემპერატურაზე რეაქცია მიდის შუალედური 1,3-დიოლის დეჰიდრატაციით:



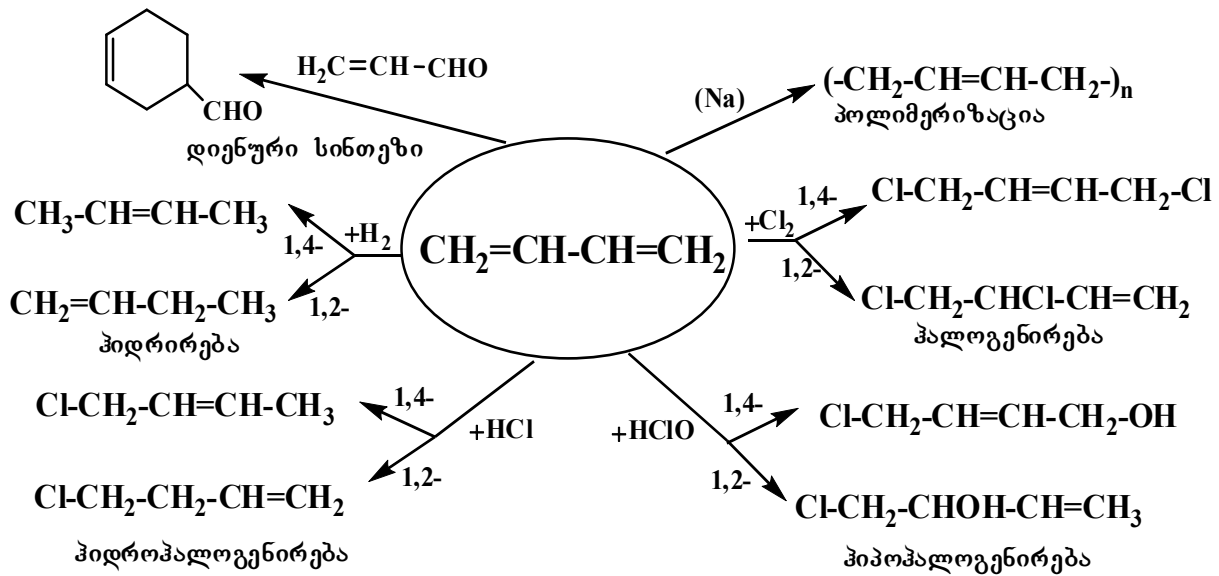
**ფიზიკური თვისებები**

დივინილი აირია, იზოპრენი და შედარებით დაბალმოლეკულური დიენები - სითხეებია, უმაღლესი დიენები კი მყარი ნივთიერებები.

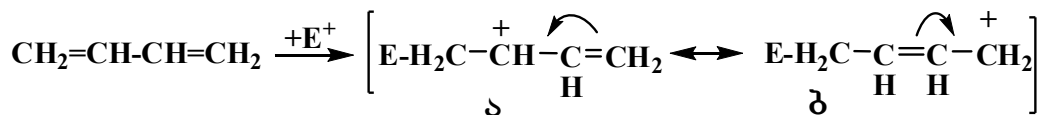
**ქიმიური თვისებები**

1,3-დიენებს ახასიათებთ წვის, მიერთების და პოლიმერიზაციის რეაქციები (სქემა 10).

შეუღლებულ დიენებში ერთიანი 4π-ელექტრონიანი სისტემის არსებობის გამო მიერთება შეიძლება წარიმართოს როგორც 1,2-, ისე 1,4-მდგომარეობებში. ცხადია შესაძლებელია სრული - 1,2,3,4-მიერთებაც.

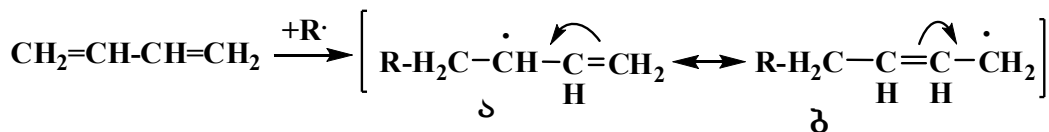


უნდა ითქვას, რომ როგორც 1,2-, ისე 1,4-მიერთება, მიმდინარეობს ერთი და იგივე შუალედური  $\sigma$ -კომპლექსის წარმოქმნით, რომელიც ორი ა და ბ რეზონანსული სტრუქტურების ჰიბრიდს წარმოადგენს:



დაბალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს უპირატესად 1,2-მიერთება ა რეზონანსული კატიონის მონაწილეობით (კინეტიკური კონტროლი). შედარებით მაღალ ტემპერატურაზე უპირატესი ხდება 1,4-მიერთება, ცხადია, ბ რეზონანსული კატიონის მონაწილეობით (თერმოდინამიკური კონტროლი).

ანალოგიურად, შუალედური შეუღლებული ა და ბ რადიკალების წარმოქმნით, მიმდინარეობს რადიკალური 1,2- და 1,4-მიერთება:



**გამოყენება**

დიენები და მათი ნაწარმები ძირითადად გამოიყენება სხვადასხვა სახის კაუჩუკების წარმოებაში.

**10.2. ორზე მეტი უჯერი ბმის შემცველი აციკლური ნახშირწყალბადები**

ცნობილია სამი და მეტი ორმაგი ბმის შემცველი ნახშირწყალბადები, შესაბამისად - ტრიენები, ტეტრაენები და ა.შ. პოლიენები. ასევე ცნობილია ორი და მეტი სამმაგი ბმის შემცველი ნახშირწყალბადები - დიინები (დიაცეტილენი), ტრიინები და ა.შ. პოლიინები. ცნობილია აგრეთვე ერთდროულად ორმაგი და სამმაგი ბმის შემცველი აციკლური ნახშირწყალბადები - ენინები - ვინილაცეტილენი, დივინილაცეტილენი და სხვ.

## 11. ჰალოგენნარმოებულები

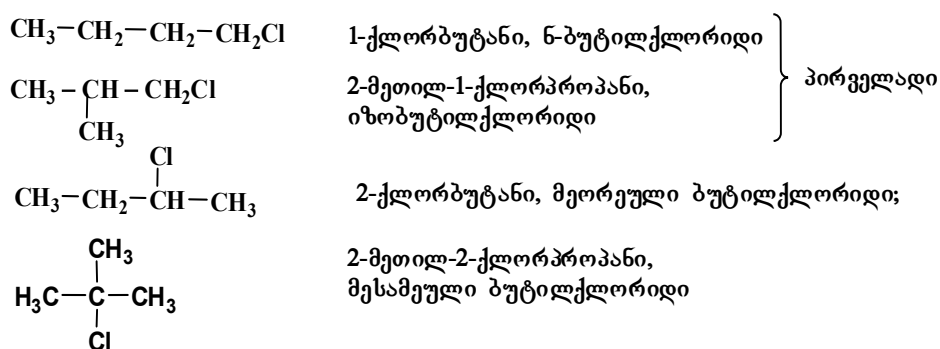
ჰალოგენნარმოებულები განიხილება როგორც ნახშირწყალბადები, რომელთა მოლეკულებში წყალბადის ერთი ან რამდენიმე ატომი ჩანაცვლებულია ჰალოგენის ატომებით. ნახშირწყალბადოვანი რადიკალის მიხედვით არჩევენ ნაჯერ, უჯერ და ა.შ. ჰალოგენნარმოებულებს, ჰალოგენის ატომების რაოდენობის მიხედვით - მონო-, დი- და ა.შ. პოლიჰალოგენნარმოებულებს.

### 11.1. ნაჯერი მონოჰალოგენნარმოებულები (მონოჰალოგენალკანები)

ნაჯერი მონო ჰალოგენნარმოებულების ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n+1}X$  ან  $RX$  სადაც ( $X=F, Cl, Br, I$ ). ქვემოთ მოყვანილია ამ ნაერთების ჰომოლოგიური რიგის უმარტივესი წარმომადგენლები და მათი სახელწოდებები:

- CH<sub>3</sub>-Cl** ქლორმეთანი; ქლორმეთილი; მეთილქლორიდი  
**CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-Cl** ქლორეთანი; ქლორეთილი; ეთილქლორიდი  
**CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Cl** 1-ქლორპროპანი; ქლორპროპილი; ნ-პროპილქლორიდი  
**CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Br** 1-ბრომბუტანი; ქლორბუტილი; ნ-ბუტილქლორიდი.

ჰალოგენნარმოებულებში გვხვდება ჯაჭვის და ჰალოგენის მდებარეობის იზომერია: ბუტილქლორიდი არსებობს ოთხი იზომერის სახით:

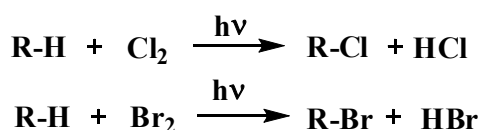


#### მიღება

მონოჰალოგენნარმოებულების მიღებს ყველაზე მნიშვნელოვანი მეთოდებია ნაჯერი ნახშირწყალბადების (ალკანების) ჰალოგენირება, უჯერ ნახშირწყალბადებთან ჰალოგენწყალბადის მიერთება და ჰიდროქსილის ჯგუფის ჩანაცვლება სპირტებში ჰალოგენწყალბადების ან ფოსფორის ჰალოგენნარმოების მოქმედებით.

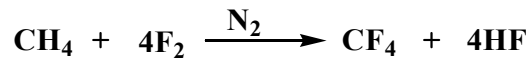
#### 1. ნაჯერი ნახშირწყალბადების (ალკანების) ჰალოგენირება.

ნაჯერი ნახშირწყალბადების უშუალო ჰალოგენირებას მიმართავენ მხოლოდ ქლორ- და ბრომნარმოების მიღებისათვის.



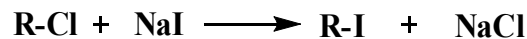
ფთორირება მიმდინარეობს აფეთქებით, ხოლო იოდირება შექცევადი პროცესია.

ალკანების უშუალო ფთორირებას ატარებენ განზავების პირობებში (აზოტით ან სრულად ფთორირებული ნახშირწყალბადებით), რაც ძვირფასი, ქიმიურად მდგრადი პოლი- და პერფთორ-ნარმოებულების მაღალი გამოსავლიანობით მიღების შესაძლებლობას იძლევა:



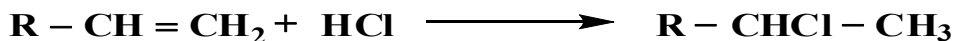
ფთორნანარმების მისაღებად ხშირად იყენებენ შესაბამისი ქლორ- ან ბრომნანარმების ურთიერთქმედებას არაორგანულ ფთორიდებთან (მაგალითად კობალტის, ვერცხლის, ვერცხლის-წყლის, სტიბიუმის და სხვა ფთორიდებს).

მონოიოდნანარმების მისაღებად იყენებენ მიმოცვლის რეაქციას შესაბამის ქლორ-ნანარმსა და ნატრიუმის იოდიდს შორის აცეტონის ხსნარში (ფინკელშტეინის რეაქცია):



## 2. ალკენების ჰიდროჰალოგენირება

მონოჰალოგენნარმოებულების მიღების მნიშვნელოვან მეთოდს წარმოადგენს ალკენების ჰიდროჰალოგენირება:

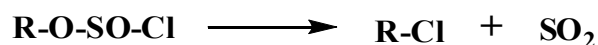
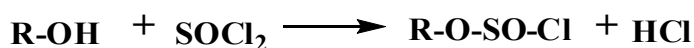
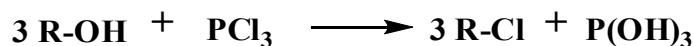


## 3. ჰიდროქსილის ჯგუფის ჩანაცვლება სპირტებში

ჰალოგენნარმოებულები მიიღება სპირტებიდან ჰალოგენწყალბადების, ფოსფორის და გოგირდის ჰალოგენიდების ან ოქსიჰალოგენიდების მოქმედებით:



ან



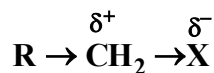
### ფიზიკური თვისებები

მონოჰალოგენნარმოებულების ფიზიკური თვისებები დამოკიდებულია ჰალოგენის ატომის ბუნებაზე, ნახშირწყალბადის რადიკალის შედგენილობასა და აგებულებაზე.

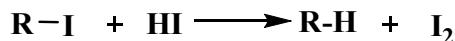
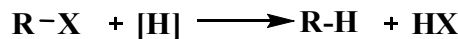
ჩვეულებრივ პირობებში მეთილ-, ეთილ-, პროპილ-, ბუტილფთორიდები, მეთილ-, ეთილ-ქლორიდები და მეთილბრომიდი აირებია, მომდევნო ნევრები სითხეებია, მაღალი რიგის ნარმომადგენლები კი მყარი. უმდაბლეს ნევრებს აქვთ მოტკბო სუნი. ფთორნარმომებიდან იოდნარმომებზე გადასვლისას მათი სიმკვრივე მატულობს. წყალში პრაქტიკულად უხსნადებია. მაგრამ, კარგად იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში და თვითონ ნარმომადგენენ საუკეთესო გამხსნელებს.

### ქიმიური თვისებები

ჰალოგენნარმოებულები ერთ-ერთი ყველაზე უფრო რეაქციისუნარიანი ნაერთებია. **C-X** ბმა პოლარული ბმაა. ელექტრონული სიმკვრივე გადაწეულია ჰალოგენისაკენ მისი მაღალი ელექტროუარყოფითობის გამო:



ჰალოგენნარმოებულების აღდგენით მიიღება ნაჯერი ნახშირწყალბადები:



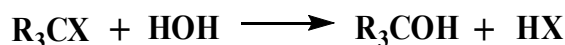
ჰალოგენნარმოებულების ყველაზე დამახასიათებელ რეაქციას ნარმომადგენს ნუკლეოფილური ჩანაცვლების (**S<sub>N</sub>**) რეაქცია.

ალკილჰალოგენიდებში ჰალოგენის ჩანაცვლების რეაქციის სიჩქარე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებულია ალკილის რადიკალის აგებულებაზე:

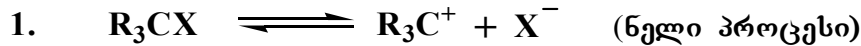
ალკილბრომიდი	ჰიდროლიზის რეაქციის შედარებითი სიჩქარე
CH <sub>3</sub> - Br	2140
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - Br	171
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH - Br	5
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> C - Br	1010

მეთილ და ეთილბრომიდების ჰიდროლიზის სიჩქარე დამოკიდებულია როგორც სუბსტრატის, ისე ჰიდროქსიდ იონების კონცენტრაციაზე. იზოპროპილბრომიდის შემთხვევაში ჰიდროლიზის სიჩქარის განტოლება არ აღინერება მარტივი დამოკიდებულებით, ხოლო მესამეული ბუტილბრომიდის შემთხვევაში სიჩქარე დამოკიდებულია მხოლოდ სუბსტრატის კონცენტრაციაზე. ეს აიხსნება იმით, რომ ნახშირბადატომთან ჩანაცვლება შეიძლება წავიდეს ორი განსხვავებული მექანიზმით - **S<sub>N</sub>1** და **S<sub>N</sub>2** (ციფრები **1** და **2** გამოსახვენ რეაქციის მოლეკულურობას, ანუ რეაქცია მონომოლეკულურია, თუ ბიმოლეკულური). **S<sub>N</sub>1** მექანიზმით მიმდინარე რეაქციის სიჩქარე დამოკიდებულია მხოლოდ ერთი ნივთიერების - ჰალოგენალკილის (სუბსტრატის) კონცენტრაციაზე, ხოლო **S<sub>N</sub>2** მექანიზმის შემთხვევაში კი - ორივე ნივთიერების - ჰალოგენალკილის და ნუკლეოფილის (რეაგენტის) კონცენტრაციაზე.

მონომოლეკულური ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქცია (**S<sub>N</sub>1**) ორსაფეხურიანი პროცესია, რომელიც მიმდინარეობს შუალედური კარბკატიონის ნარმოქმნით. მაგალითად, მესამეული ჰალოგენალკილის ჰიდროლიზის რეაქციის



პირველ საფეხურზე ხდება სუბსტრატის დისოციაცია იონებად:



ჰალოგენალკილის დისოციაცია მიდის ნელა კარბკარბკაციონის  $R_3C^+$  წარმოქმნით, რომელიც შემდეგში სწრაფად იერთებს ნუკლეოფილს:

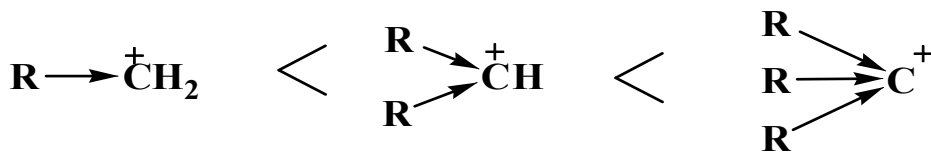


რეაქციის საერთო სიჩქარეს განსაზღვრავს ნელა მიმდინარე საფეხურის სიჩქარე და აღინერება პირველი რიგის კინეტიკური განტოლებით  $V=k[R_3CX]$ .

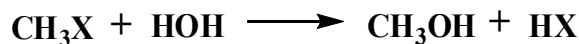
მესამეული ალკილჰალოგენიდები უფრო ადვილად შედიან  $S_N1$  მექანიზმით მიმდინარე რეაქციებში, ვიდრე მეორეული და, შესაბამისად, პირველადი. ეს აიხსნება შესაბამისი კარბკაციონის მდგრადობით, რომელიც იზრდება რიგში:



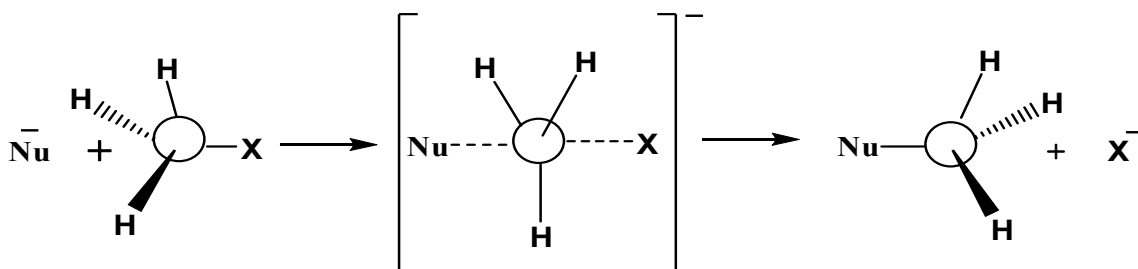
კარბკაციონების სტაბილურობა დამოკიდებულია ნახშირბადატომის დადებითი მუხტის დელოკალიზაციის ხარისხზე. ამ თვალსაზრისით მესამეული კარბკაციონი გაცილებით მდგრადია ვიდრე მეორეული და შესაბამისად, პირველადი, ვინაიდან მისი მუხტის დელოკალიზაციის ხარისხს და შესაბამისად, სტაბილურობას განაპირობებს სამი ალკილის რადიკალის როგორც ინდუქციური (+I), ისე ზეშეუღლების ეფექტები.



$S_N2$  მექანიზმით მიმდინარეობს პირველადი ალკილჰალოგენიდის ჰიდროლიზის რეაქცია. მაგალითად, მეთილჰალოგენიდის ჰიდროლიზი ტუტე არეში:



რეაქციის მიმდინარეობისას წარმოიქმნება გარდამავალი მდგომარეობა. გარდამავალი მდგომარეობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ ისეთი სტრუქტურის სახით, რომელშიც ნახშირბადატომი ერთდროულად არის დაკავშირებული ნუკლეოფილთან და ჰალოგენის ატომთანაც. ანუ, ეს ისეთი მდგომარეობაა, როცა  $C-Nu$  ბმა ჯერ ბოლომდე არ არის წარმოქმნილი, ხოლო  $C-X$  ბმა ჯერ ბოლომდე არ განყვეტილა. აღსანიშნავია, რომ ასეთი კომპლექსის წარმოქმნა შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, თუ ნუკლეოფილი სუბსტრატს უახლოვდება (უტევს)  $C-X$  ბმის გასწვრივ ჰალოგენის ატომის სანინაალმდეგო მხრიდან. ამ დროს ნახშირბადატომი გადადის  $sp^2$  ჰიბრიდულ მდგომარეობაში და მასთან დაკავშირებული სამივე წყალბადატომი თავსდება ერთ სიბრტყეში, რომლის მართობულ წრფეზე განლაგდება ნახშირბადატომი, მასთან ნილობრივ დაკავშირებული ჰალოგენის ატომი და ნუკლეოფილი ( $Nu...C...X$  წრფევია):



შემდეგ რეაქცია მიდის სწრაფად - მყარდება **C-Nu** ბმა და ბოლომდე წყდება **C-X** ბმა. ამასთან, ნახშირბადატომი უბრუნდება  $sp^3$  ჰიბრიდულ მდგომარეობას.

რეაქციის საერთო სიჩქარეს განსაზღვრავს გარდამავალი მდგომარეობის წარმოქმნის ნელა მიმდინარე პროცესის სიჩქარე, რომელიც დამოკიდებულია ალკილჰალოგენიდისა და ნუკლეოფილის (ამ შემთხვევაში ფუძის) კონცენტრაციებზე და აღინერება მეორე რიგის კინეტიკური განტოლებით  $V=k[RX][Nu]$ .

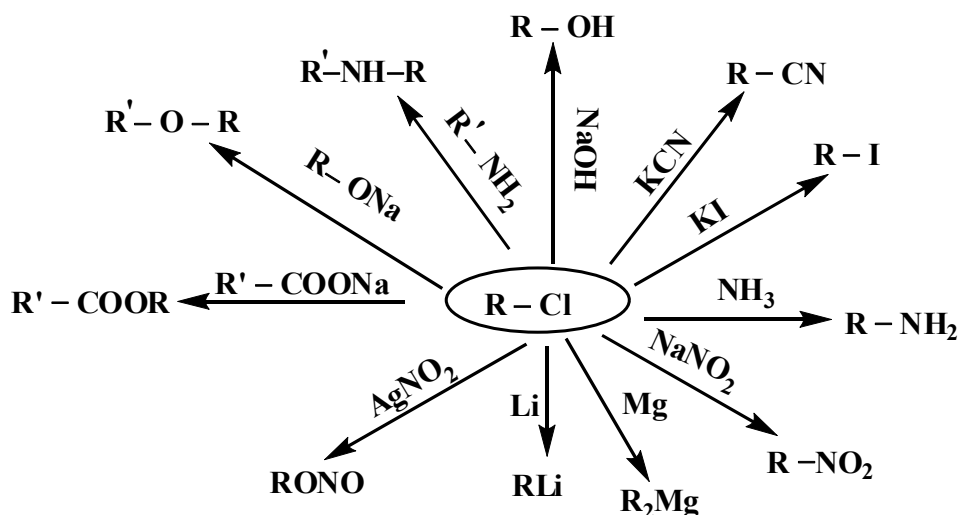
ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციის მექანიზმი დამოკიდებულია როგორც ელექტრონულ, ისე სივრცით ფაქტორზე. პირველადი რადიკალის შემთხვევაში **RX (CH<sub>3</sub>Br; CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>Br)**, **S<sub>N</sub>2** მექანიზმს ხელს უწყობს როგორც ელექტრონული, ისე სივრცითი ფაქტორები. ჰალოგენთან დაკავშირებული პირველადი ნახშირბადატომი სივრცობრივად ნაკლებად არის ეკრანირებული (ადვილად მისაწვდომია რეაგენტისათვის) და მეორეულ და მესამეულ ნახშირბადატომებთან შედარებით ყველაზე მაღალი ნაწილობრივი დადებითი მუხტის მატარებელია.

მესამეული ჰალოგენალკილის (**R<sub>3</sub>CX**) შემთხვევაში კი პირიქით - ჰალოგენთან დაკავშირებული ნახშირბადატომზე დადებითი მუხტი მაქსიმალურად არის შემცირებული, სივრცობრივად კი მაქსიმალურად ეკრანირებულია. შესაბამისად ასეთ ატომზე ნუკლეოფილის შეტევა გაძნელებულია. ყოველივე ეს, მესამეული კარბკატიონის მდგრადობასთან ერთად, ხელს უწყობს რეაქციის **S<sub>N</sub>1** მექანიზმს.

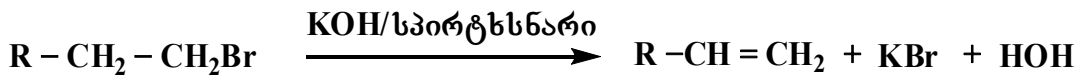
მეორეული ჰალოგენალკილის **R<sub>2</sub>CHX** შემთხვევაში რეაქცია შეიძლება წავიდეს როგორც **S<sub>N</sub>1**, ისე **S<sub>N</sub>2** მექანიზმით, რაც დამოკიდებულია რადიკალების აგებულებასა და ნუკლეოფილის ბუნებაზე. ზოგჯერ ამბობენ, რომ რეაქცია მიმდინარეობს შერეული მექანიზმით. აღსანიშნავია ზოგადი წესი: პოლარული გამხსნელი ყოველთვის უწყობს ხელს რეაქციის იონურ მექანიზმს.

ჰალოგენის ჩანაცვლება ძნელდება რიგში: **I > Br > Cl**, რაც ემთხვევა შესაბამისი **C-X** ბმების ენერჯის ზრდას და პოლარიზებადობის შემცირებას. რეაგენტების ნუკლეოფილურობა იზრდება რიგში: **NH<sub>2</sub><sup>-</sup> > C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O<sup>-</sup> > I<sup>-</sup> > OH<sup>-</sup> > Br<sup>-</sup> > Cl<sup>-</sup> > H<sub>2</sub>O**. რაც, არ ემთხვევა ამ რეგენტების ფუძე ბუნების ცვლილებას. ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციის მაგალითები მოცემულია მე-11 სქემაზე:

სქემა 11



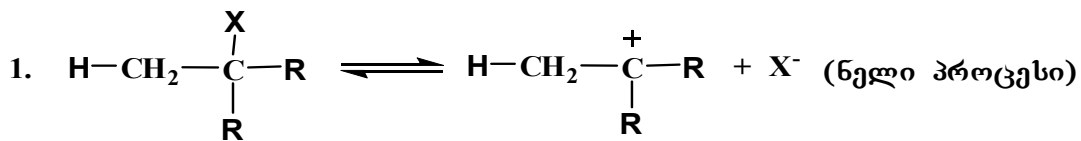
ჩანაცვლების რეაქციების გარდა, ჰალოგენწარმოებულებს ახასიათებთ ჰალოგენწყალბადის მოხლეჩის (ელემინირების) რეაქცია, რომლის შედეგად მიიღება ალკენები. ამ რეაქციაში აუცილებელია ძლიერი ფუძის მონაწილეობა, ისეთის, როგორიცაა ტუტის ან ალკოჰოლატის სპირტსნარი. ალკოქსიდ ანიონი (**RO<sup>-</sup>**) უფრო ძლიერი ფუძეა ვიდრე ჰიდროქსიდ ანიონი (**HO<sup>-</sup>**) რადიკალის დადებითი ინდუქციური ეფექტის გამო:



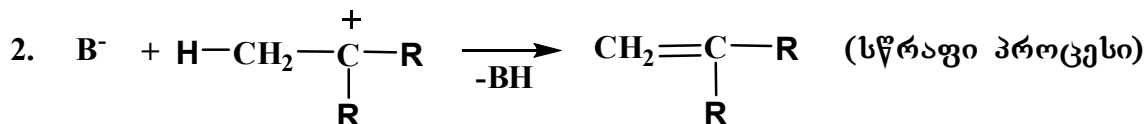
ელიმინირების რეაქცია შეიძლება წავიდეს მონომოლეკულური **E1** ან ბიმოლეკულური **E2** მექანიზმით.

მონომოლეკულური ელიმინირების რეაქცია **E1**, მონომოლეკულური ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციის (**S<sub>N</sub>1**) მსგავსად ორსაფეხურიანია. **E1** რეაქცია მიდის მხოლოდ მაიონიზირებელი გამხსნელის არეში. პირველ საფეხურზე აქაც წარმოიქმნება კარბკატიონი (ნელა მიმდინარე საფეხური), რომლიდანაც ფუძის მოქედებით სწრაფად ხდება **β**-პროტონის მოხლეჩა. რეაქციის საერთო სიჩქარეს აქაც განსაზღვრავს ნელა მიმდინარე საფეხურის სიჩქარე, რომელიც დამოკიდებულია მხოლოდ ალკილჰალოგენიდის კონცენტრაციაზე.

პირველ საფეხურზე ხდება სუბსტრატის დისოციაცია იონებად:



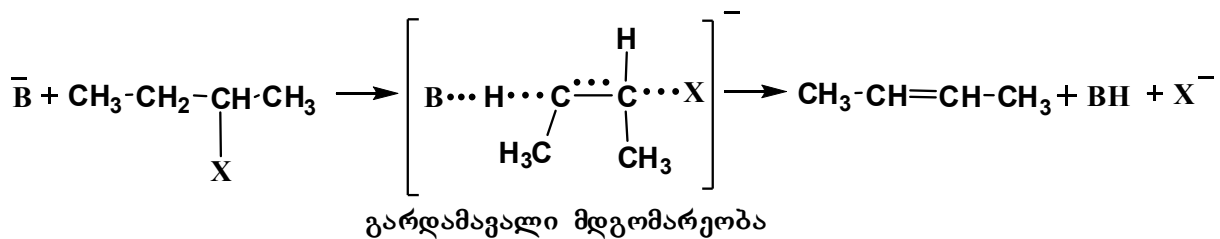
ჰალოგენალკილის დისოციაცია მიდის ნელა კარბკარბკატიონის წარმოქმნით, რომლიდანაც ფუძის (**B<sup>-</sup>**) მოქედებით სწრაფად წყდება პროტონი:



რეაქციის საერთო სიჩქარეს განსაზღვრავს ყველაზე ნელა მიმდინარე საფეხურის სიჩქარე, რომელიც დამოკიდებულია მხოლოდ სუბსტრატის კონცენტრაციაზე. აღსანიშნავია, რომ **E1** ტიპის ელიმინირების რეაქციას, როგორც წესი, თან ახლავს **S<sub>N</sub>1** ჩანაცვლების რეაქცია და პირიქით.

**E2** - ბიმოლეკულური ელიმინირების რეაქცია, ბიმოლეკულური ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციის მსგავსად, ერთსაფეხურიანია, მიდის ძლიერი ფუძეების მოქედებით. ამ რეაქციის ყველაზე ნელა მიმდინარე პროცესია გარდამავალი მდგომარეობის წარმოქმნა ორივე კომპონენტის, როგორც სუბსტრატის, ისე რეაგენტის (ფუძე) ერთდროული მონაწილეობით. შესაბამისად, რეაქციის სიჩქარე დამოკიდებულია ორივე მორეაგირე ნივთიერების კონცენტრაციაზე. აქედან გამომდინარე, **E2** რეაქციის სიჩქარის განტოლება მეორე რიგისა - **V=k[RX][B]**.

**E2** მექანიზმით მიმდინარე **β**-ელიმინირების რეაქციის გარდამავალი მდგომარეობა წარმოიქმნება ნელა (რეაქციის სიჩქარის მაღლიმიტირებელი სტადია). ამ მდგომარეობაში **C-X** და **β-C-H** ბმები ჯერ ბოლომდე არ არის განყვეტილი, ხოლო **C=C** და **B-H** ბმები ჯერ ბოლომდე არ არის წარმოქმნილი. აღსანიშნავია, რომ ასეთი კომპლექსის წარმოქმნა შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, თუ ნუკლეოფილი (ფუძე) ჰალოგენალკილს უახლოვდება (უტევეს) **C-X** ბმის გასწვრივ **β-C-H** ბმის მხრიდან:



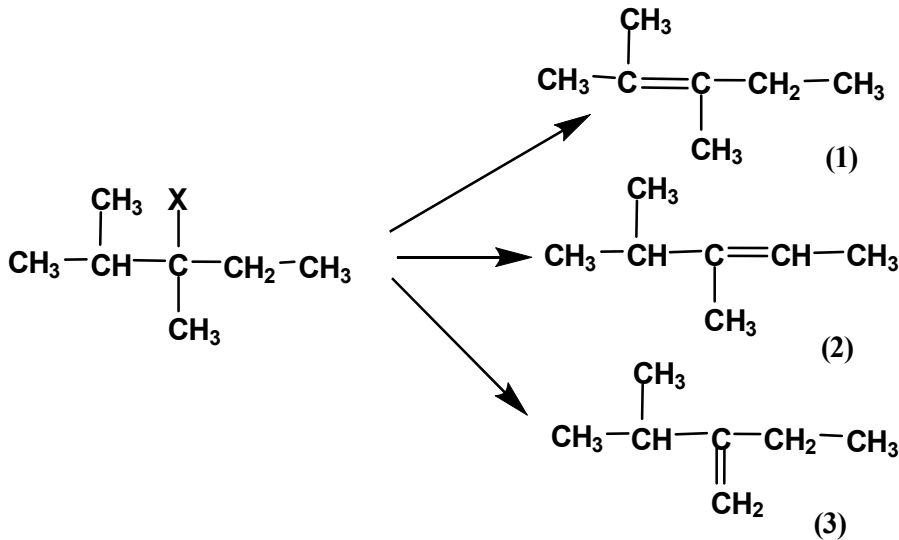
შემდეგ რეაქცია მიდის სწრაფად - ერთდროულად წყდება **C-X** და **β-C-H** ბმები, მყარდება **C=C** და **B-H** ბმები. აღსანიშნავია, რომ **E2** ტიპის ელიმინირების რეაქციას, როგორც წესი, თან ახლავს **S<sub>N</sub>2** ჩანაცვლების რეაქცია და პირიქით.



**E2** ტიპის ელიმინირების რეაქციებში ფუძე რეაგენტების აქტიურობა მცირდება მათი ძალის შემცირების მიმართულებით:  $\text{NH}_2^- > \text{C}_2\text{H}_5\text{O}^- > \text{OH}^- > \text{RCOO}^-$ .

ელიმინირების რეაქციის ორივე მექანიზმისათვის **HX**-ის მოხლეჩის სიჩქარე მცირდება რიგში: **მესამეული > მეორეული > პირველადი, აგრეთვე  $\text{I} > \text{Br} > \text{Cl}$** .

**HX**-ის ელიმინირების დროს წყალბადატომი წყდება ნაკლებად ჰიდროგენიზებული ნახშირბადატომისაგან (ზაიცევის წესი). სხვანაირად, რეაქციის შესაძლო პროდუქტებიდან (1-3) უპირატესად მიიღება ყველაზე მდგრადი, ანუ ყველაზე განშტოებული ალკენი (1):



### გამოყენება

მონოჰალოგენალკანები საუკეთესო მალკირებელი რეაგენტებია. მათგან ყველაზე მეტად გამოიყენება მეთილქლორიდი და ეთილქლორიდი. ეთილქლორიდი გამოიყენება მედიცინაში ადგილობრივი ანესთეზიისათვის.

## 11.2. ნატერი ნახშირწყალბადების დი- და პოლიჰალოგენნარმორბულები (დი- და პოლიჰალოგენალკანები)

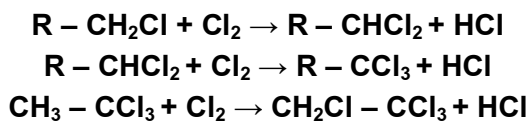
დი- და პოლიჰალოგენნარმორბულები შეიძლება შეიცავდნენ ერთ ან სხვადასხვა ნახშირბადატომთან დაკავშირებულ ჰალოგენის ერთსა და იმავე ან სხვადასხვა ატომებს.

თუ დიჰალოგენნარმორბულის მოლეკულაში ჰალოგენის ორი ატომი დაკავშირებულია ერთ ნახშირბადატომთან მას ჰემინალური ნაერთი ეწოდება. თუ ჰალოგენის ატომები დაკავშირებულია ორ მეზობელ ნახშირბადატომთან - ვიცინალური ნაერთი. ქვემოთ მოყვანილია ამ კლასის ზოგიერთი მნიშვნელოვანი ნარმომადგენელი:

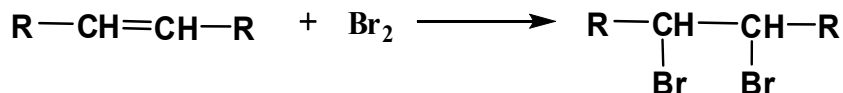
- $\text{CH}_2\text{Cl}_2$**  დიქლორმეთანი
- $\text{CHCl}_3$**  ტრიქლორმეთანი, ქლოროფორმი
- $\text{CCl}_4$**  ტეტრაქლორმეთანი, ნახშირბადის ტეტრაქლორიდი
- $\text{CH}_3-\text{CHCl}_2$**  1,1-დიქლორეთანი, ეთილიდენდიქლორიდი
- $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$**  1,2-დიქლორეთანი
- $\text{CH}_3-\text{CCl}_3$**  1,1,1-ტრიქლორეთანი
- $\text{CH}_2\text{Br}-\text{CHCl}_2$**  1,1-დიქლორ-2-ბრომეთანი

### მიღების ხერხები

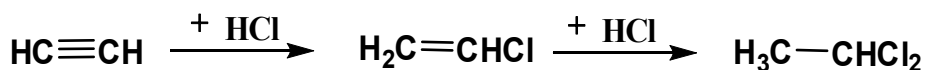
დი- და პოლიჰალოგენნარმოებულებს ჩვეულებრივ იღებენ ალკანების ჰალოგენირების პროდუქტებიდან ან ჟანგბადშემცველი ნაერთებიდან.



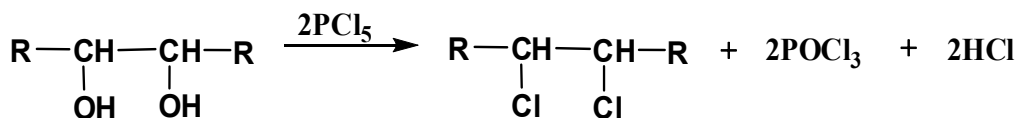
ვიცინალური დიჰალოგენნარმოებულები მიიღება ალკენებთან ჰალოგენის მიერთებით (იხ. ალკენების თვისებები):



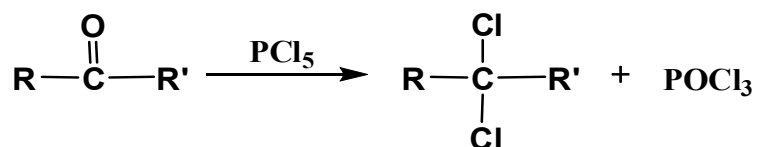
ჰემინალური დიჰალოგენნარმოებულები მიიღება ალკინებთან ორი მოლეკულა ჰალოგენ-წყალბადის მიერთებით (იხ. ალკინების თვისებები):



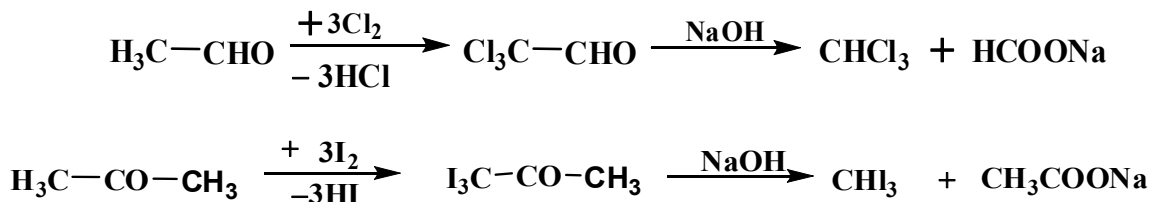
დი- და პოლიჰალოგენნარმოებულების მიღების ძირითადი მეთოდია  $\text{PX}_5$ ,  $\text{SOCl}_2$ ,  $\text{HX}$ ,  $\text{PX}_3$  და სხვათა მოქმედება მრავალატომიან სპირტებზე. გლიკოლებიდან მიიღება ვიცინალური დიჰალოგენნარმოებულები. მაგ.:



კარბონილური ნაერთებიდან მიიღება ჰემინალური დიჰალოგენნარმოებულები:



პოლიჰალოგენნარმოებულებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია ქლოროფორმი და ტეტრაქლორ-მეთანი, რომლებიც ტექნიკაში მიიღება მეთანის პირდაპირი ქლორირებით. ასევე, მნიშვნელოვანია იოდოფორმი. ლაბორატორიაში ამ ნაერთებს იღებენ აცეტალდეჰიდიდან ან აცეტონიდან:



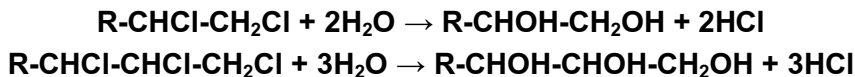
### ფიზიკური თვისებები

დი- და პოლიჰალოგენნარმოებულები წყალში უხსნადი - უმეტესად მძიმე სითხეები ან მყარი ნივთიერებებია.

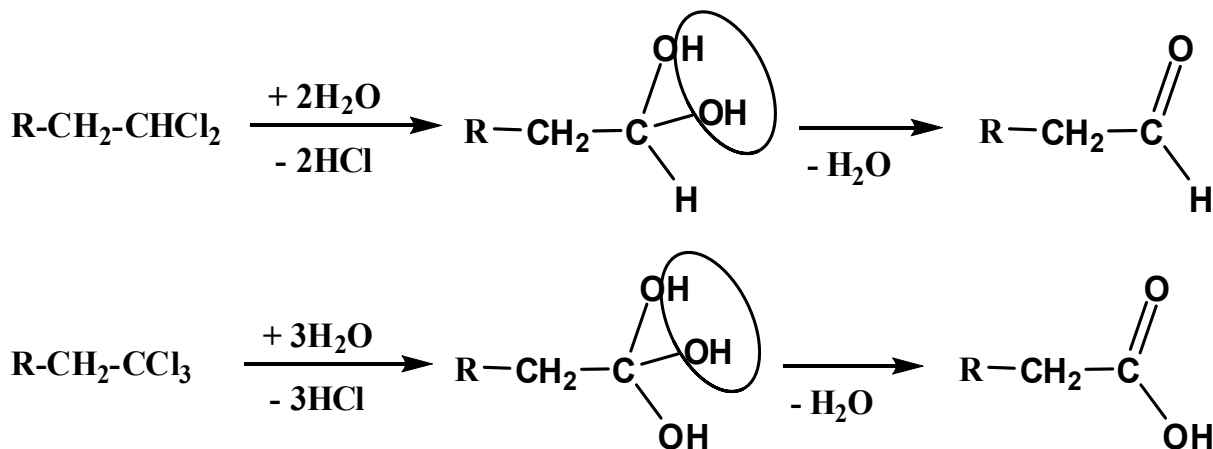
### ქიმიური თვისებები

დი- და პოლიჰალოგენნარმოებულები, ისევე როგორც ჰალოგენალკილები, შედიან ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციებში (წყალთან, ამიაკთან და ა.შ.).

ჰიდროლიზის რეაქციით შეგვიძლია განვასხვავოთ ვიცინალური და ჰემინალური ნარმოებულები. კერძოდ, ვიცინალური დიჰალოგენნარმოებულების ჰიდროლიზით მიიღება ორატომიანი სპირტები -  $\alpha$ -გლიკოლები, ტრიჰალოგენნარმოებულების - ჰიდროლიზით კი - სამატომიანი სპირტები - გლიცერინის ნანარმები და ა.შ.



ხოლო ჰემინალური დიჰალოგენნარმოებულების ჰიდროლიზით მიიღება კარბონილური (ოქსო) ნაერთები, ტრიჰალოგენქარმოებულებიდან კი - კარბონმჟავები:



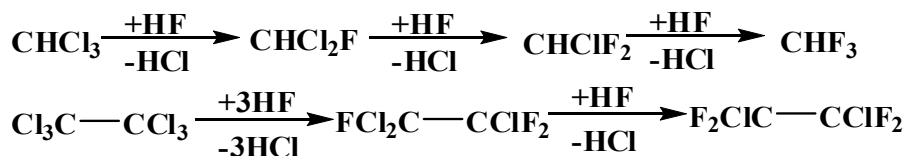
### გამოყენება:

ტექნიკაში განსაკუთრებით ფართო გამოყენება აქვთ მეთანის და ეთანის ქლორირების პროდუქტებს, აგრეთვე ფტორქლორიდებს.

დიქლორმეთანი გამოიყენება როგორც უვნადი ადვილად აქროლადი გამხსნელი; ქლოროფორმი - როგორც საუკეთესო გამხსნელი, მედიცინაში როგორც საანესთეზიო საშუალება; იოდოფორმი - როგორც ანტისეპტიკური საშუალება; ტეტრაქლორმეთანი - როგორც საუკეთესო უვნადი გამხსნელი; 1,2-დიქლორეთანი - იაფი, კარგი, მაგრამ მომწამლავი გამხსნელია. ფართოდ იყენებენ ქლორვინილის მისაღებად. ჰექსაქლორეთანი - ინსექტიციდი და ანტიჰელმინთური პრეპარატია, გამოიყენება აგრეთვე მბოლავი მავნებლების ნარმოებაში.

განსაკუთრებით დიდი გამოყენება ტექნიკაში აქვთ ფრეონებს - პოლიფთორქლორნახშირწყალბადებს. ფრეონები ძალიან მდგრადი ნაერთებია, არ განიცდიან ჰიდროლიზს, არ ინვევენ ლითონთა კოროზიას. ამიტომ ფართოდ გამოიყენებიან როგორც მაცივარაგენტები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვნებია: დიფტორდიქლორმეთანი -  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ , დიფტორქლორმეთანი -  $\text{CHF}_2\text{Cl}$ , ტეტრაფტორდიქლორეთანი -  $\text{CF}_2\text{Cl-CF}_2\text{Cl}$ , ფტოროტანი -  $\text{CF}_3\text{-CHClBr}$  - ერთერთი ყველაზე ეფექტური საანესთეზიო საშუალებაა, ქლოროფორმთან შედარებით ნაკლებად ტოქსიკურია.

მრეწველობაში ფრეონებს იღებენ პოლიქლორნანარმებიდან ქლორის ატომების ფთორის ატომებით ჩანაცვლების გზით:



### 11.3. უჯერი ნახშირწყალბადების ჰალოგენწარმოებულები

უჯერი ბმის და ჰალოგენის ურთიერთ მდებარეობის მიხედვით არჩევენ სამი ტიპის წარმოებას:

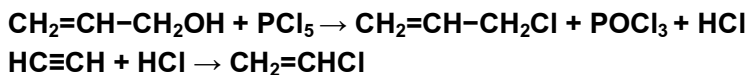
1. ჰალოგენი დაკავშირებულია უშუალოდ ჯერად ბმაში მონაწილე ნახშირბადატომთან („ჰალოგენი დგას უჯერ ბმასთან“);
2. ჰალოგენი დაკავშირებულია ჯერადი ბმის მეზობელ  $\alpha$ -ნახშირბადატომთან;
3. დანარჩენი ჰალოგენწარმოებულები, რომლებშიც ჰალოგენის ატომი უჯერი ბმიდან უფრო დაშორებულია ( $\beta$ -,  $\gamma$ - და ა.შ.).

ქვემოთ მოყვანილია ზოგიერთი წარმომადგენელი და მათი სახელწოდებები:

$\text{CH}_2=\text{CHCl}$	ქლორეთენი, ქლორვინილი, ვინილქლორიდი
$\text{CH}_2=\text{CCl}_2$	1,1-დიქლორეთენი, ვინილიდენდიქლორიდი
$\text{CHCl}=\text{CHCl}$	1,2-დიქლორეთენი
$\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}=\text{CH}_2$	3-ქლორ-1-პროპენი, ქლორალილი, ალილქლორიდი
$\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$	4-ქლორ-1-ბუტენი
$\text{CH}\equiv\text{CCl}$	ქლორეთინი
$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{Cl}$	3-ქლორ-1-პროპინი, პროპარგილქლორიდი

#### მიღების ხერხები:

უჯერი ჰალოგენწარმოებულების მისაღებად გამოყენებულია ნაჯერი ჰალოგენწარმოებულების მიღების მეთოდები:



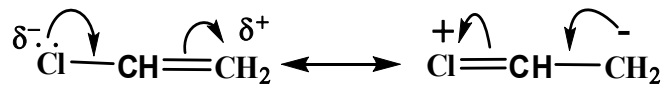
#### ფიზიკური თვისებები

უჯერი ჰალოგენწარმოებულები ნაჯერი ჰალოგენწარმოებულების მსგავსი ნივთიერებებია.

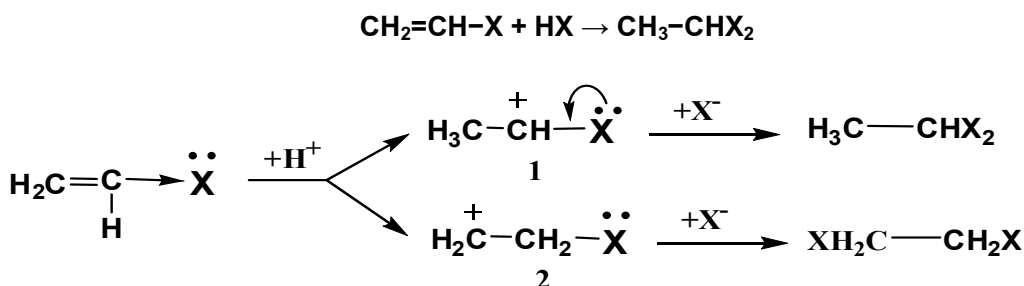
#### ქიმიური თვისებები

უჯერი ჰალოგენწარმოებულების ქიმიური თვისებები დამოკიდებულია აღნაგობაზე ანუ ჰალოგენის ატომის მდებარეობაზე.

პირველი ჯგუფის ჰალოგენწარმოებულები ხასიათდებიან დაბალი რეაქციის უნარიანობით. ეს აიხსნება ჰალოგენის ერთ-ერთი თავისუფალი ელექტრონული წყვილის შეუღლებით  $\pi$ -ბმასთან, რის შედეგად ხდება **C-Hal** ბმის სიგრძის შემცირება:

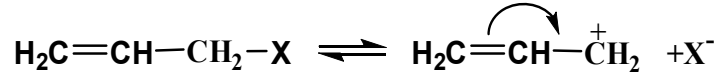


შედეგად პრაქტიკულად აღარ ხდება ჰალოგენის ატომის მოხლეჩა-ჩანაცვლება სხვა ჯგუფებით. გაძნელებულია, აგრეთვე, ორმაგ ბმასთან მიერთების რეაქციები. ამის მიუხედავად, ელექტროფილური მიერთების რეაქცია მიმდინარეობს მარკოვნიკოვის წესის შესაბამისად (იხილეთ ალკენების და ალკინების ქიმიური თვისებები):

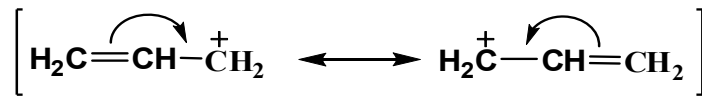


ორი შესაძლო შუალედური კარბკატიონიდან უფრო მდგრადია (1), რადგან მისი დადებითი მუხტი ნაწილობრივ კომპენსირდება ჰალოგენის ატომის თავისუფალ ელექტრონულ წყვილთან შეუღლების გამო, რაც (2) კარბკატიონის შემთხვევაში შეუძლებელია.

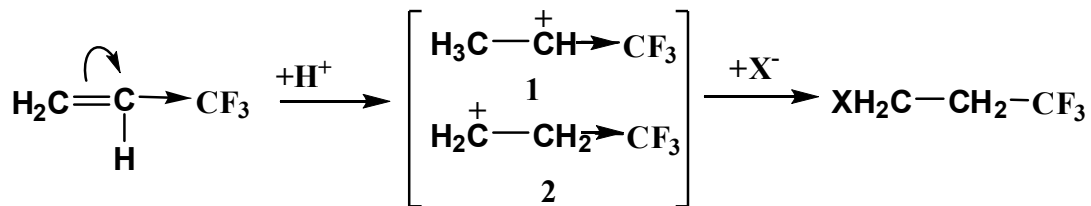
მეორე ჯგუფის ჰალოგენწარმოებულებში აღარ არის ასეთი შეუღლება. ამის გამო ჰალოგენის ატომი მოძრავია - ადვილდება მისი ჩანაცვლება. ეს აიხსნება შუალედური ალილური კარბკატიონის მდგრადობით, რაც გამოწვეულია ორმაგი ბმის დადებითი მეზომერული ეფექტით (+M):



ალილურ კარბკატიონის ორივე შესაძლო ზღვრული რეზონანსული სტრუქტურა ტოლფასია, რაც მიუთითებს ელექტრონული სიმკვრივის დელოკალიზაციის მაღალ ხარისხზე და, მაშასადამე, იონის სტაბილურობაზე:



ალილურ მონოჰალოგენიდებთან ელექტროფილური მიერთება მიმდინარეობს მარკოვნიკოვის წესის შესაბამისად. ჰალოგენის ატომების მატებისას კი მარკოვნიკოვის წესის საწინააღმდეგოდ, მაგ. ტრიფტორპროპენს  $\text{CF}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$  ჰალოგენწყალბადი უერთდება მარკოვნიკოვის წესის საწინააღმდეგოდ, ვინაიდან  $\text{CF}_3$ -ჯგუფის უარყოფითი ინდუქციური გავლენის (-I) გამო შუალედური კარბკატიონებიდან ძალიან არამდგრადია (1). შესაბამისად ჰალოგენიდ-ანიონი უერთდება შედარებით მდგრად კარბკატიონს (2):

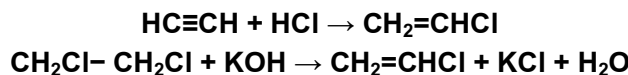


ანალოგიური თვისებები გააჩნიათ პროპარგილჰალოგენიდებსაც.

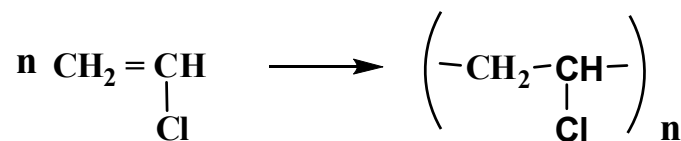
მესამე ტიპის ჰალოგენწარმოებულების თვისებები ფაქტიურად არ განსხვავდება ერთის მხრივ ნაჯერი ჰალოგენწარმოებულების და მეორეს მხრივ, უჯერი ნაერთების თვისებებისაგან.

### კერძო წარმომადგენლები

**ვინილქლორიდი** ჩვეულებრივ პირობებში აირია. ტექნიკაში იღებენ აცეტილენთან ქლორწყალბადის მიერთებით ან დიქლორეთანის დეჰიდროჰალოგენირებით:



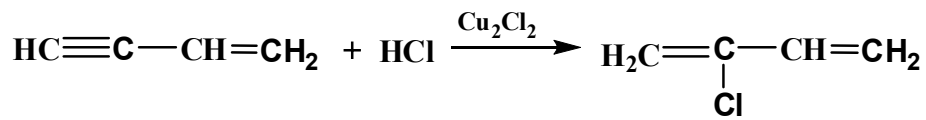
ვინილქლორიდის პოლიმერიზაციით პოლიქლორვინილი (პოლივინილქლორიდი) მიიღება:



პოლიქლორვინილი გამოიყენება საიზოლაციო მასალის, გრამფირფიტების, წყალგაუმტარი მასალების და სხვა ნაკეთობათა დასამზადებლად.

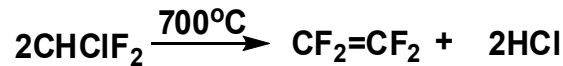
**ალილქლორიდი** უფერო სითხეა. იღებენ პროპენის ქლორირებით მაღალ ტემპერატურაზე. გამოიყენება ალილის სპირტის და გლიცერინის მისაღებად.

**ქლოროპრენი** მიიღება ვინილაცეტილენთან ქლორწყალბადის მიერთებით  $\text{Cu}_2\text{Cl}_2$ -ის თანაობისას:



ქლოროპრენი გამოიყენება სინთეზური კაუჩუკის მისაღებად.

**ტეტრაფტორეთილენი** - უფერო აირია. მიღება ზოგიერთი ფრეონის პიროლიზით:



ტეტრაფტორეთილენის პოლიმერიზაციით მიიღება პოლიმერი - **ტეფლონი**, რომელიც გამორჩევა ძლიერი ქიმიური მედეგობით:



ტეფლონისაგან ამზადებენ აგრესიული გარემოსადმი მდგრად დეტალებს.

## 12. ჰიდროქსინაერთები

ჰიდროქსილის ჯგუფის შემცველ ორგანულ ნივთიერებებს - **ROH** - ჰიდროქსინაერთები ანუ **სპირტები** ეწოდება. ჰიდროქსილის ჯგუფის რაოდენობის მიხედვით არჩევენ ერთატომიან, ორატომიან, სამატომიან და მრავალატომიან სპირტებს. რადიკალის მიხედვით - ნაჯერ, უჯერ, არომატულ და სხვა სპირტებს. ჰიდროქსინაერთებს მიეკუთვნება აგრეთვე ფენოლები.

### 12.1. ნაჯერი ერთატომიანი სპირტები

ნაჯერი ერთატომიანი სპირტების ჰომოლოგიური რიგის ზოგადი ფორმულაა **C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>OH**. ქვემოთ მოყვანილია პირველი ოთხი ნეერი და მათი სახელწოდებები. საერთაშორისო ნომენკლატურით სპირტების სახელწოდება იწარმოება შესაბამისი ნახშირწყალბადის სახელზე დაბოლოება „ოლი“-ს დამატებით:

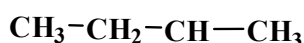
- CH<sub>3</sub>OH** - მეთანოლი, მეთილის სპირტი, ხის სპირტი
- C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH** - ეთანოლი, ეთილის სპირტი, ღვინის სპირტი
- C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH** - პროპანოლი, პროპილის სპირტი
- C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH** - ბუტანოლი, ბუტილის სპირტი

სპირტებში გვხვდება იზომერიის ორი ტიპი: ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერია და ჰიდროქსილის გჯგუფის მდებარეობის იზომერია.

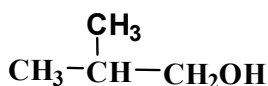
მაგალითად, არსებობს ოთხი იზომერული ბუტანოლი:



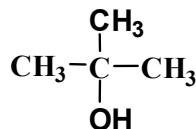
ბუტანოლ-1,  
ნ-ბუტანოლი



ბუტანოლ-2



2-მეთილპროპანოლ-1

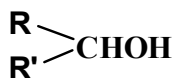


2-მეთილპროპანოლ-2

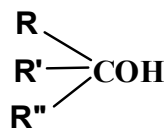
ჰიდროქსილის ჯგუფის მდებარეობის მიხედვით არჩევენ პირველად, მეორეულ და მესამეულ სპირტებს:



პირველადი

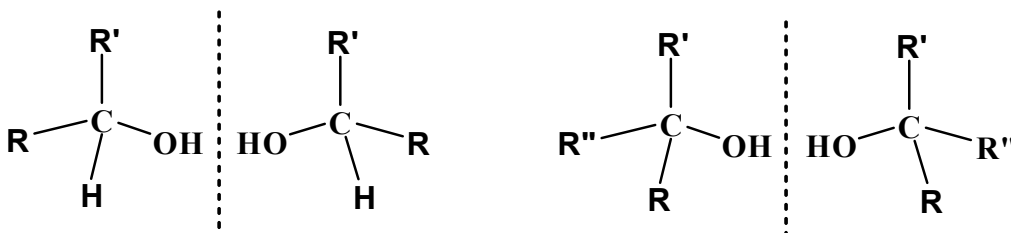


მეორეული



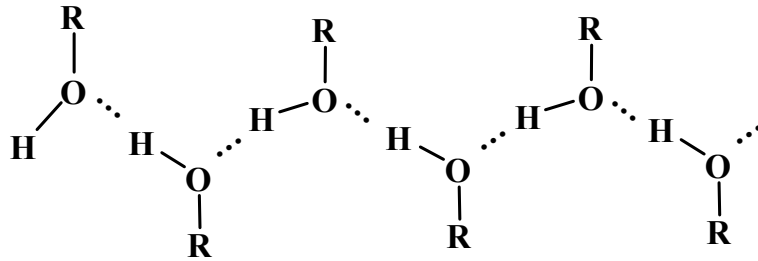
მესამეული

სპირტებში გვხვდება ოპტიკური იზომერიაც. განსხვავებული რადიკალების შემცველი მეორეული და მესამეული სპირტები არსებობენ ორ-ორი იზომერის (ენანტიომერების) სახით (იხ. თავი 18.1.2.):

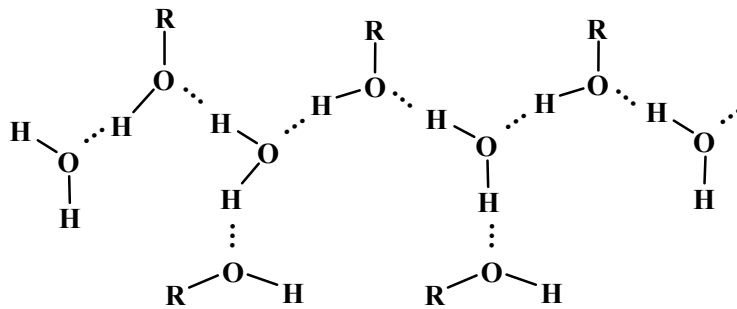


### ფიზიკური თვისებები

სპირტები წყალზე მსუბუქია. სპირტების ჰომოლოგიური რიგის პირველი ათი წევრი ოთახის ტემპერატურაზე სითხეებია, დანარჩენები კი - მყარი ნივთიერებები. ის ფაქტი, რომ არ არსებობს აირადი სპირტები და რომ ნებისმიერი სპირტის დუღილის ტემპერატურა გაცილებით მაღალია, შესაბამისი ნახშირწყალბადის დუღილის ტემპერატურასთან შედარებით, აიხსნება მათი უნარით დაამყარონ მოლეკულათშორისი წყალბადური ბმები:

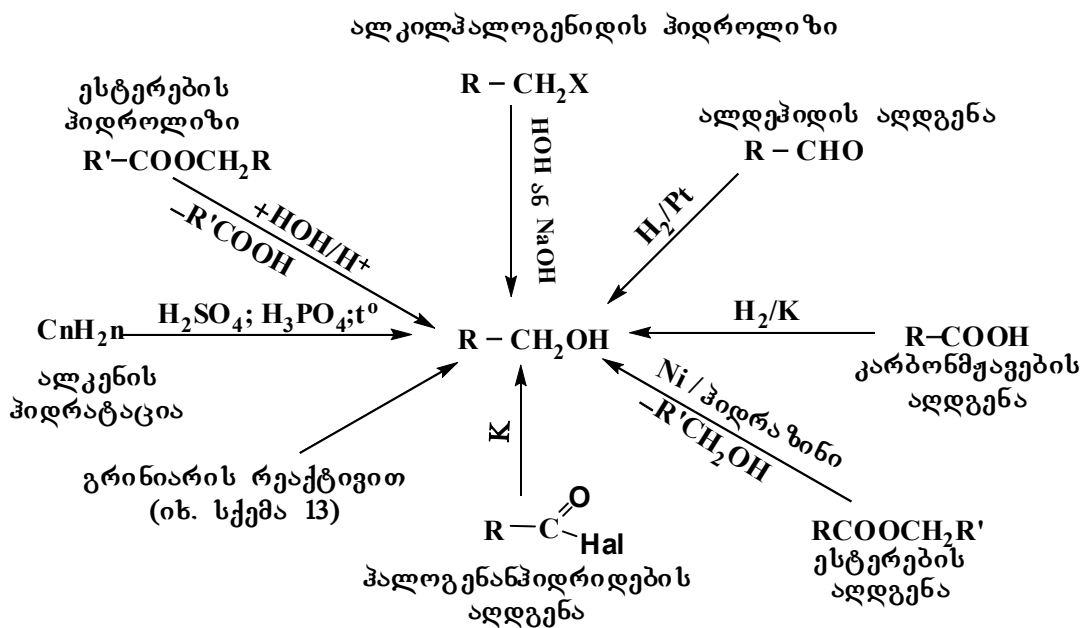


მოლეკულათშორისი წყალბადური ბმების დამყარების უნარით აიხსნება მათი წყალში ხსნადობაც - პირველი ოთხი წევრი წყალში კარგად ხსნადია, რადიკალის ზომის ზრდასთან ერთად ხსნადობა მცირდება - უმაღლესი ჰომოლოგები კი წყალში არ იხსნება:

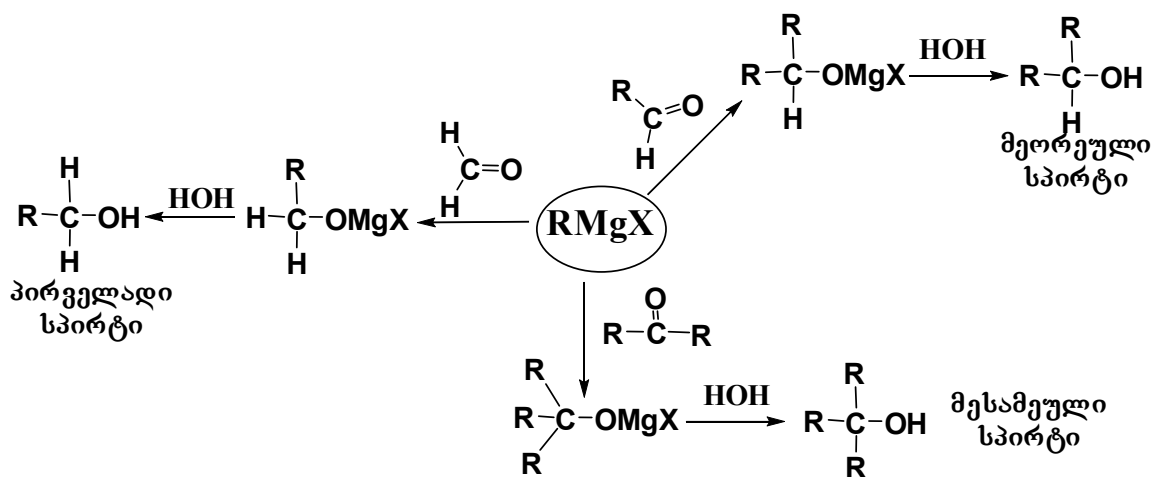


### მიღება და თვისებები

სქემა 12

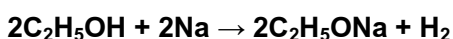




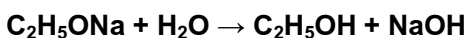


სპირტები ამჟღავნებენ ამფოტერულ ბუნებას: ჰიდროქსილის ჯგუფით მიმდინარე რეაქციებში შესაძლებელია როგორც **O-H**, ისე **C-O** ბმის გახლეჩა.

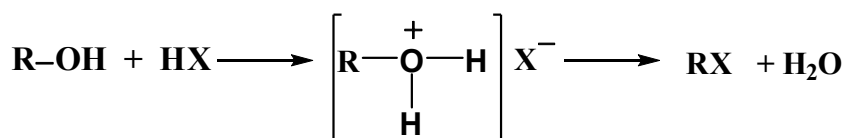
სპირტის ურთიერთქმედებით ტუტე ლითონებთან ხდება ჰიდროქსილის წყალბადატომის ჩანაცვლება ლითონით და წარმოიქმნება ალკოჰოლატი:



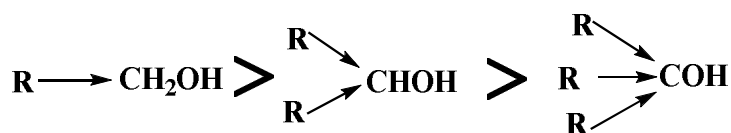
ალკოჰოლატები ადვილად განიცდიან ჰიდროლიზს, რადგანაც სპირტებს უფრო სუსტი მჟავური ბუნება აქვთ, ვიდრე წყალს

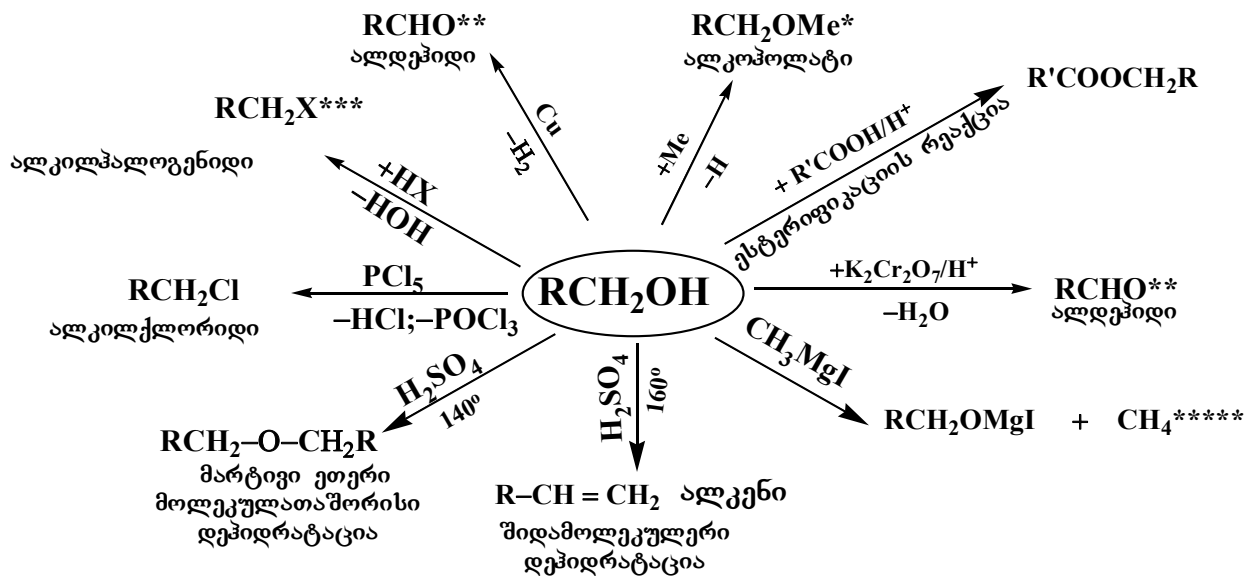


მჟავური ბუნების გარდა ისინი ფუძე ბუნებასაც ამჟღავნებენ: ძლიერ მჟავებთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნიან ალკილოქსონიუმის მარილებს, რომლებიც გაცხელებისას, მესამეული სპირტების შემთხვევაში კი ცივადაც, იშლებიან:



სპირტების მჟავური ბუნება მცირდება რიგში: პირველადი > მეორეული > მესამე-ული, რაც გამოწვეულია ჰიდროქსილის ჟანგბადატომზე ელექტრონული სიმკვრივის გაზრდით რადიკალების დადებითი ინდუქციური ეფექტის გამო. იმავე მიზეზით ამ რიგში ძლიერდება ფუძე ბუნება.





\*Me=Na, K, Mg, Al და სხვ. რეაქციის უნარიანობა მცირდება რიგში:

**CH<sub>3</sub>OH > პირველადი > მეორეული > მესამეული.**

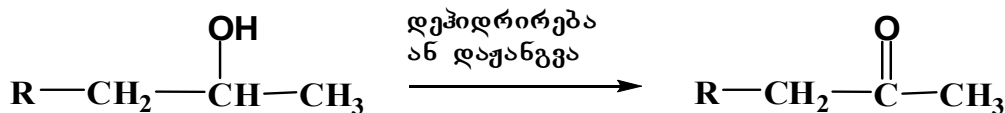
\*\*მეორეული სპირტების დაჟანგვით ან დეჰიდრირებით მიიღება კეტონები; მესამეული სპირტები არ რეაგირებენ.

\*\*\*HX-ის რეაქციის უნარიანობა მცირდება რიგში: **HI > HBr > HCl.**

\*\*\*\* ჩუგაევ-ცერევიტინოვის რეაქცია. გამოყოფილი მეთანის რაოდენობით ისაზღვრება სპირტის ატომიანობა და ზოგადად ორგანულ ნაერთში აქტიური წყალბადის რაოდენობა.

სპირტები იჟანგება ჰაერის ჟანგბადით სპილენძის ან სხვა კატალიზატორის მონაწილეობით **300-500°C**, პერმანგანატით, დიქრომატით და სხვ. დეჰიდრირებას ატარებენ **100-180°C Cu, Ag, Ni, Co, Pt, Pd** კატალიზატორებზე.

მეორეული სპირტების დაჟანგვით ან დეჰიდრირებით მიიღება კეტონები:



მესამეული სპირტები ამ რეაქციაში არ მონაწილეობენ, ვინაიდან არ გააჩნიათ ჰიდროქსილის მიმართ  $\alpha$ -წყალბადატომი.

**გამოყენება**

დაბალი რიგის სპირტები გამოიყენება გამხსნელად. ეთანოლს იყენებენ კვების მრეწველობაში, პარფიუმერიაში, მედიცინაში, კაუჩუკის წარმოებასა და სხვ.

**12.2. მრავალატომიანი სპირტები**

ორი და მეტი ჰიდროქსილის ჯგუფის შემცველ სპირტებს მრავალატომიანი სპირტები ეწოდება. ორატომიან სპირტებს ეწოდებათ დიოლები (გლიკოლები), სამატომიან სპირტებს - ტრიოლები (გლიცერინები), ოთხატომიანებს - ერიტრიტები, ხუთატომიანებს - პენტიტები, ექვსატომიანებს - ჰექსიტები და ა.შ.

### 12.2.1. გლიკოლები

გლიკოლების ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n}(OH)_2$ . ერთ ნახშირბადატომთან ორი ჰიდროქსილის ჯგუფის შემცველი ნაერთები არამდგრადია (ელტეკოვ-ერლენმეიერის წესი) და კარგავენ წყალს. ამ დროს მიიღება ალდეჰიდი ან კეტონი.

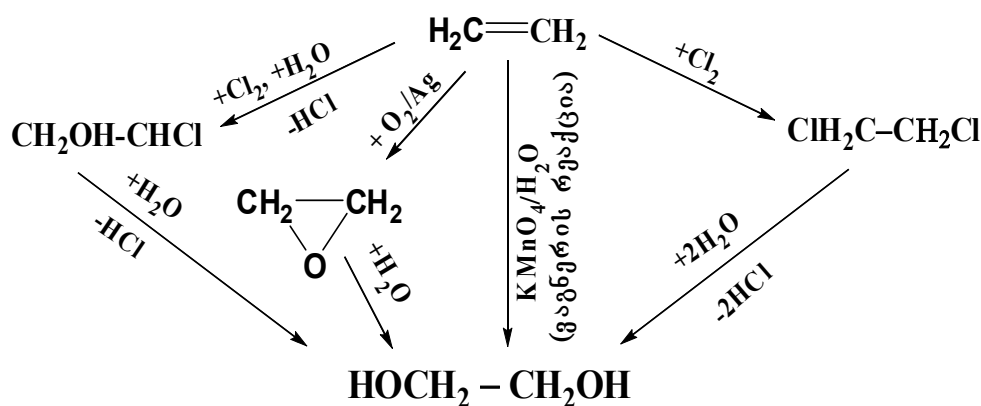
გლიკოლების მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია ეთილენგლიკოლი - 1,2-ეთანდიოლი  $CH_2OH-CH_2OH$ .

გლიკოლებს ჩონჩხის იზომერიის გარდა, ახასიათებთ ჰიდროქსილის ჯგუფების მდებარეობის იზომერია - ნახშირბადოვან ჯაჭვში მათი ურთიერთმდებარეობის მიხედვით არჩევენ  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - და ა.შ. გლიკოლებს. მაგალითად:

$CH_3-CH_2-CHOH-CH_2OH$	1,2-დიჰიდროქსიბუტანი, ბუტანდიოლ-1,2 ( $\alpha$ -გლიკოლი)
$CH_3-CHOH-CHOH-CH_3$	2,3-დიჰიდროქსიბუტანი, ბუტანდიოლ-2,3 ( $\alpha$ -გლიკოლი)
$CH_3-CHOH-CH_2-CH_2OH$	1,3-დიჰიდროქსიბუტანი, ბუტანდიოლ-1,3 ( $\beta$ -გლიკოლი)
$CH_2OH-CH_2-CH_2-CH_2OH$	1,4-დიჰიდროქსიბუტანი, ბუტანდიოლ-1,4 ( $\gamma$ -გლიკოლი)

სქემა 15-ზე მოყვანილია ეთილენგლიკოლის მიღების მეთოდები. ანალოგიურად ხდება სხვა გლიკოლების მიღებაც;

სქემა 15

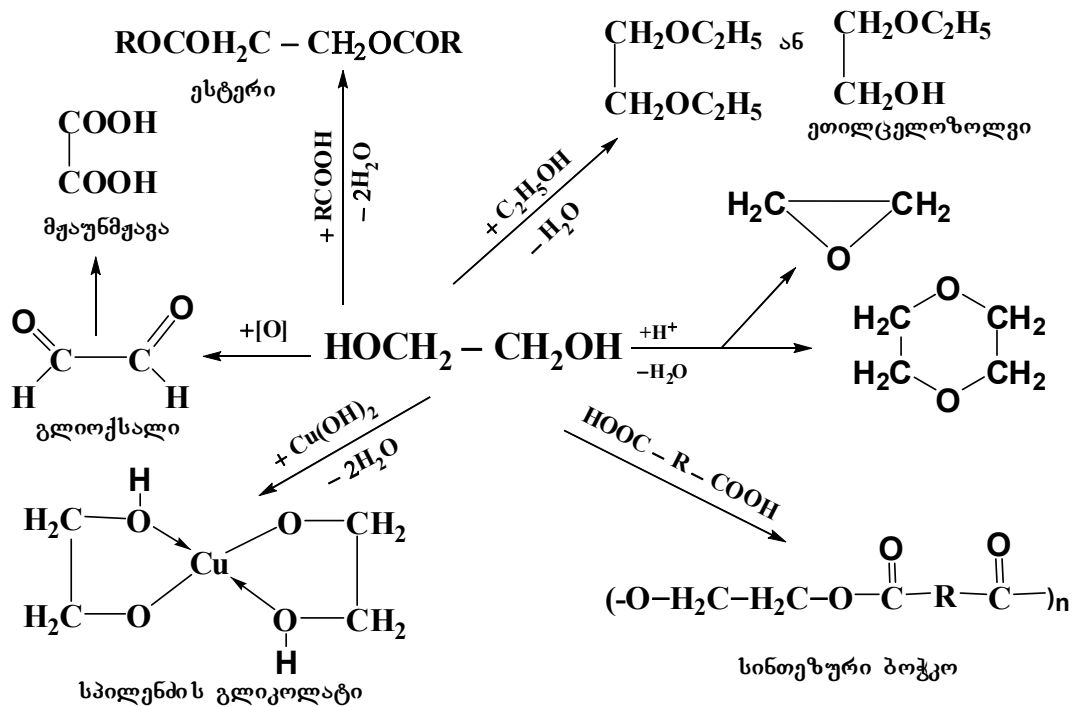


#### ფიზიკური თვისებები

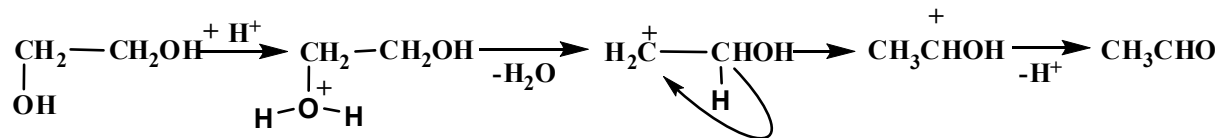
ეთილენგლიკოლი უფერო, უსუნო, მოტკბო ("გლიკოს" - ტკბილი), წყალში ხსნადი სითხეა. ტოქსიკურია. მისი დუღილის ტემპერატურაა  $198^{\circ}C$ .

#### ქიმიური თვისებები

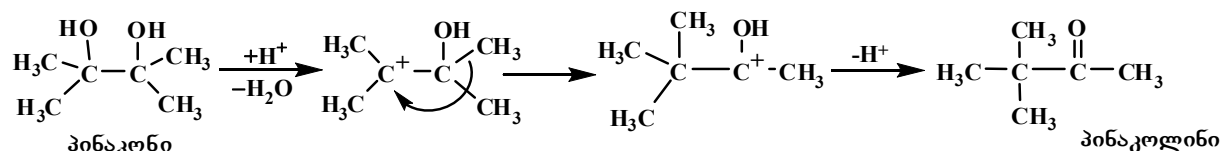
ერთატომიან სპირტებთან შედარებით  $\alpha$ -გლიკოლების მჟავური ბუნება გაძლიერებულია. ორფუძიანი მჟავების მსგავსად ისინი სრულ და მჟავა მარილებს - გლიკოლატებს იძლევიან. მჟავური ბუნება იმდენად გაზრდილია, რომ გლიკოლატებს წარმოქმნიან არა მხოლოდ ტუტეებთან, არამედ სუსტ, უხსნად ჰიდროქსიდებთანაც. მაგალითად, ახლად დალექილ მოცისფრო  $Cu(OH)_2$ -თან ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება კომპლექსური მარილის - სპილენძის გლიკოლატის ლურჯი ფერის ხსნარი. ეს რეაქცია წარმოადგენს თვისებით რეაქციას მრავალატომიან სპირტებზე, რომლებიც თუნდაც ერთ  $\alpha$ -გლიკოლურ ფრაგმენტს შეიცავენ.



გლიკოლების განსაკუთრებულ თვისებას წარმოადგენს დეჰიდრატაცია მჟავე არეში - ჰიდრიდული გადაჯგუფება, რომელიც მიმდინარეობს შემდეგი სქემით:



ხოლო, α-დიმესამეული გლიკოლების დეჰიდრატაციის დროს მჟავე არეში ადგილი აქვს ე.წ. პინაკოლინურ გადაჯგუფებას, რომლის დროს ხდება მეთილის ჯგუფის გადაჯგუფება და მიიღება პინაკონი (შებრუნებულ რეაქციას რეტროპინაკოლინური გადაჯგუფება ეწოდება):



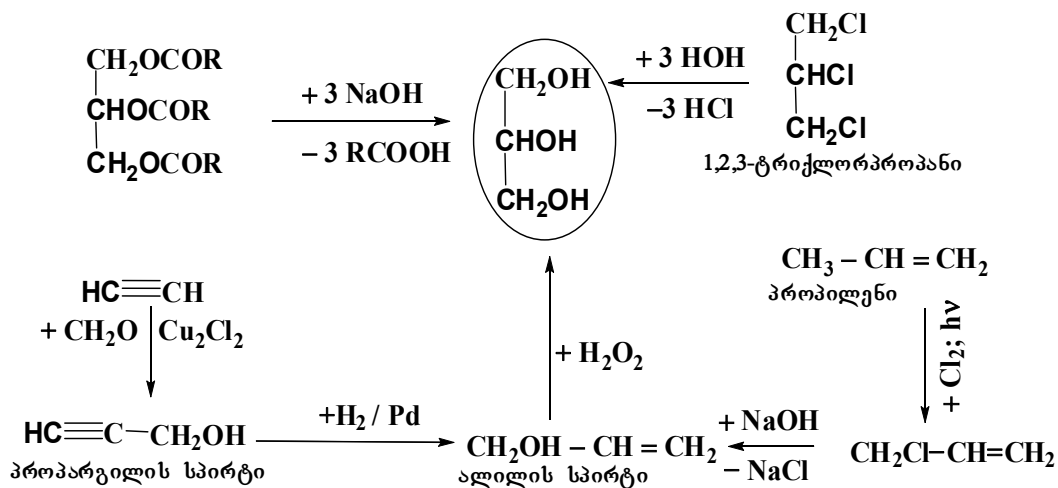
### გამოყენება

ეთილენგლიკოლი გამოიყენება ანტიფრიზების (ანტიფრიზები ეწოდება დაბალი გამყარების ტემპერატურის მქონე სითხეებს, ეთილენგლიკოლის ან გლიცერინის წყალხსნარი ანტიფრიზია) დასამზადებლად, ორგანულ სინთეზებში, სინთეზური ბოჭკოს და ფეთქებადი ნივთიერებების მისაღებად და სხვ.

### 12.2.2. გლიცერინი

სამატომიანი სპირტების უმარტივესი წარმომადგენელია გლიცერინი. სქემა 17-ზე მოყვანილია გლიცერინის მიღების მეთოდები.

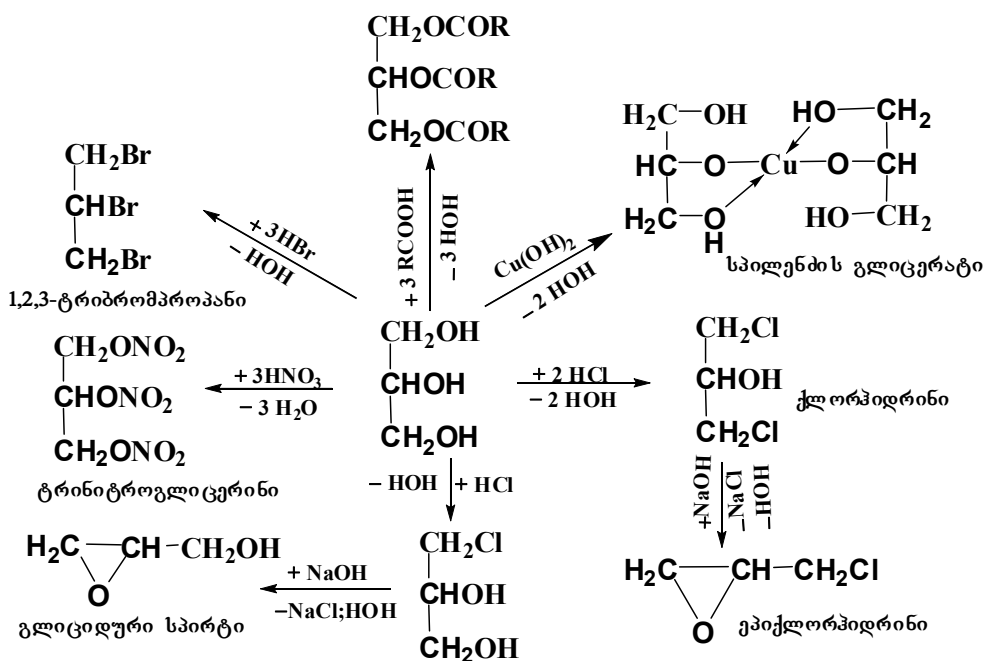




**ფიზიკური თვისებები**

გლიცერინი უფერო, ტკბილი გემოს, სიროფისებური, წყალში ხსნადი სითხეა. მისი დუღილის ტემპერატურაა 290°C.

**ქიმიური თვისებები**

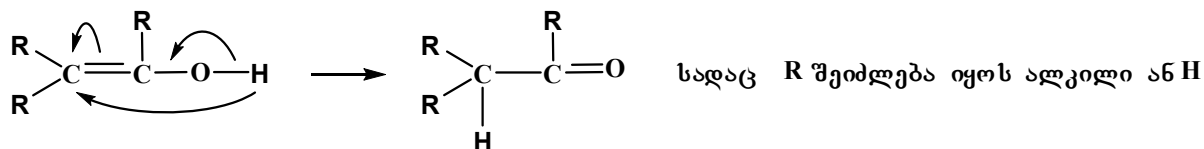


**გამოყენება**

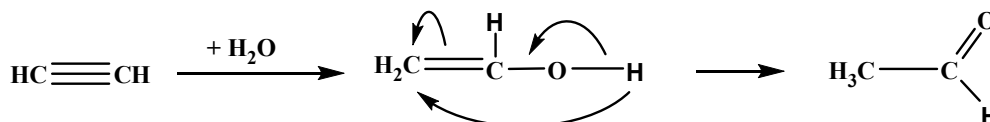
გლიცერინი გამოიყენება კვების მრეწველობაში, მედიცინაში, ტყავის წარმოებაში, ფეთქებადი ნივთიერების (ნიტროგლიცერინის) მისაღებად, ანტიფორიზის დასამზადებლად, ქიმიურ სინთეზებში და სხვ.

### 13. უჯერი ერთათომიანი სპირტები

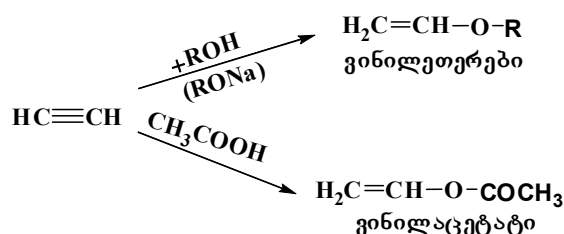
უჯერი სპირტები შეიძლება იყოს: ეთილენური, აცეტილენური, ვინილ-აცეტილენური და სხვ. უჯერი სპირტი, რომელშიც ჰიდროქსილის ჯგუფი დაკავშირებულია უჯერ ბმაში მონაწილე ნახშირბადატომთან არამდგრადია. ასეთი ნაერთი წარმოქმნისთანავე იზომერიზდება ალდეჰიდად ან კეტონად:



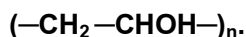
გავიხსენოთ კუჩეროვის რეაქცია



მართალია ვინილის სპირტი არ არსებობს, მაგრამ მისი მარტივი ეთერები და ესტერები მდგრადებია. მათი მიღება ხდება აცეტილენის სამმაგ ბმასთან სპირტების და მჟავების მიერთებით (ნუკლეოფილური მიერთება):

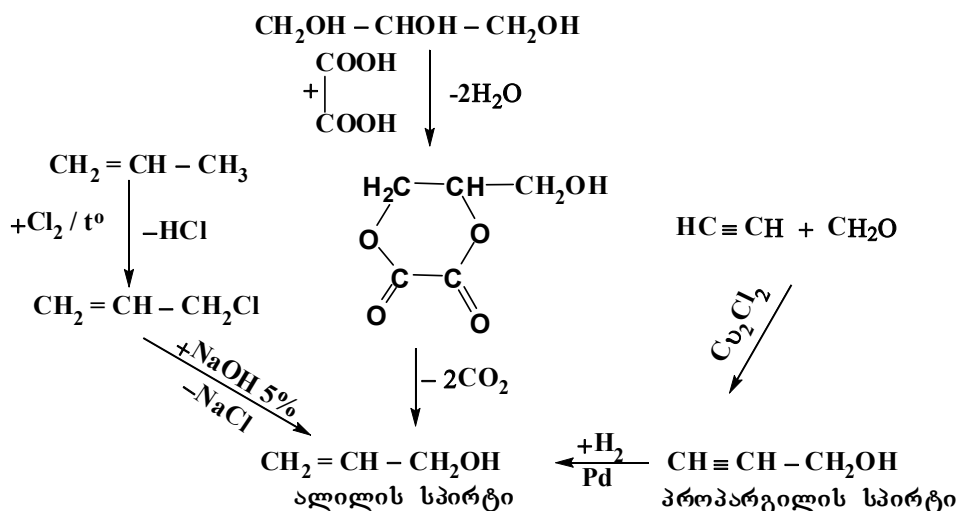


ვინილესტერებიდან მნიშვნელოვანია ვინილაცეტატი, რომლის პოლიმერიზაციით მიიღება პოლივინილაცეტატი, რომელიც ჰიდროლიზით იძლევა პოლივინილის სპირტს



ეს ნაერთი ფართოდ გამოიყენება მედიცინაში ქირურგიული ძაფების დასამზადებლად. ეთილენური სპირტების პირველი წევრია ალილის სპირტი  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2\text{OH}$ , ხოლო აცეტილენური სპირტების - პროპარგილის სპირტი  $\text{HC} \equiv \text{C} - \text{CH}_2\text{OH}$ . ამ სპირტების მიღების მეთოდები მოყვანილია სქემა 19-ზე:

სქემა 19



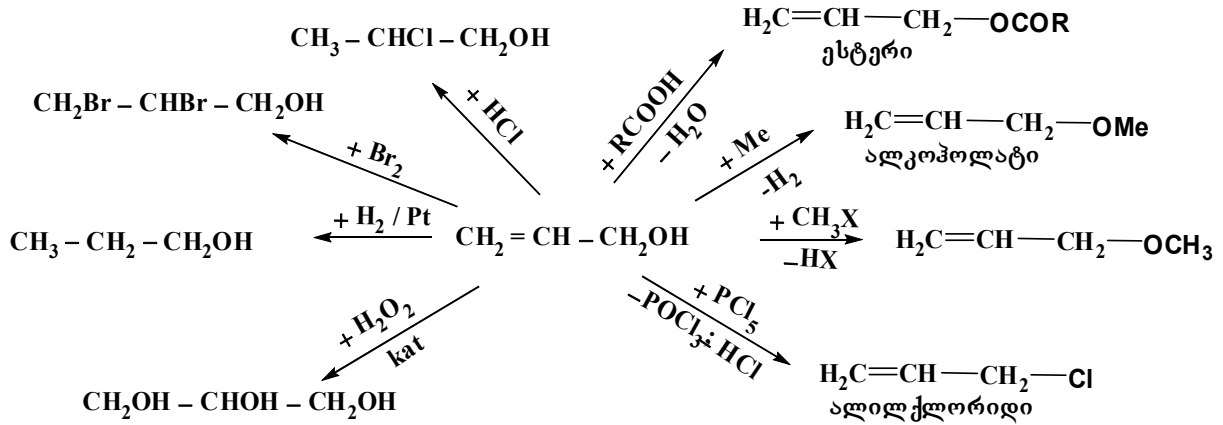
### ფიზიკური თვისებები

ალილის სპირტი მძაფრი სუნის უფერო სითხეა; პროპარგილის სპირტი არასასიამოვნო სუნის უფერო სითხეა. წყალში მცირედ ხსნადება.

### ქიმიური თვისებები.

უჯერ სპირტებს ახასიათებთ როგორც სპირტული, ისე უჯერი ბმის თვისებები. ალილის სპირტის ქიმიური თვისებები მოცემულია სქემა 20-ზე.

სქემა 20

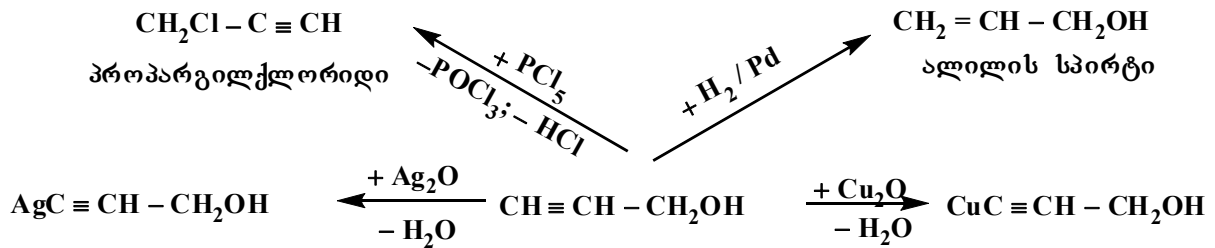


უჯერი ბმის რეაქციები

სპირტების დამახასიათებელი რეაქციები

ალილის სპირტს იყენებენ გლიცერინის მისაღებად მრეწველობაში (იხ. სქემა 17). პროპარგილის სპირტის თვისებები მოცემულია 21-ე სქემაზე:

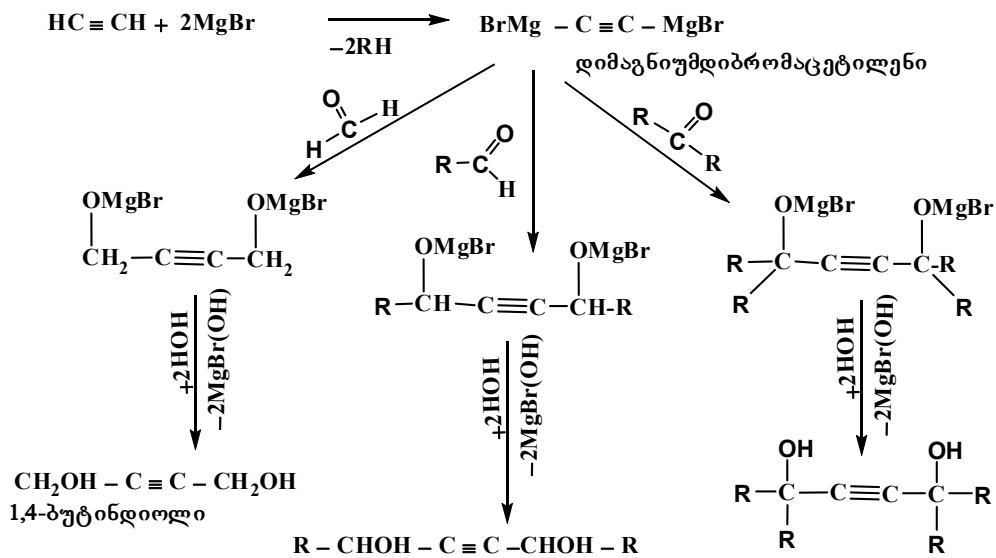
სქემა 21



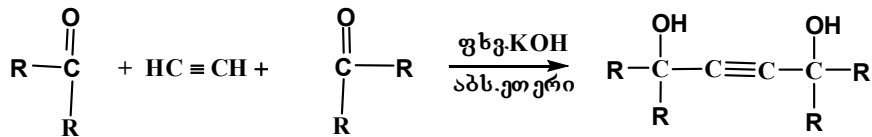
### 13.1. უჯერი გლიკოლები

უჯერი გლიკოლებიდან აღსანიშნავია აცეტილენის რიგის გლიკოლები. მათი მიღების ხერხებიდან აღსანიშნავია იოციჩის (მაგნიორგანული სინთეზით), ფავორსკის და რეპეს რეაქციები:

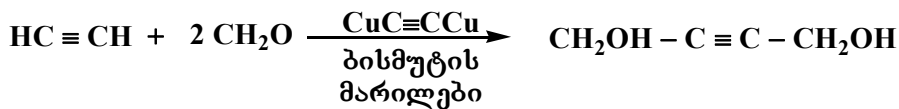
1. იოციჩის რეაქცია (მაგნიორგანული სინთეზი):



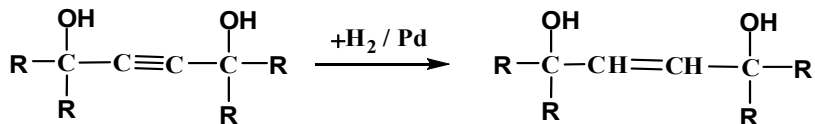
2. ფავორსკის რეაქცია:



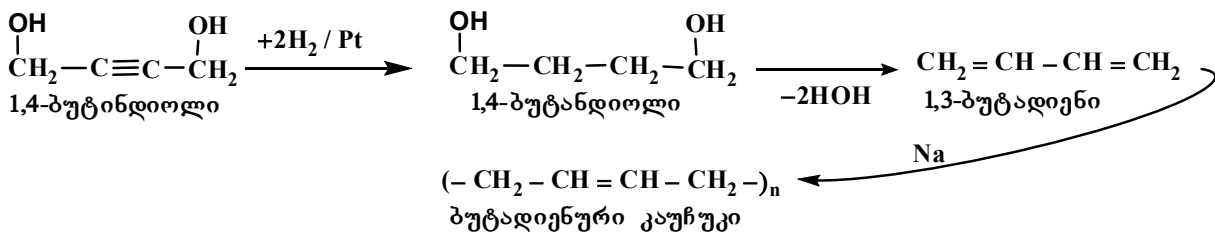
3. რეპეს რეაქცია:



ეთილენური გლიკოლების მიღების ერთადერთი გზაა აცეტილენური გლიკოლების სელექციური ჰიდრირება:



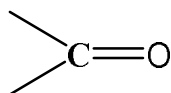
ტექნიკაში დიდი გამოყენება მოიპოვა ბუტინდიოლ-1,4-მა, რომლისგანაც იღებენ ბუტადიენ-1,3-ს, ხოლო ამ უკანასკნელიდან - კაუჩუკს:





## 14. ოქსონაერთები (კარბონილური ნაერთები)

კარბონილური (ოქსო) ჯგუფი ეწოდება ატომთა დაჯგუფებას:

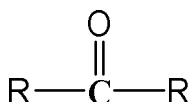


ამ ჯგუფის შემცველ ნაერთებს კარბონილური ანუ ოქსონაერთები ეწოდება.

ალდეჰიდების მოლეკულებში კარბონილის ჯგუფი დაკავშირებულია რადიკალთან და წყალბადის ერთ ატომთან. გამონაკლისია ჰომოლოგიური რიგის პირველი წევრი, რომელშიც კარბონილის ჯგუფი დაკავშირებულია წყალბადის ორ ატომთან:



კეტონებში კარბონილის ჯგუფი დაკავშირებულია ორ რადიკალთან:



რადიკალის მიხედვით არჩევენ ნაჯერ, უჯერ, არომატულ და სხვ. კარბონილურ ნაერთებს.

### 14.1. ნაჯერი კარბონილური ნაერთები

ნაჯერი ალდეჰიდების ჰომოლოგიური რიგის ზოგადი ფორმულაა  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CHO}$ , კეტონების -  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COC}_m\text{H}_{2m+1}$ . ქვემოთ მოყვანილია ალდეჰიდებისა და კეტონების უმარტივესი წარმომადგენლები. მათი სახელწოდებები იწარმოება საერთაშორისო ნომენკლატურით შესაბამისი ნახშირწყალბადის სახელწოდებაზე დაბოლოება „ალი“ დამატებით ალდეჰიდების შემთხვევაში, კეტონების შემთხვევაში კი ემატება „ონი“. გამოყენებულია აგრეთვე ტრივიალური სახელწოდებებიც:

**HCHO** მეთანალი, ფორმალდეჰიდი, ჭიანჭველას ალდეჰიდი

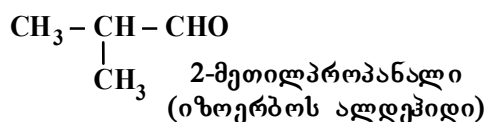
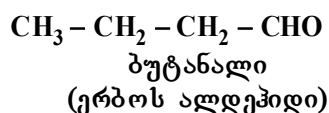
**CH<sub>3</sub>CHO** ეთანალი, აცეტალდეჰიდი, ძმარმჟავას ალდეჰიდი

**C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>CHO** პროპანალი, პროპიონის ალდეჰიდი

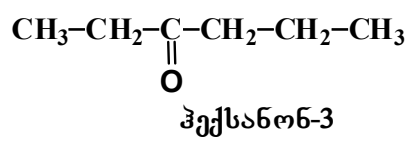
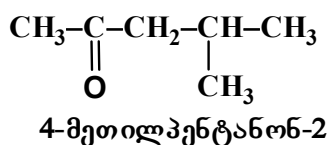
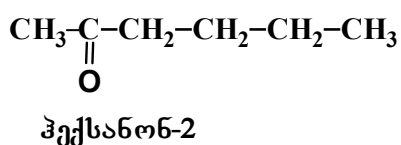
**CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>** პროპანონი, დიმეთილკეტონი, აცეტონი

**CH<sub>3</sub>COC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>** ბუტანონი, მეთილეთილკეტონი

ალდეჰიდებში გვხვდება ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერია. მაგ.:



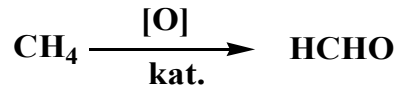
კეტონებში კი - ნახშირბადოვანი ჯაჭვისა და კარბონილის ჯგუფის მდებარეობის იზომერია:



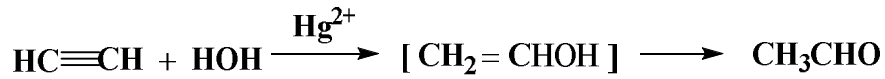
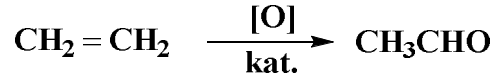
მიღების მეთოდები:

კერძო წარმომადგენლების მიღების ძირითადი მეთოდებია:

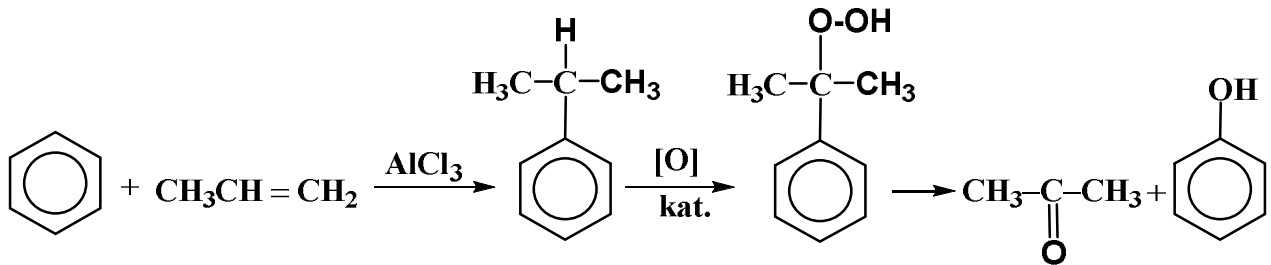
ფორმალდეჰიდის



აცეტალდეჰიდის

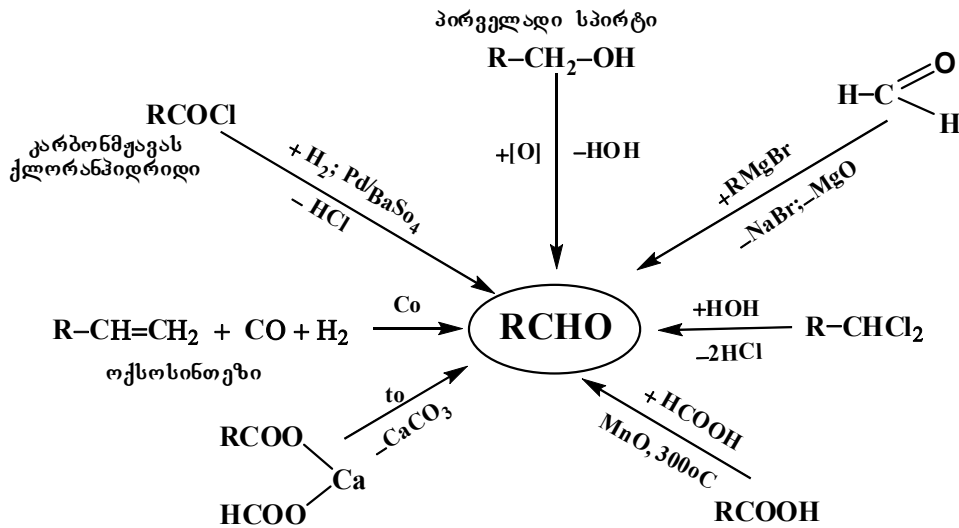


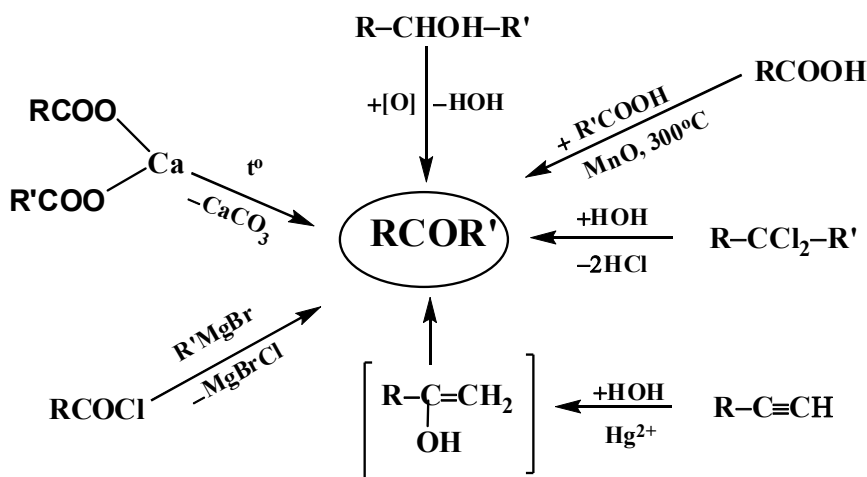
აცეტონის



ოქსონაერთების მიღების ზოგადი მეთოდები მოყვანილია სქემებზე 22 და 23

სქემა 22





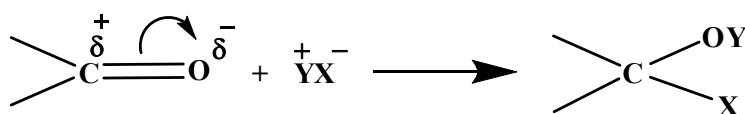
**ფიზიკური თვისებები**

ფორმალდეჰიდი აირია, შემდგომი რამდენიმე ჰომოლოგი - სითხე, უმაღლესი ჰომოლოგები კი მყარი ნივთიერებები. ფორმალდეჰიდი და აცეტალდეჰიდი წყალში კარგად ხსნადებია. დაბალი რიგის კეტონები წყალში ხსნადი სითხეებია, მაღალი რიგის კეტონები - მყარი ნივთიერებები.

**ქიმიური თვისებები**

კარბონილური ნაერთები გამოირჩევიან მაღალი რეაქციისუნარიანობით. მათ ახასიათებთ მიერთების, დაჟანგვის, კონდენსაციის და პოლიმერიზაციის რეაქციები. ამ რეაქციების უმრავლესობას განპირობებს აქტიური კარბონილის ჯგუფის არსებობა.

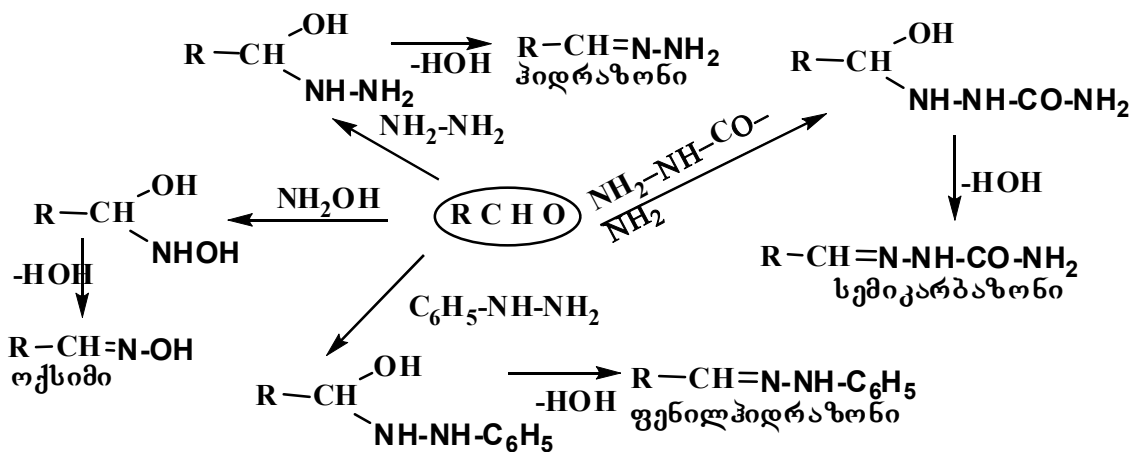
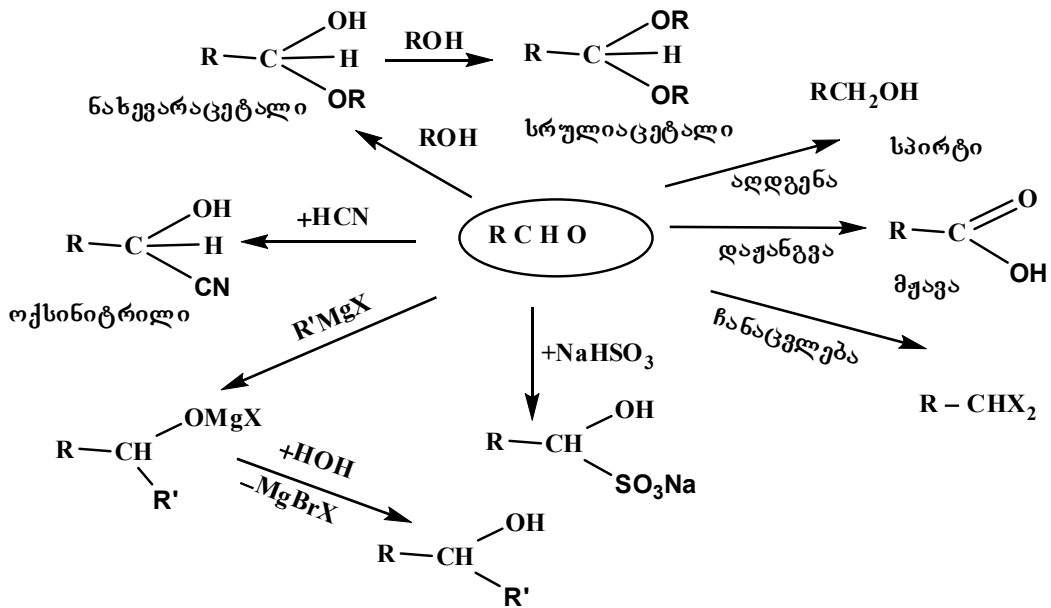
**C=O** ბმა ძლიერ პოლარულია და ელექტრონული სიმკვრივე გადაწეულია უფრო მაღალი ელექტროუარყოფითობის მქონე ჟანგბადატომისაკენ. ამის გამო ნახშირბადატომზე მცირდება ელექტრონული სიმკვრივე, იგი იძენს ნაწილობრივ დადებით მუხტს ( $\delta^+$ ) და შესაბამისად, ელექტროფილურ თვისებებს, ხოლო ჟანგბადატომი ნაწილობრივ უარყოფით მუხტს ( $\delta^-$ ) და შესაბამისად, ნუკლეოფილურ თვისებებს. მიერთების რეაქციებში რეაგენტის მოლეკულის უარყოფითად დამუხტული ნაწილი (ნუკლეოფილი) ყოველთვის უერთდება ნახშირბადატომს (**C**-ნუკლეოფილური შეტევა), დადებითად პოლარიზებული ნაწილი (ელექტროფილი) კი ჟანგბადატომს (**O**-ელექტროფილური შეტევა). ეს კანონზომიერება შეიძლება გამოვსახოთ სქემატურად:



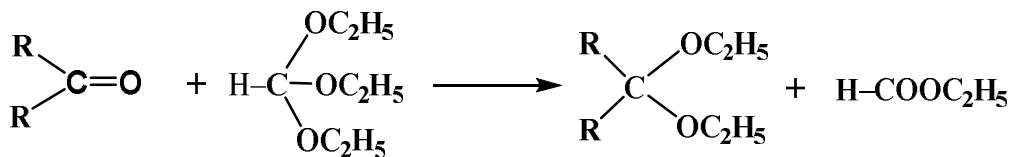
დონორული ჩამნაცვლებლები ამცირებენ კარბონილური ნახშირბადატომის ნაწილობრივ დადებით მუხტს, შესაბამისად ამცირებენ ალდეჰიდების და კეტონების რეაქციისუნარიანობას ნუკლეოფილური მიერთების რეაქციებში; ხოლო აქცეპტორები შესაბამისად, იწვევენ საპირისპირო ეფექტს. ამიტომ ნუკლეოფილური მიერთების რეაქციებში კარბონილური ნაერთების რეაქციისუნარიანობა მცირდება რიგში:



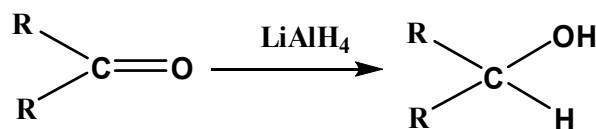
ოქსონაერთების ზოგადი ქიმიური თვისებები ალდეჰიდების მაგალითზე მოყვანილია სქემებზე 25 და სქემა 26:



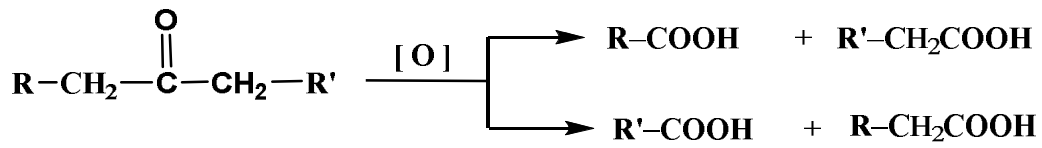
კეტონების თვისებები, ციანწყალბადთან და მაგნიუმორგანულ ნაერთებთან ურთიერთქმედების (სქემა 25) და მიერთება-მოხლეჩის (სქემა 26) რეაქციების გარდა, განსხვავდება ალდეჰიდების თვისებებისაგან. კერძოდ, ნატრიუმის ბისულფიტს იერთებენ მხოლოდ მეთილკეტონები, კეტალები კი წარმოიქმნება არაპირდაპირი გზით - კეტონებზე ორთოქიანჭველმჟავას ესტერების (ე.წ. ორთოესტერების) მოქმედებით:



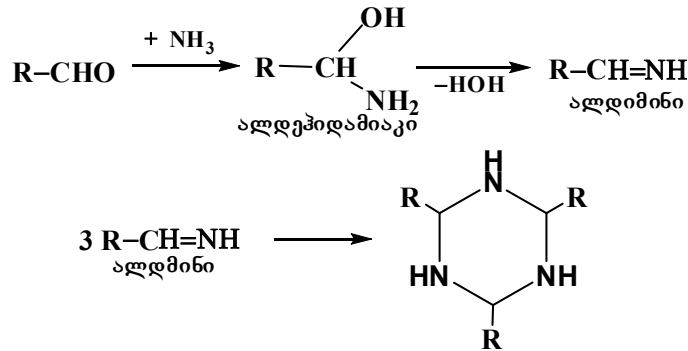
კეტონების აღდგენით მიიღება მეორეული სპირტები:



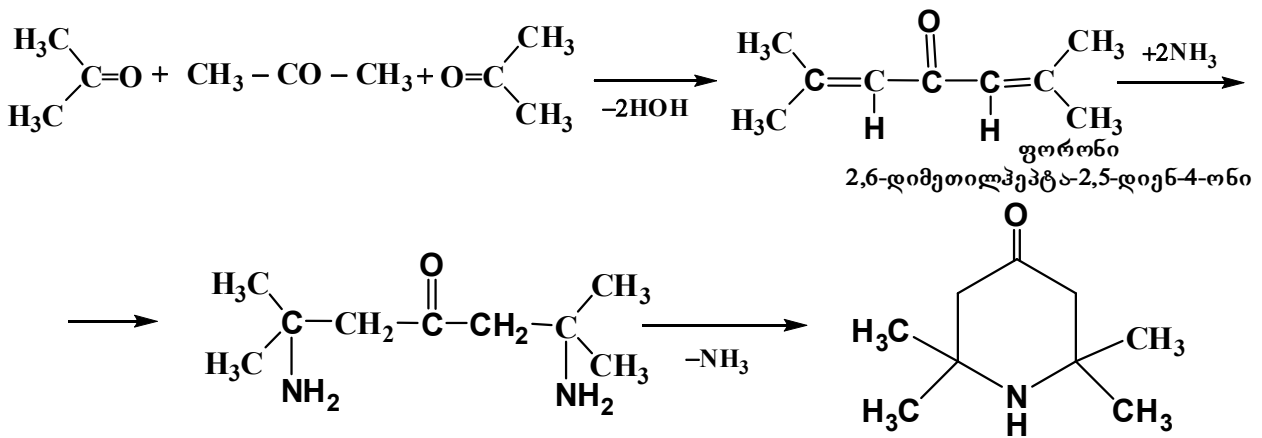
ძლიერი მუანგავებით დაჟანგვისას მიიღება რადიკალების (და მათი ფრაგმენტების) შესაბამისი მჟავათა ნარევი:



ამიაკის მოქმედებით ალდეჰიდები, ფორმალდეჰიდის გარდა, იძლევიან ალდეჰიდამიაკს, რომელიც ადვილად კარგავს წყალს, ხოლო მიღებული ოქსიმინი (ალდიმინი) ადვილად შედის ციკლოტრიმერიზაციის რეაქციაში:

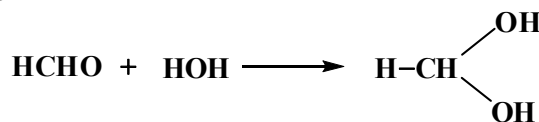


კეტონებში ჯერ ხდება ჰომოკონდენსაცია ფორონის წარმოქმნით, რომელიც იერთებს ორ მოლეკულა ამიაკს, შემდეგ მიმდინარეობს ციკლიზაცია ამიაკის გამოყოფით. აცეტონის შემთხვევაში მიიღება ჰეტეროციკლური ნაერთი 2,2,6,6-ტეტრამეთილპერიდონ-4:

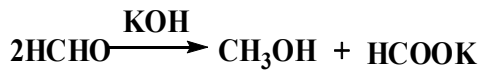


ფორმალდეჰიდის მაღალი რეაქციისუნარიანობა განაპირობებს სხვა ალდეჰიდებისაგან განსხვავებულ მის სპეციფიკურ თვისებებს:

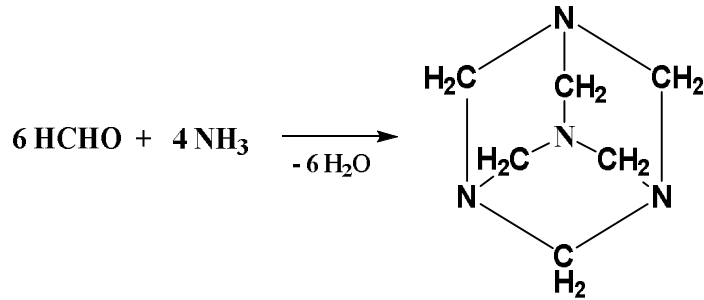
ა) კვლევის ფიზიკური მეთოდებით დადგენილია, რომ წყალხსნარებში ფორმალდეჰიდი არსებობს ორატომიანი სპირტის სახით:



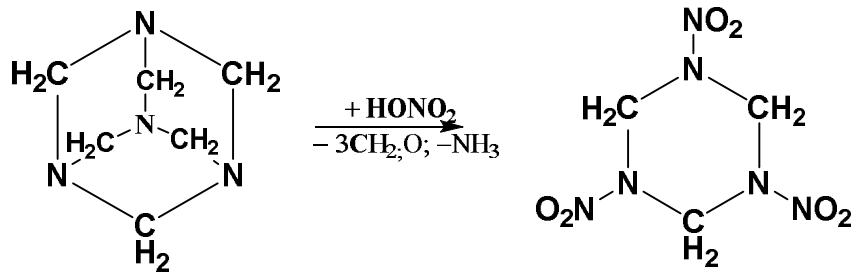
ბ) კალიუმის ტუტის თანდასწრებით ფორმალდეჰიდი შედის კანიცაროს რეაქციაში - ალდეჰიდის ერთი მოლეკულა აღდგება მეთანოლამდე, მეორე მოლეკულის ჭიანჭველ მჟავამდე დაჟანგვის ხარჯზე:



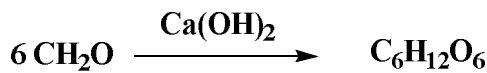
გ) ფორმალდეჰიდის ექვსი მოლეკულის ამიაკის ოთხ მოლეკულასთან ურთიერთქმედებით მიიღება ჰექსამეთილენტეტრამინი - უროტროპინი:



უროტროპინის ნიტრირებით მიიღება ძლიერი ასაფეთქებელი ნივთიერება ჰექსოგენი:

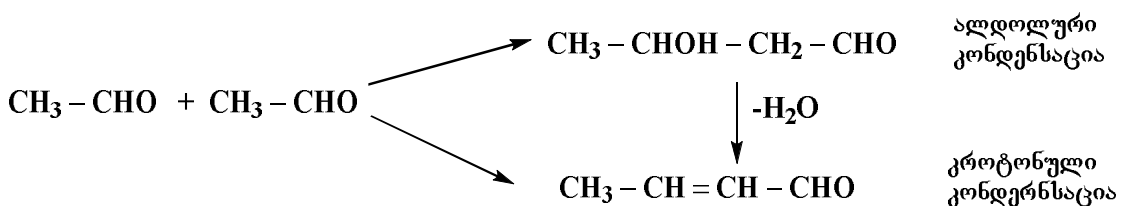


დ) კალციუმის ჰიდროქსიდის ხსნართან დუღებით იძლევა შაქროვან ნივთიერებას-ჰექსოზის ნარევის:



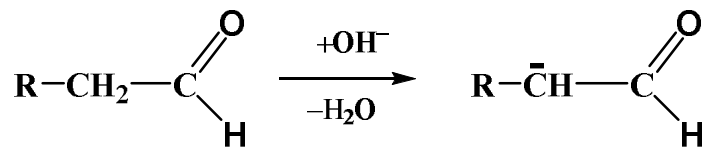
ე) ფენოლთან ფორმალდეჰიდი იძლევა ფენოლფორმალდეჰიდურ ფისს (იხ. ფენოლები თავი 27.1, გვ. 174).

ოქსონაერთების ერთერთ მნიშვნელოვან რეაქციას წარმოადგენს ალდოლურ-კროტონული კონდენსაცია:



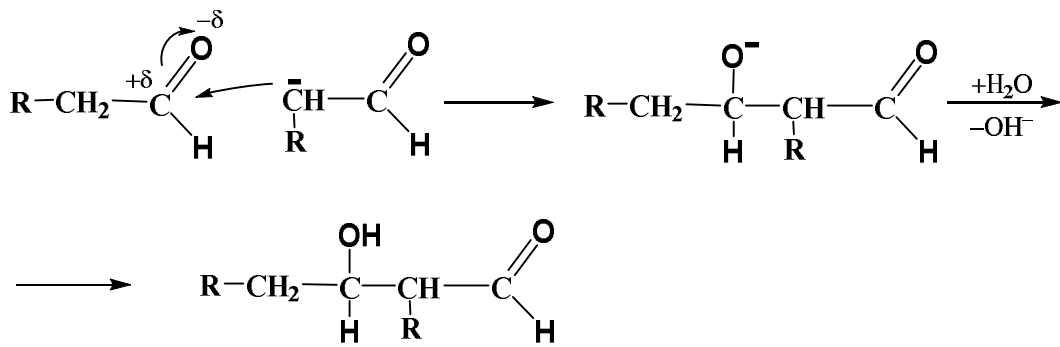
ეს რეაქცია მიმდინარეობს როგორც ფუძე, ისე მჟავა არეში.

ფუძის არეში აქტიური ჰიდროქსილანიონი წყვეტს პროტონს α-ნახშირბადატომიდან:

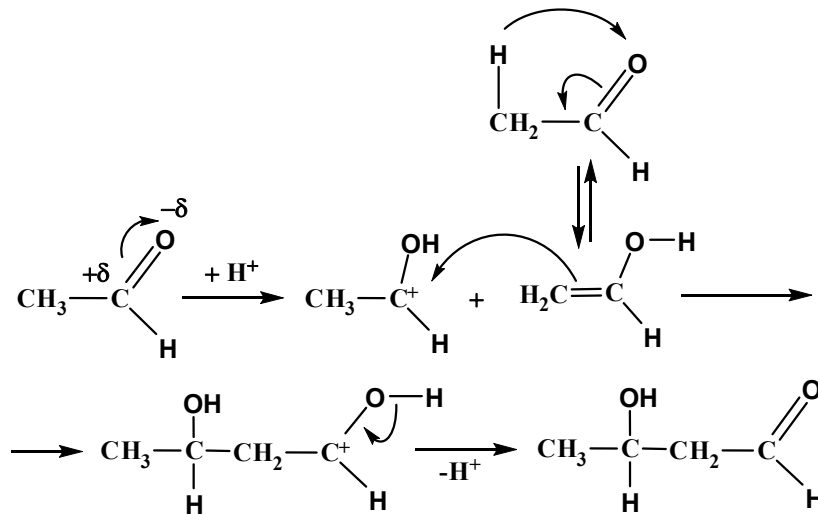


წარმოქმნილი კარბანიონი, როგორც ძლიერი ნუკლეოფილი უერთდება ალდეჰიდის მეორე მოლეკულის ნაწილობრივ დადებითად დამუხტულ (ელექტროფილურ) ნახშირბადატომს. შემდეგ

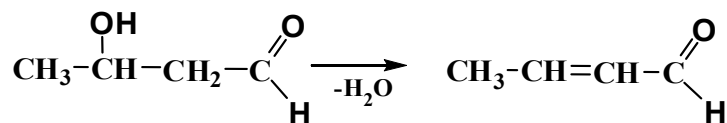
წარმოქმნილი ანიონი იერთებს პროტონს, მიიღება ალდოლი - ალდეჰიდსპირტი (ალდოლური კონდენსაცია):



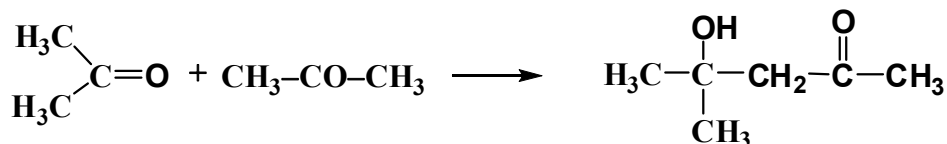
მუავე არეში ხდება ალდეჰიდის კარბონილის ჯგუფის ჟანგბადატომის პროტონირების შედეგად წარმოქმნილი კარბკატიონის მიერთება ალდეჰიდის მეორე მოლეკულის ენოლური ფორმის ორმაგ ბმასთან. შემდეგ მიღებული ადუქტის დეპროტონირებით მიიღება ალდოლი:



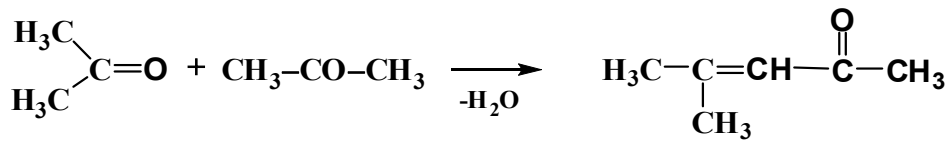
წარმოქმნილი ალდოლი გაცხელებით (წყალწამრთმევი საშუალებების გრეშე) კარგავს წყალს უჯერი ალდეჰიდის წარმოქმნით (კროტონული კონდენსაცია). 3-ჰიდროქსიეთანალის შემთხვევაში მიიღება კროტონის ალდეჰიდი:



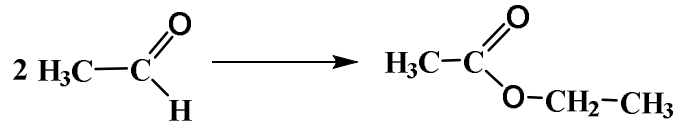
კეტონების ალდოლური კონდენსაცია მიმდინარეობს უფრო მკაცრ პირობებში ბარიუმის ჰიდროქსიდის **Ba(OH)<sub>2</sub>** თანდასწრებით:



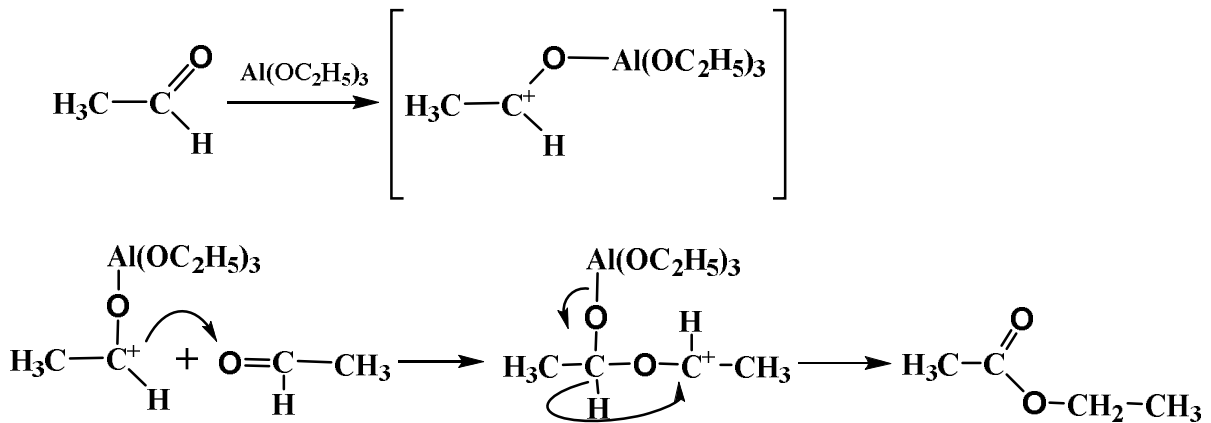
უფრო მკაცრ პირობებში, მაგალითად გოგირდმჟავას თანდასწრებით, პირდაპირ მიიღება უჯერი კეტონი:



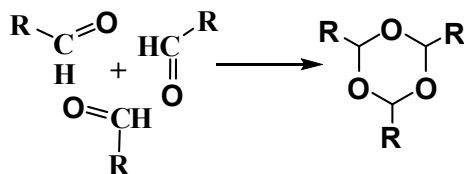
ალდეჰიდების მნიშვნელოვანი თვისებაა უწყლო არეში, ჰიდრიდონის გადატანით მიმდინარე ესტერული კონდენსაცია (ტიშჩენკოს რეაქცია):



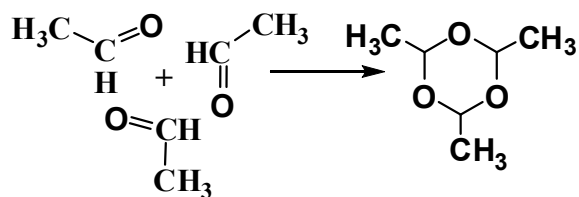
რეაქციის მექანიზმი:



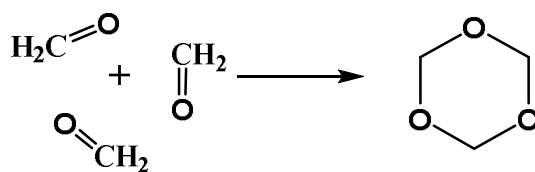
პოლიმერიზაციის რეაქცია დამახასიათებელია მხოლოდ ალდეჰიდებისათვის და მიმდინარეობს მჟავების მოქმედებით:



ეთანალის (ძმრის ალდეჰიდი) ტრიმერიზაციის პროდუქტს პარალდეჰიდი ეწოდება.

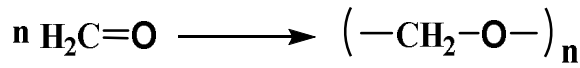


ფორმალდეჰიდს აქვს უნარი წარმოქმნას როგორც ციკლური - ტრიოქსიმეთილენი



ისე წრფივი მაღალმოლეკულური პოლიმერი - პოლიფორმალდეჰიდი (პარაფორმი)





**გამოყენება.**

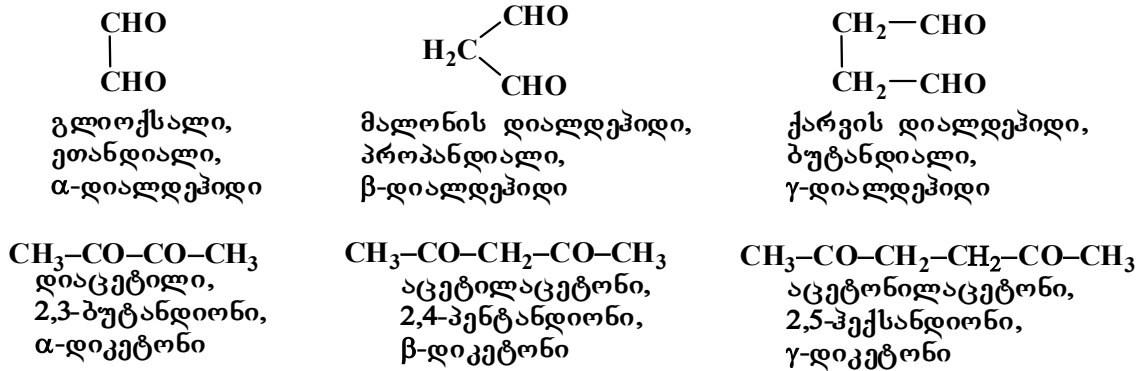
ფორმალდეჰიდი გამოიყენება ფენოლფორმალდეჰიდური ფისების წარმოებაში. ფორმალდეჰიდის 33-40% წყალხსნარი (ფორმალინი) გამოიყენება დეზინფექციისათვის, ტყავის თრიმლისათვის. პოლიფორმალდეჰიდი გამოიყენება პლასტმასების წარმოებაში.

აცეტალდეჰიდი გამოიყენება ორგანულ სინთეზებში (ძმარმჟავისა და ეთილის სპირტის მისაღებად).

აცეტონი გამოიყენება როგორც საუკეთესო გამხსნელი.

**14.2. დიალდეჰიდები და დიკეტონები**

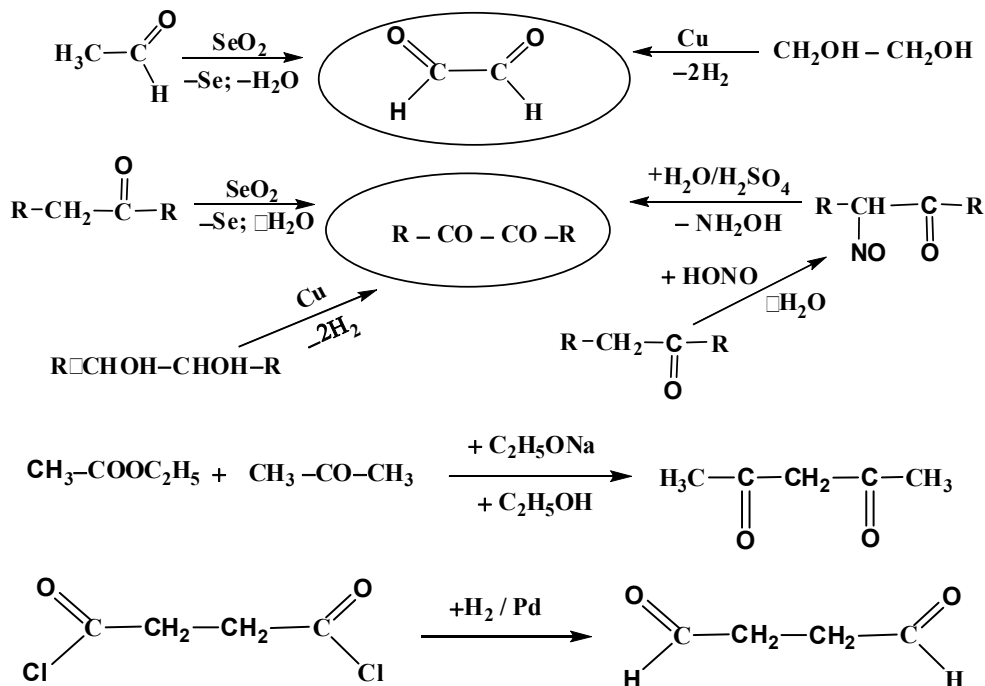
დიალდეჰიდებისა და დიკეტონების მოლეკულები შეიცავენ ორ ოქსო-ჯგუფს. ოქსო-ჯგუფების ურთიერთმდებარეობის მიხედვით არჩევენ: 1,2- ანუ  $\alpha$ -დიოქსონაერთებს; 1,3- ანუ  $\beta$ -დიოქსონაერთებს და ა.შ. მაგალითად:



**მიღება**

დიალდეჰიდების და დიკეტონების მიღება მოცემულია 27 -ე სქემაზე.

სქემა 27



### ფიზიკური თვისებები

გლიოქსალი ყვითელი ფერის კრისტალებია, ღვება  $+15^{\circ}\text{C}$ . დიაცეტილი მოყვითალო სითხეა, დუღს  $+88^{\circ}\text{C}$ ; აცეტილაცეტონი უფერო სითხეა, დუღს  $+139^{\circ}\text{C}$ .

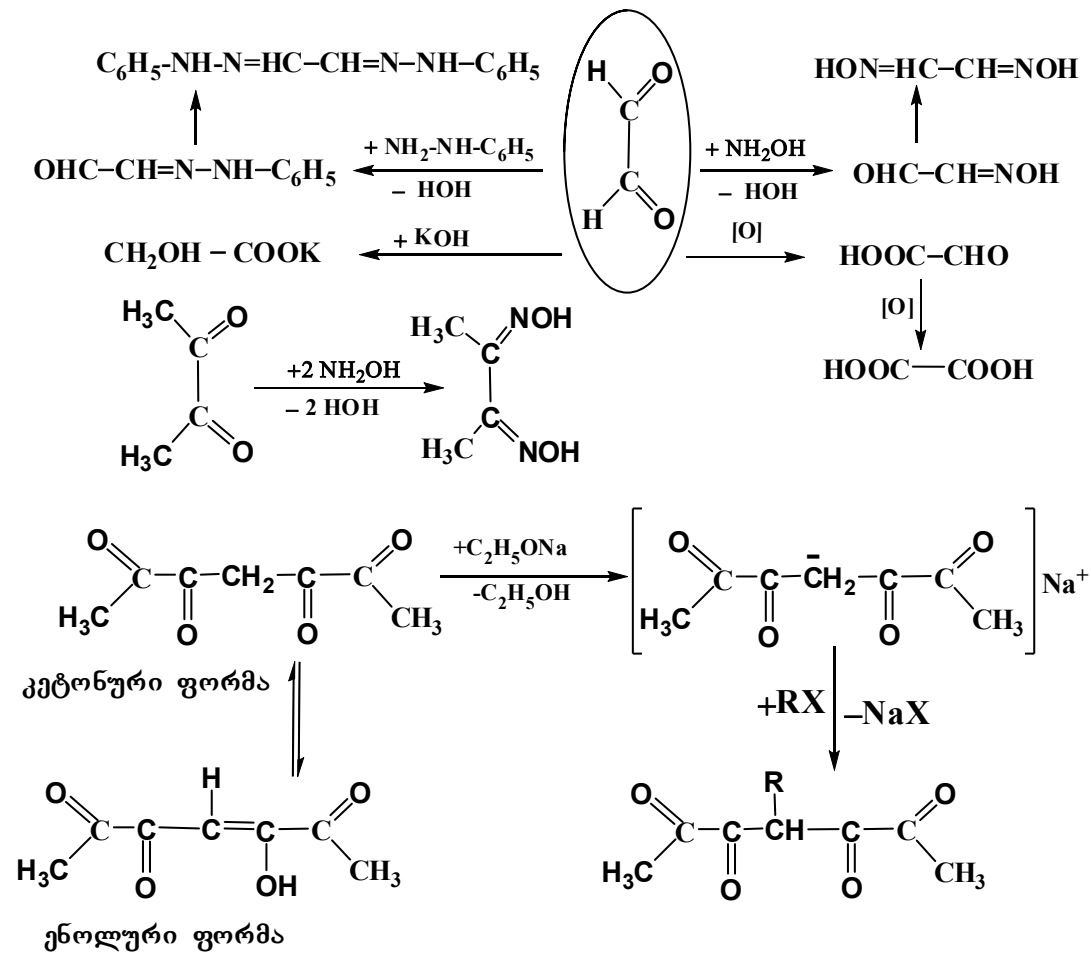
### ქიმიური თვისებები

დიალდეჰიდებს და დიკეტონებს ალდეჰიდებისა და კეტონების ანალოგიური ქიმიური თვისებები აქვთ. რეაქციაში შეიძლება შევიდეს როგორც ერთი, ისე ორივე კარბონილის ჯგუფი.

კეტონის თვისებების გარდა აცეტილაცეტონს განსაკუთრებული თვისებებიც გააჩნია: კარბონილის ჯგუფების ორმაგ ბმებთან ზეშეუღლების გამო მეთილენური ჯგუფის **C-H** ბმების ენერგია მცირდება და წყალბადატომები იძენენ ძვრადობას (შეადარე ზემოთ გვ. 13) რის შედეგადაც ადვილდება მათი ჩანაცვლება. ამავ მიზეზის გამო  $\beta$ - დიკეტონებს ახასიათებთ კეტონ-ენოლური ტაუტომერია. ეს ნაერთები რეაქციებში მონაწილეობენ როგორც კეტონური, ასევე ენოლური ფორმითაც.

დიალდეჰიდების და დიკეტონების ქიმიური თვისებები მოცემულია 28 ე სქემაზე:

სქემა 28



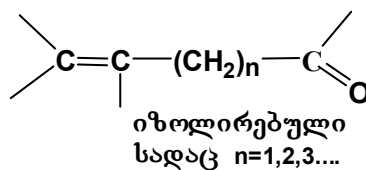
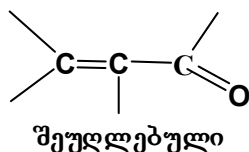
### გამოყენება

დიმეთილგლიოქსიმი ნიკელის მარილებთან იძლევა მონიტალო-იისფერ ნალექს, ამის გამო გამოიყენება ნიკელის თვისებითი და რაოდენობითი განსაზღვრისათვის (ჩუგაევის რეაქტივი).

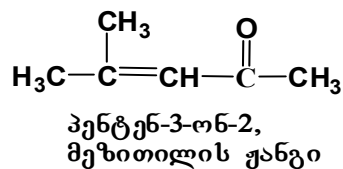
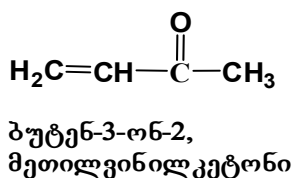
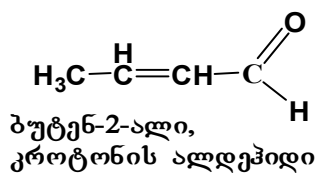
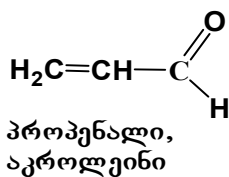
დიაცეტილი იმ ნივთიერებათა ნარევის ერთ-ერთი კომპონენტია, რომელიც განაპირობებს კარაქის სუნს, ამის გამო იგი გამოიყენება მარგარინისა და ხელოვნური კარაქის წარმოებაში.

## 15. უჯერი ალდეჰიდები და კეტონები

უჯერ ოქსონაერთებში  $C=C$  და  $C=O$  ორმაგი ბმები შეიძლება იყოს შეუღლებულ (1,3-) ან იზოლირებულ (1,4- და უფრო შორს) მდგომარეობაში:

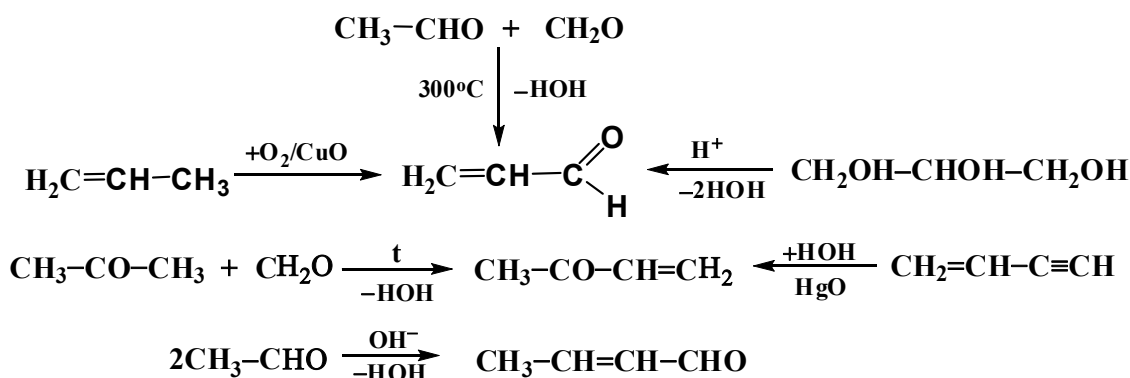


იზოლირებული უჯერი ოქსონაერთები შედიან როგორც ჯერადი ბმის, ასევე კარბონილის ჯგუფის დამახასიათებელ ქიმიურ რეაქციებში. უფრო საინტერესოა შეუღლებული, ანუ  $\alpha,\beta$ -უჯერი ოქსონაერთები, რომელთა უმარტივესი წარმომადგენლებია:



მიღება:

სქემა 29



### ფიზიკური თვისებები

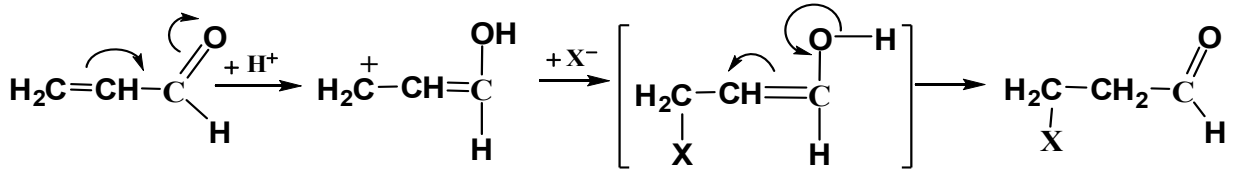
აკროლენი არასასიამოვნო სუნის მქონე, ცრემლმდენი სითხეა, დუღს  $52^\circ\text{C}$ . კროტონის ალდეჰიდი მკვეთრი სუნის სითხეა, დუღს  $105^\circ\text{C}$ . მეთილვინილკეტონი სითხეა დუღს  $81^\circ\text{C}$ .

### ქიმიური თვისებები

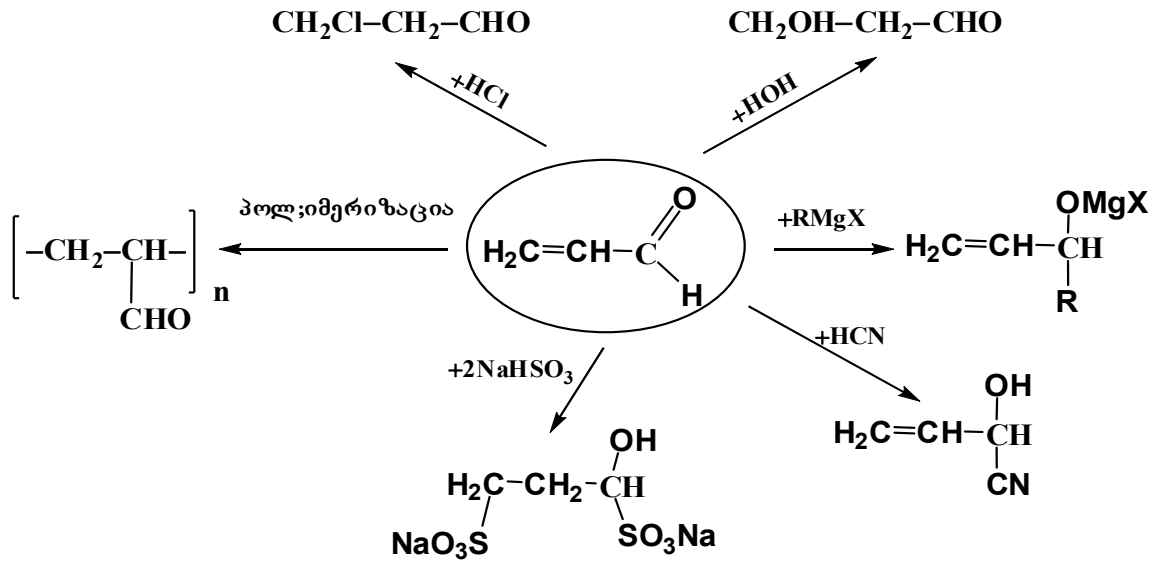
უჯერი ოქსონაერთებისათვის დამახასიათებელია, როგორც კარბონილის ჯგუფის, ისე უჯერი ბმის თვისებები.

უჯერი ოქსონაერთებიდან, განსაკუთრებულ თვისებებს ამჟღავნებენ შეუღლებული ოქსონაერთები. ელექტროფილური მიერთების რეაქციები მიმდინარეობს ანომალურად - მარკოვნი-

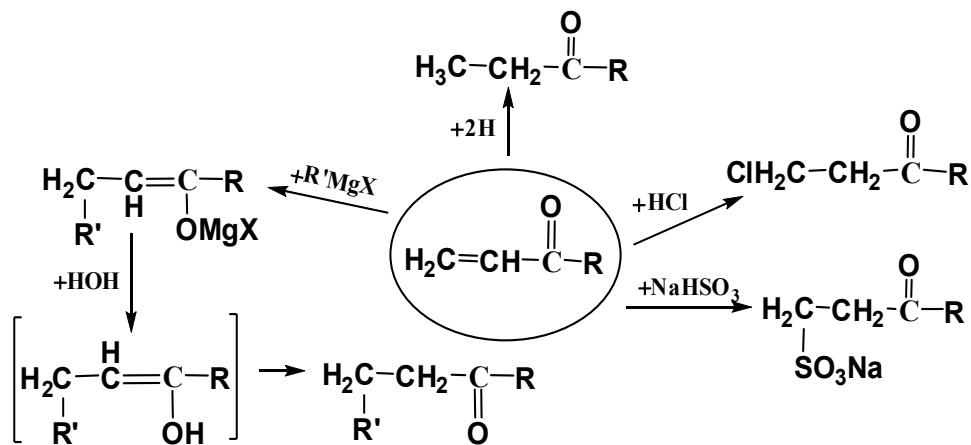
კოვის წესის საწინააღმდეგოდ. ეს აიხსნება იმით, რომ პირველ საფეხურზე რეაქცია უმეტესად მიმდინარეობს 1,4-მიერთების პროდუქტების წარმოქმნით, რომლებიც შემდგომ ენოლური ფორმიდან გადადიან ტაუტომერულ ოქსო ფორმაში:



სქემა 30



სქემა 31



## 16. კარბონმჟავები

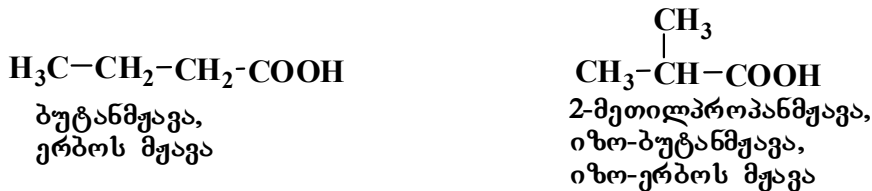
კარბონმჟავების მოლეკულები შეიცავს კარბოქსილის COOH ჯგუფს. კარბოქსილის ჯგუფების რიცხვის მიხედვით არჩევენ ერთ-, ორ- და ა.შ. ფუძიან კარბონმჟავებს. რადიკალის მიხედვით - ნაჯერ, უჯერ, არომატულ და ა.შ. კარბონმჟავებს.

### 16.1. ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავები

ნაჯერი ერთფუძიანი მჟავების ჰომოლოგიური რიგის ზოგადი ფორმულაა RCOOH ან  $C_nH_{2n+1}COOH$ . ქვემოთ მოყვანილია ჰომოლოგიური რიგის პირველი წარმომადგენლები და მათი სახელწოდებები. სისტემატური ნომენკლატურის მიხედვით კარბონმჟავების სახელწოდება ინარმოება შესაბამის ნახშირწყალბადის სახელწოდებაზე სიტყვა "მჟავას" დამატებით; შენარჩუნებულია აგრეთვე ტრივიალური სახელწოდებები:

**HCOOH** მეთანმჟავა, ფიანჭველამჟავა  
**CH<sub>3</sub>COOH** ეთანმჟავა, ძმარმჟავა  
**CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOH** პროპანმჟავა, პროპიონის მჟავა  
**CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH** ბუტანმჟავა, ერბოს მჟავა

ამ კლასის ნაერთებს ახასიათებს ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერია, მაგ.,



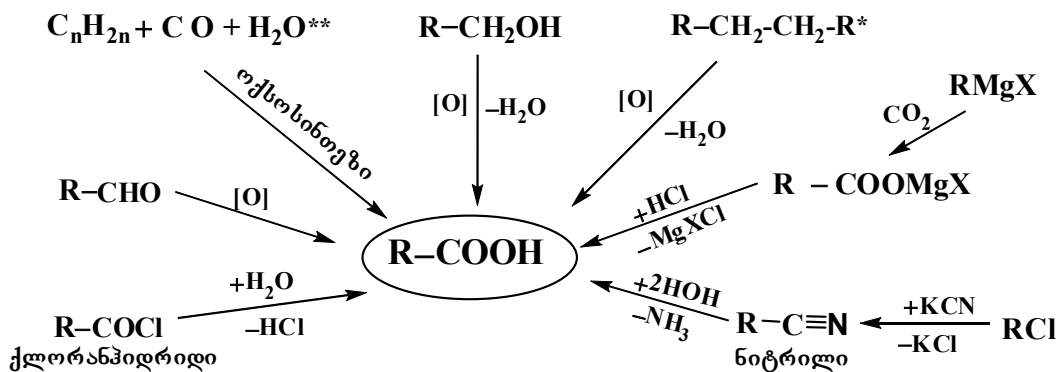
ნაერთებში კარბონმჟავას ფრაგმენტი გვხვდება მჟაური ნაშთის RCOO<sup>-</sup> (კარბოქსილატი) და რადიკალის RCO<sup>-</sup> (აცილი) სახით. მათი სახელწოდებები ინარმოება ნახშირწყალბადის სახელწოდებაზე შესაბამისად სუფიქსი „ოატი“-ის ან „ოილი“-ის დამატებით:

**HCOO<sup>-</sup>**-მეთანოატი (ფორმილატი), **HCO<sup>-</sup>**-მეთანოილი (ფორმილი);  
**CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>**-ეთანოატი, (აცეტატი), **CH<sub>3</sub>CO<sup>-</sup>**-ეთანოილი (აცეტილი);  
**CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COO<sup>-</sup>**-პროპანოატი (პროპიონატი), **CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CO<sup>-</sup>**-პროპანოილი;  
**CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COO<sup>-</sup>**-ბუტანოატი (ბუტირატი), **CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CO<sup>-</sup>**-ბუტანოილი და ა.შ.

#### მიღება

კარბონმჟავების მიღების მეთოდები მოყვანილია 32-ე სქემაზე.

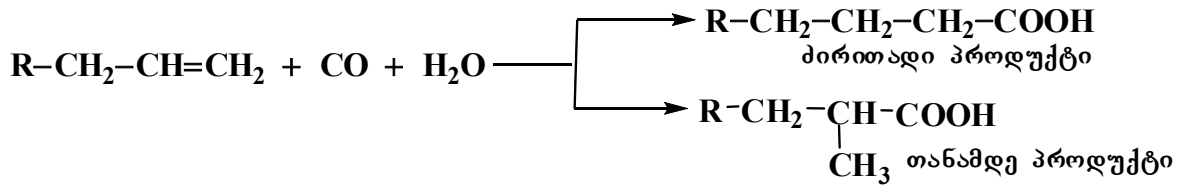
სქემა 32



\* კარბონმჟავების მიღების სამრეწველო ხერხია ნახშირწყალბადების მაღალტემპერატურული კატალიზური დაჟანგვა ჟანგბადით.

\*\* ოქსოსინთეზს ორი გზით ახორციელებენ:

1. ჯერ იღებენ ალდეჰიდს, რომელსაც შემდეგ ჟანგავენ;
2. უჯერ ნახშირწყალბადებზე **CO** და წყლის ორთქლის მოქმედებით **300-400°C** -ზე, **500** ატმ წნევაზე კატალიზატორ **H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>**-ის თანაობისას:

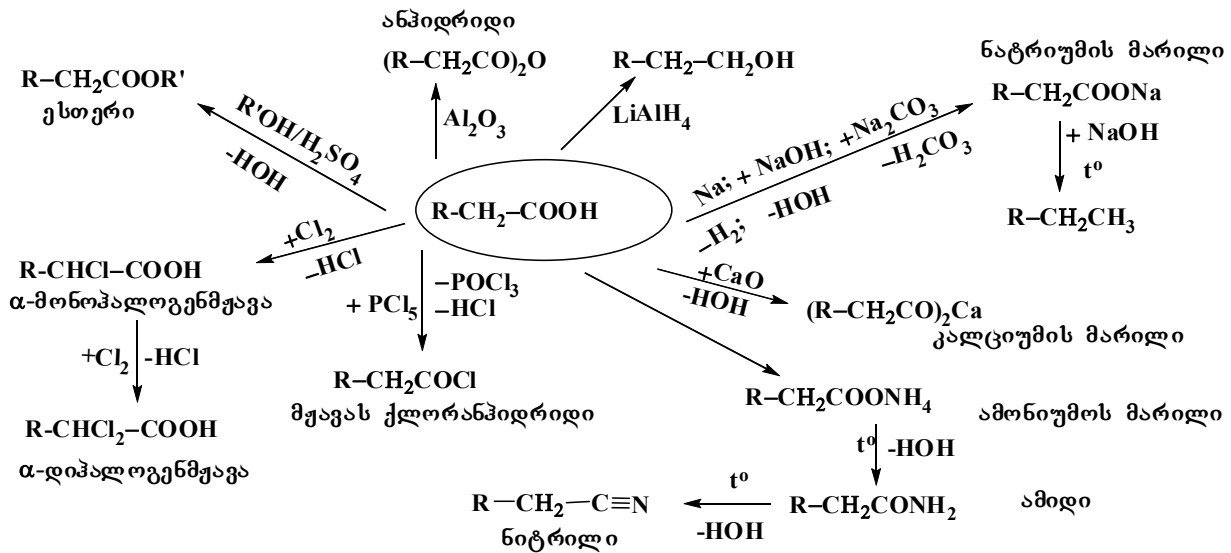


კარბონმჟავები სუსტი მჟავებია. დისოციაციის ხარისხი და, შესაბამისად მჟავას სიძლიერე დამოკიდებულია კარბოქსილის ჯგუფთან დაკავშირებული რადიკალის ბუნებასა და სიდიდეზე: რადიკალის გაზრდით მჟავის სიძლიერე მცირდება, ყველაზე ძლიერი მჟავა ჭიანჭველმჟავაა ( $K_{\text{დისოც.}}=2,14 \cdot 10^{-4}$ ). თუ რადიკალის წყალბადატომები, განსაკუთრებით კარბოქსილის ჯგუფის მეზობელ ნახშირბადთან, ჩანაცვლებულია ელექტრნაქცეპტორული ატომებით ან ჯგუფებით, მჟავას სიძლიერე მატულობს. მაგალითისათვის შევადაროთ ძმარმჟავის და ქლორჩანაცვლებული მჟავების დისოციაციის მუდმივები:

მჟავა	$K \cdot 10^{-5}$
<b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	<b>1,76</b>
<b>ClCH<sub>2</sub>COOH</b>	<b>14</b>
<b>CHCl<sub>2</sub>COOH</b>	<b>332</b>
<b>CCl<sub>3</sub>COOH</b>	<b>2000</b>

კარბონმჟავების ქიმიური თვისებები მოყვანილია **33**-ე სქემაზე.

სქემა 33



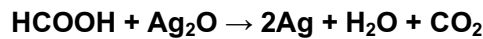
კერძო წარმომადგენლები

მეთანმჟავა, ჭიანჭველმჟავა - **HCOOH**

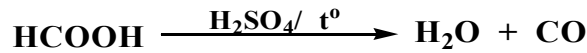
მიღება



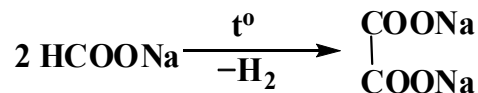
ჭიანჭველმჟავას ახასიათებს განსაკუთრებული თვისებები. ალდეჰიდის ანალოგიურად იჟანგება ვერცხლის ოქსიდის ამიაკური ხსნარით (ვერცხლის სარკის რეაქცია):



კონც.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -თან გაცხელებით იშლება:

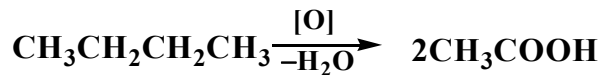
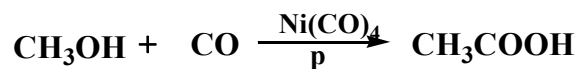


ჭიანჭველმჟავას ტუტე მეტალების მარილები (ფორმიატები) გაცხელებით გარდაიქმნებიან მჟაუნმჟავას მარილებად (ოქსალატებად):



ეთანმჟავა, ძმარმჟავა -  $\text{CH}_3\text{COOH}$

მიღება



პალმიტინის (ჰექსადეკანმჟავა) -  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$  და სტეარინის (ოქტადეკანმჟავა)- $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  მჟავები მიიღება ცხიმების ჰიდროლიზით ან მაღალი რიგის ნახშირწყალბადების დაჟანგვით. მათი ნატრიუმის მარილები მყარი საპონია, კალიუმის მარილები კი - თხევადი საპონი.

გამოყენება

ჭიანჭველმჟავას იყენებენ ქსოვილების ღებვისას, როგორც აღმდგენს. ძმარმჟავა გამოიყენება კვების მრეწველობაში, ფარმაცოქიმიაში, სამღებრო საქმეში და ქიმიურ სინთეზებში, აცეტატური ბოჭკოს წარმოებაში და სხვ.

## 16.2. უჯერი ერთფუძიანი მჟავები

უჯერი ერთფუძიანი მჟავების ზოგადი ფორმულაა  $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{COOH}$ , აცეტილენური და დიენური რიგის მჟავების -  $\text{C}_n\text{H}_{2n-3}\text{COOH}$ .

ამ კლასის ნაერთების მნიშვნელოვანი წარმომადგენლებია:

$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$  აკრილის მჟავა, პროპენმჟავა

$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$  მეთაკრილის მჟავა, 2-მეთილპროპენმჟავა

$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$  ვინილძმარმჟავა, ბუტენ-3 მჟავა

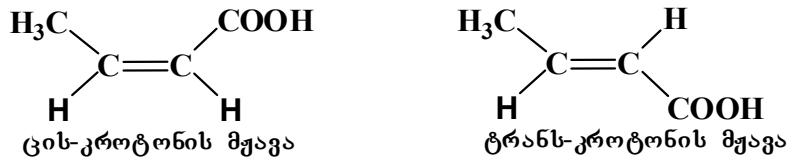
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$  კროტონის მჟავა, ბუტენ-2 მჟავა

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$  ოლეინის მჟავა

$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{COOH}$  პროპიოლის მჟავა, პროპინმჟავა

და ა.შ.

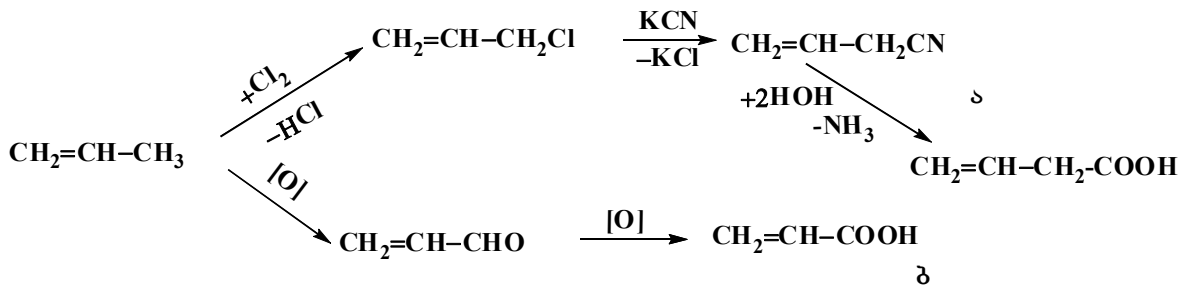
უჯერ ერთფუძიან მჟავებში გვხვდება ნახშირბადოვანი ჯაჭვის და ჯერადი ბმის მდებარეობის იზომერია, ორმაგი ბმის შემცველ მჟავებში გვხვდება აგრეთვე გეომეტრიული იზომერია. მაგალითად, კროტონის მჟავა არსებობს ორი გეომეტრიული იზომერის სახით:



უჯერ ერთფუძიან მჟავებს აქ განვიხილავთ ორმაგი ბმის შემცველ მჟავების მაგალითზე. მათი მიღების მეთოდები ძირითადად შემდეგ სამ ტიპზე დაიყვანება: კარბოქსილის ჯგუფის შეყვანა უჯერ ნაერთში, ჯერადი ბმის შეყვანა მჟავას ჯაჭვში და ორივე ფუნქციური ჯგუფის ერთდროული შეყვანა. ეს მეთოდები შეიძლება დავაჯგუფოთ აგრეთვე ნახშირბადატომების რიცხვის ცვლილების მიხედვით: ა). ნახშირბადატომების რიცხვი იზრდება (ჯაჭვის გაზრდა), ბ). ნახშირბადატომების რიცხვი უცვლელია (ჯაჭვის შენარჩუნება).

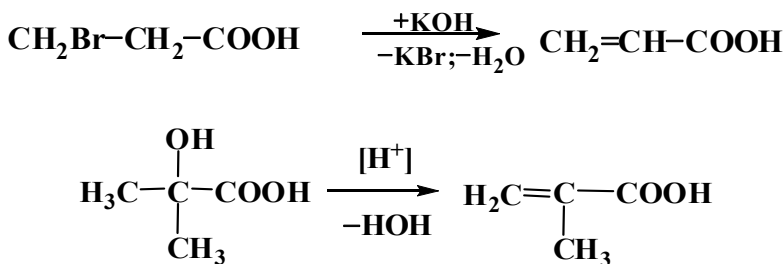
1. კარბოქსილის ჯგუფის შეყვანა უჯერ ნაერთში (სქემა 34):

სქემა 34

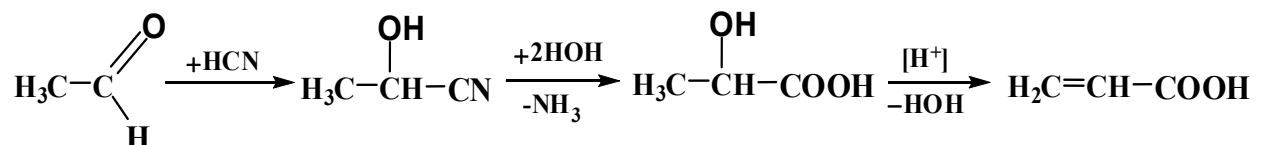


უჯერი ჰალოგენნარმებიდან შესაბამისი ნიტრილის მიღება და მისი შემდგომი ჰიდროლიზი არის ჯაჭვის გაზრდით კარბოქსილის ჯგუფის შეყვანის ტიპური მაგალითი (მეთოდი ა, სქემა 34). ხოლო კარბოქსილის ჯგუფის შეყვანა უჯერი ნარტის  $\alpha\text{-C-H}$  ბმების დაჟანგვით არის ჯაჭვის შენარჩუნების მაგალითი (მეთოდი ბ, სქემა 34).

2. ჯერადი ბმის შეყვანა კარბოქსილის ჯგუფის შემცველ საწყის ნივთიერებაში მიმდინარეობს ჯაჭვის შენარჩუნებით. ეს მეთოდები დაფუძნებულია ელიმინირების რეაქციებზე - დეჰიდრატაციის, დეჰიდროჰალოგენირების და სხვა:



3. ორივე ფუნქციური ჯგუფის ერთდროულად შეყვანის მაგალითია ე.წ. ციანჰიდრინული მეთოდი:







**გამოყენება**

ფართოდ გამოიყენება უჯერი მჟავების ნაწარმები - მაგალითად, აკრილონიტრილის პოლიმერიზაციით მიიღება სინთეზური ბოჭკო პოლიაკრილინიტრილი, აკრილისა და მეთაკრილის მჟავების მეთილის ესთერების პოლიმერიზაციით მიიღება ორგანული მინა.

**16.3. ნაჯერი ორფუძიანი კარბონმჟავები**

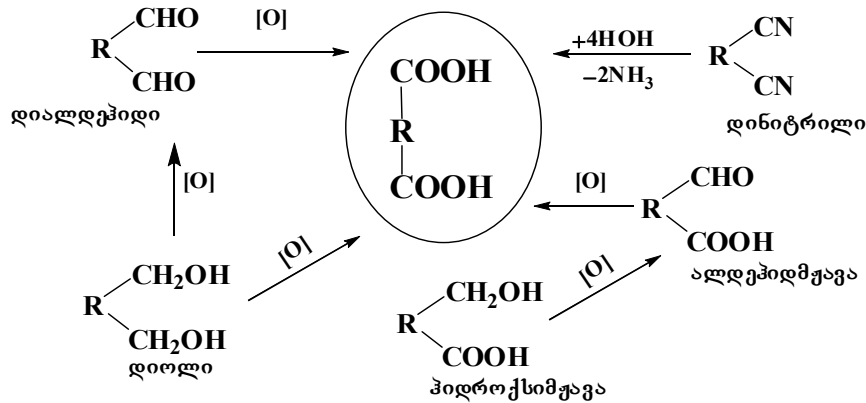
ნაჯერი ორფუძიანი კარბონმჟავების ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n}(COOH)_2$  ან  $R(COOH)_2$ , სადაც R მოლეკულის ნაჯერი ნახშირწყალბადოვანი ფრგმენტი. ამგვარად, ისინი შეიცავენ კარბოქსილის ორ ჯგუფს. მნიშვნელოვანი წარმომადგენლებია:

- HOOC –COOH მჟაუნმჟავა
- HOOC –CH<sub>2</sub> – COOH მალონის მჟავა
- HOOC – (CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> –COOH ქარვის მჟავა
- HOOC – (CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub> –COOH გლუტარის მჟავა
- HOOC – (CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub> –COOH ადიპინის მჟავა და ა.შ.

**მიღება**

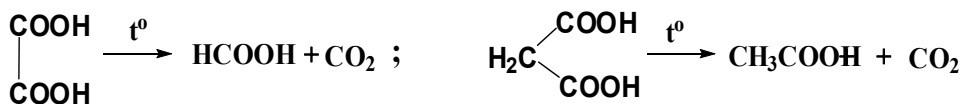
ნაჯერი ორფუძიანი მჟავების მიღების ზოგადი მეთოდები მოცემულია 37-ე სქემაზე.

სქემა 37

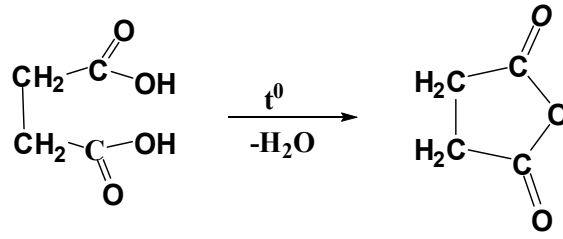


**ქიმიური თვისებები**

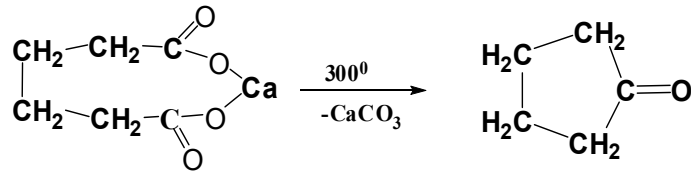
ორფუძიან კარბონმჟავებს ახასიათებთ ნაჯერი ერთფუძიანი მჟავების ყველა თვისება. ამასთან, როგორც სხვა ორფუძიანი მჟავები, ნაწარმების ორ რიგს იძლევიან. **α-** და **β-დიკარბონმჟავები** უფრო ძლიერი მჟავებია, ვიდრე ერთფუძიანი მჟავები, რაც გამოწვეულია კარბოქსილის ჯგუფების ურთიერთგავლენით. აღსანიშნავია ორფუძიანი კარბონმჟავების დამოკიდებულება მაღალი ტემპერატურისადმი. **α-** და **β-დიკარბონმჟავები** გაცხელებისას განიცდიან დეკარბოქსილირებას:



**γ-** და **δ-დიკარბონმჟავები** გაცხელებისას განიცდიან დეჰიდრატაციას. ამ დროს მიიღება ციკლური ანჰიდრიდები:

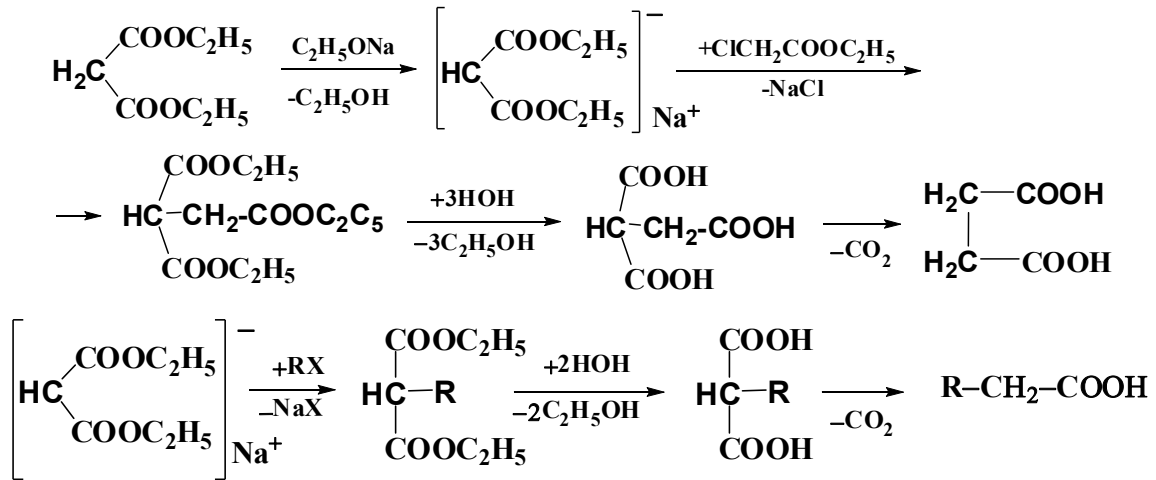


მე-5 და შემდგომი წევრების გახურებისას ერთდროულად ხდება დეკარბოქსილირება და დეჰიდრატაცია. შედეგად მიიღება ციკლური კეტონები. ციკლური კეტონები მიიღება აგრეთვე ამ მჟავების კალციუმის და ბარიუმის მარილების პიროლიზით:



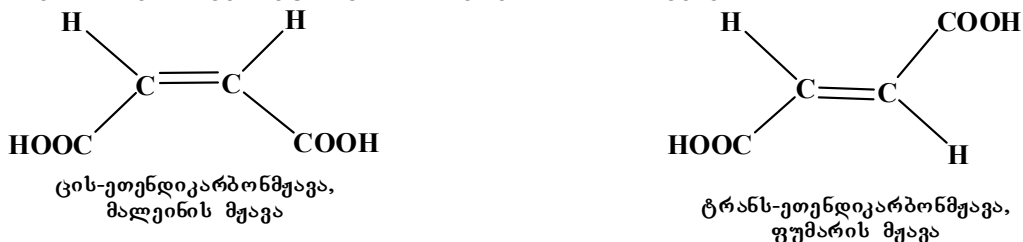
ამ კლასის ნაერთებიდან განსაკუთრებით საინტერესოა მალონის მჟავა. უარყოფითი ინდუქციური ეფექტის მქონე ორ კარბოქსილის ჯგუფს შორის მოთავსებული მეთილენის ჯგუფის წყალბადატომები ამჟღავნებენ მჟავურ ბუნებას, ანუ შესაძლებელია მათი ჩანაცვლება მეტალის ატომებით. მიღებული ნაწარმები ფართოდ გამოიყენება ორგანულ სინთეზში. ჩვეულებრივ იყენებენ არა მჟავას, არამედ მის დიეთილესტერის მონომეტალნაწარმებს. ასე მაგალითად, ნატრიუმმალონის ესტერები გამოიყენება ზოგიერთი ერთფუძიანი და ორფუძიანი მჟავების მისაღებად (იხ.სქემა 38)

სქემა 38



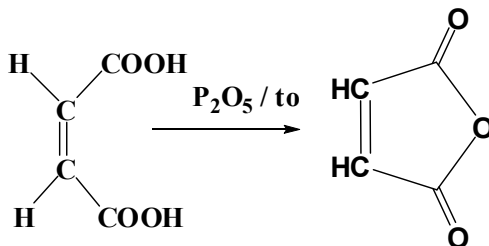
#### 16.4. უჯერი ორფუძიანი მჟავები

ამ კლასის წარმომადგენლებს განვიხილავთ ფუმარისა და მალეინის მჟავების მაგალითზე. ეს მჟავები ერთმანეთის გეომეტრიულ იზომერებს წარმოადგენენ:



ამ მჟავების ფიზიკური და ქიმიური თვისებები განსხვავდება ერთმანეთისაგან. მაგალითად, მალეინის მჟავას ლღობის ტემპერატურაა **130°C**, დუდილის ტემპერატურა **135°C**; ფუმარის მჟავას ლღობის ტემპერატურაა **287°C**, დუდილის ტემპერატურა - **290°C**. **ქიმიური თვისებები.**

ორფუძიანი უჯერი კარბონმჟავებს ხასიათდებიან უჯერი ერთფუძიანი მჟავების ყველა თვისებით, ამასთან, როგორც სხვა ორფუძიანი მჟავები, ნაწარმების ორ რიგს იძლევიან. გარდა ამისა, მალეინის მჟავა, როგორც ცის-იზომერი, წყალნამრთმევი ნივთიერებებთან გაცხელებისას წარმოქმნის ციკლურ ანჰიდრიდს (მალეინის ანჰიდრიდს), ფუმარის მჟავა, როგორც ტრანს-იზომერი, ასეთ ანჰიდრიდს ვერ წარმოქმნის:

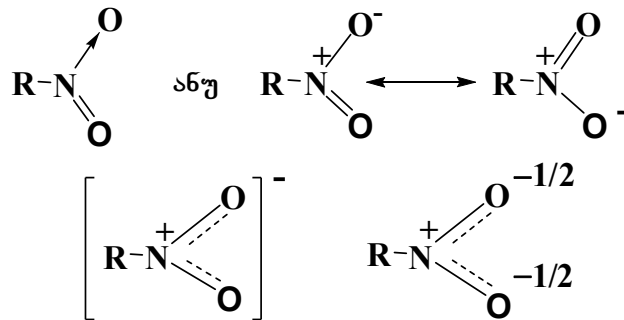


## 17. აზოტოქიმიური ორგანული ნაერთები

### 17.1. ნიტრონაერთები. ნაჯერი (ცხიმოვანი რიგის) ნიტრონაერთები

$\text{NO}_2$ -ის, ანუ ნიტრო ჯგუფის შემცველ ორგანულ ნივთიერებს ნიტრონაერთები ეწოდებათ. ნაჯერი (ცხიმოვანი რიგის) ნიტრონაერთების ჰომოლოგიური რიგის ზოგადი ფორმულაა -  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NO}_2$  ანუ  $\text{RNO}_2$ . ნიტრონაერთებში ნახშირწყალბადის რადიკალი უშუალოდ აზოტის ატომთან არის დაკავშირებული. ნიტრონაერთები აზოტოვანი მყავას ესტერების (ალკილ-ნიტრიტების) იზომერებია, რომლებშიც ნახშირწყალბადის რადიკალი დაკავშირებულია ჟანგბადის ატომთან. მათი ფორმულაა -  $\text{RONO}$ .

ნიტრონაერთების აღნაგობა აღინერება შემდეგი რეზონანსული ზღვრული და ჰიბრიდული სტრუქტურების შესაბამისი ფორმულებით:



ქვემოთ მოყვანილია ნიტრონაერთების ამ ჰომოლოგიური რიგის რამდენიმე წევრი და მათი სახელწოდება:

$\text{CH}_3\text{NO}_2$  ნიტრომეთანი

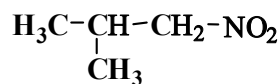
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NO}_2$  ნიტროეთანი

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NO}_2$  ნიტროპროპანი

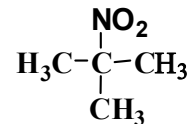
ნიტრონაერთებში გვხვდება ნახშირბადოვანი ჯაჭვის და ნიტროჯგუფის მდებარეობის იზომერია. შესაბამისად, არჩევენ პირველად, მეორეულ და მესამეულ ნიტრონაერთებს:



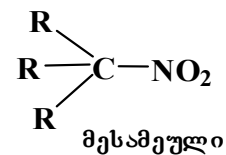
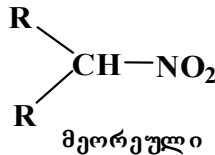
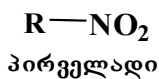
1-ნიტრობუტანი



2-მეთილ-1-ნიტროპროპანი



2-მეთილ-2-ნიტროპროპანი

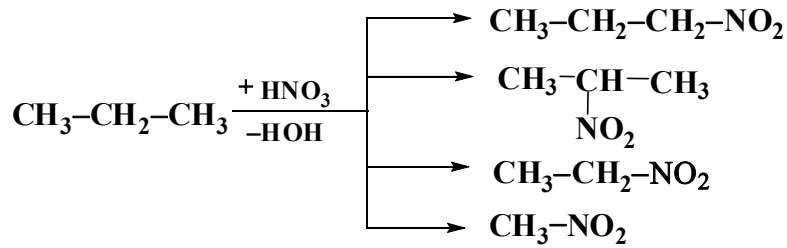


მიღების მეთოდები.

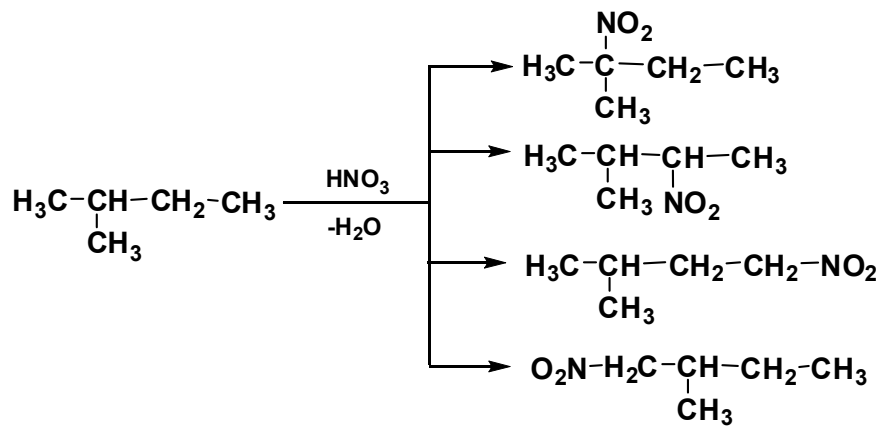
1. ნაჯერი ნიტრონაერთების მიღების ძირითადი ხერხია ნიტრირების რეაქცია.

ნიტრირება შეიძლება ჩატარდეს თხევად და აირად ფაზებში. თხევად ფაზაში გამოიყენება **12-20%**-იანი აზოტმყავა **100-150°C** ტემპერატურაზე, ნორმალური, ან მაღალი (**2-4,5 მპა**) წნევის პირობებში. აირად ფაზაში (**350-400°C**, **0,7-1,0 მპა**) ნიტრირებას თან ახლავს ნახშირბადოვანი ჯაჭვის დესტრუქცია - ნახშირწყალბადის კრეკინგი, ამის გამო, რეაქციის პროდუქტებში გვხვდება აგრეთვე ნაკლები ნახშირბადატომების შემცველი ნიტრონაერთებიც. მაგალითად,

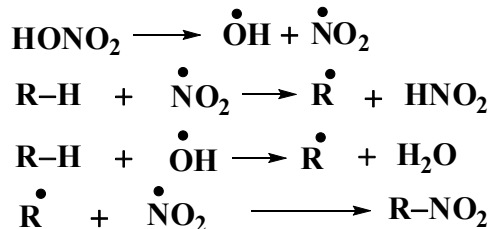
პროპანის ნიტრირებით მიიღება 1-ნიტროპროპანი, 2-ნიტროპროპანი, ნიტროეთანი და ნიტრომეთანი.



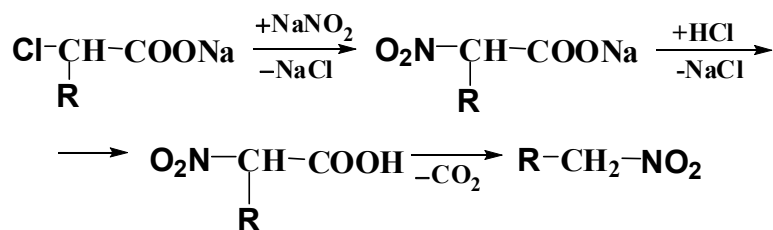
ნიტრირება ადვილად მიდის მესამეულ, შედარებით ძნელად - მეორეულ, ყველაზე ძნელად კი პირველად ნახშირბადატომთან. მაგალითად 2-მეთილბუტანის ნიტრირების ძირითადი პროდუქტებია 2-მეთილ-2-ნიტრობუტანი და 2-მეთილ-3-ნიტრობუტანი, დანარჩენი ნაერთები მცირე რაოდენობით წარმოიქმნება.



ნიტრირება მიმდინარეობს ჯაჭვურ-რადიკალური მექანიზმით:

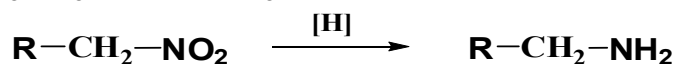


2. ჰალოგენმჟავათა მარილებზე ნატრიუმის ნიტრიტის მოქმედებით და შემდგომი დეკარბოქსილირებით:

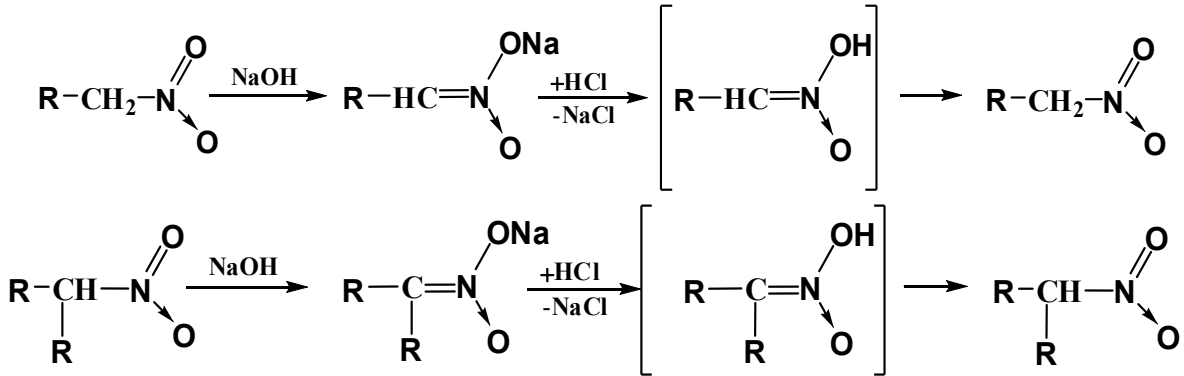


ქიმიური თვისებები.

1. ნიტრონაერთების ძირითად ქიმიურ თვისებას წარმოადგენს ალდგენის რეაქცია, რომლის შედეგად მიიღება შესაბამისი ამინები:

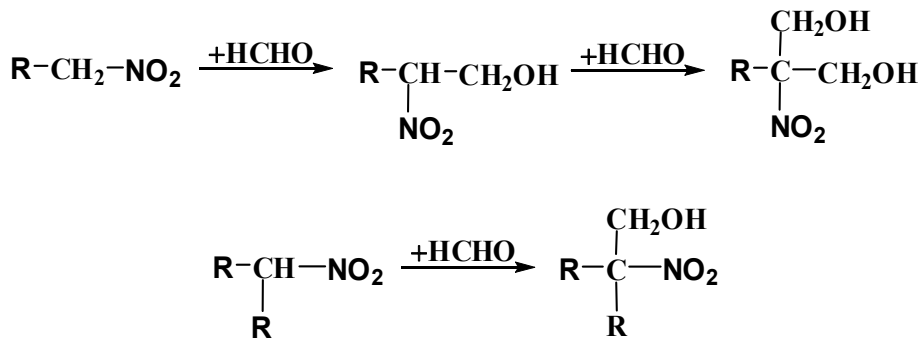


2. პირველადი და მეორეული ნიტრონაერთები იხსნებიან ტუტეში. ეს იმით აიხსნება, რომ ნიტროჯგუფის გავლენით (ზეშეუღლება და -I)  $\alpha$ -ნახშირბადატომთან მდგომი წყალბადატომი მოძრავია და ადვილად გადადის ჟანგბადატომთან. შედეგად წარმოიქმნება ოქსონაერთების ენოლური ტაუტომერის მსგავსი ე.წ. აცი-ფორმის მარილები. თუ ნიტრონაერთის ტუტე ხსნარებს დავამუშავებთ მინერალური მჟავით წარმოიქმნება მჟავა (აცი-ფორმა), რომელიც სწრაფად ბრუნდება საწყის ნეიტრალურ ფორმაში:

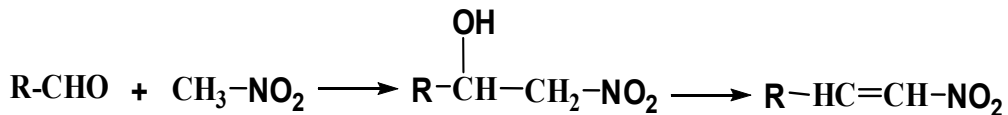


მესამეული ნიტრონაერთი არ იძლევა აცი-ფორმას

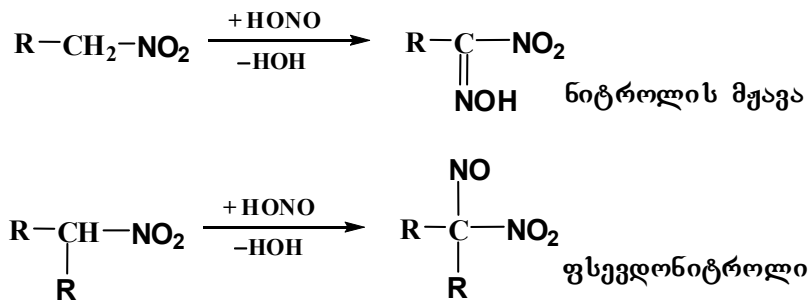
3. პირველადი და მეორეული ნიტრონაერთები აქტიური  $\alpha$ -წყალბადატომებით შედიან მიერთების რეაქციაში ფორმალდეჰიდთან ნიტროსპირტების წარმოქმნით:



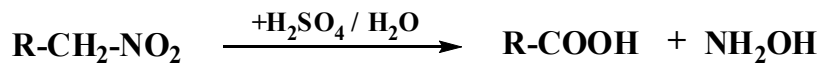
სხვა აღდეჰიდებთან და კეტონებთან კი - კონდენსაციის, ანუ მიერთება-მოხლეჩის რეაქციებში:



4. აზოტოვანი მჟავას მოქმედებით შეიძლება პირველადი, მეორეული და მესამეული ნიტრონაერთების გარჩევა. პირველადი ნიტრონაერთები იძლევიან ნიტროლის მჟავებს (მათ მარილებს აქვთ წითელი ფერი), მეორეული ნიტრონაერთები იძლევიან ფსევდონიტროლებს (აქვთ ლურჯი ან მომწვანო-ლურჯი ფერი), მესამეული ნიტრონაერთები არ ურთიერთქმედებენ აზოტოვან მჟავასთან:



5. პირველადი ნიტრონაერთების 85%-იან გოგირდმჟავასთან გაცხელებისას ჰიდროქსილამინის მოხლეჩიის შედეგად გარდაიქმნებიან კარბონმჟავებად:



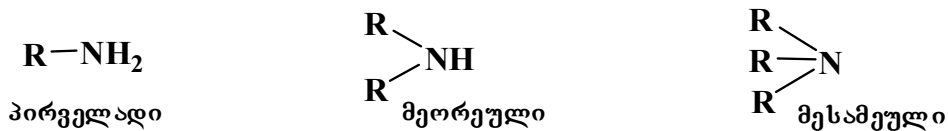
ამ რეაქციით მრეწველობაში მიიღება ჰიდროქსილამინი.

### გამოყენება.

ნაჯერი ნიტრონაერთები გამოიყენება ფეთქებადი ნივთიერებების და პოლიმერული მასალების წარმოებებში, ვულკანიზატორებად, გამხსნელებად, ორგანულ სინთეზში ამინების და სხვა ნაერთების მისაღებად.

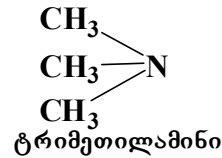
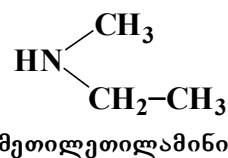
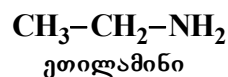
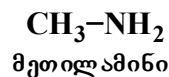
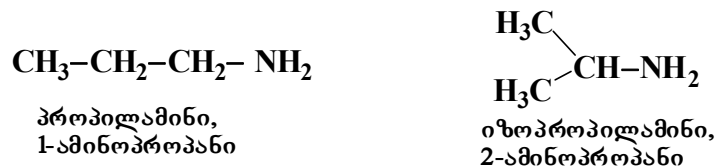
## 17.2. ამინები. ნაჯერი (ცხიმოვანი რიგის) ამინები

ამინები შეიძლება განვიხილოთ როგორც ამიაკში ერთი ან რამდენიმე წყალბადატომის ორგანული რადიკალით ჩანაცვლების შედეგად მიღებული ნაერთები. ამის მიხედვით არჩევენ პირველად, მეორეულ და მესამეულ ამინებს:



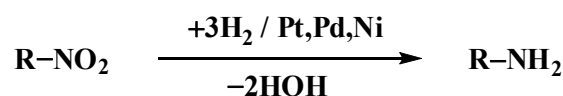
რადიკალის ბუნების მიხედვით, ძირითადად არჩევენ ნაჯერ (ცხიმოვანი რიგის) და არომატულ ამინებს.

ნაჯერი რიგის ამინებში გვხვდება ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერია და ამინოჯგუფის მდებარეობის იზომერია. ქვემოთ მოყვანილია ზოგიერთი ამინის ფორმულა და მისი სახელწოდება:



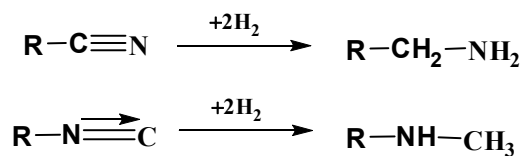
### მიღება

პირველადი ამინები მიიღება ნიტრონაერთების აღდგენით:

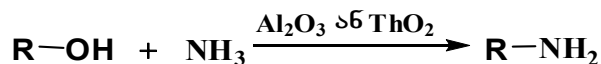


ნიტრილის აღდგენით მიიღება პირველადი ამინი, ხოლო იზონიტრილის აღდგენით - მეორეული ამინი:

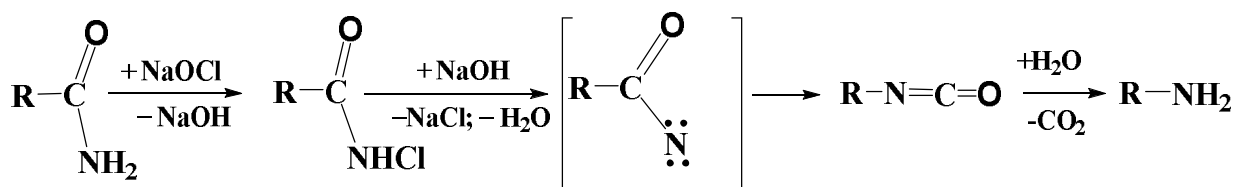




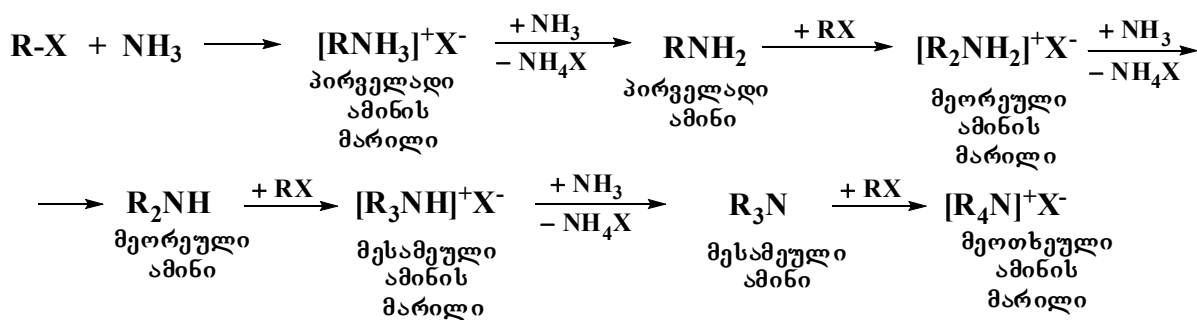
სპირტის ორთქლისა და ამიაკის ნარევის გატარებით კატალიზატორზე 300°C-ზე მიიღება პირველადი, მეორეული და მესამეული ამინების ნარევი, რომელშიც ჭარბობს პირველადი ამინი:



ამინების მიღების მნიშვნელოვან რეაქციას წარმოადგენს მჟავათა ამიდების დესტრუქცია ჰიპოჰალოგენიდების მოქმედებით. პირველ საფეხურზე ხდება ამინოჯგუფის ერთი წყალბადატომის ჩანაცვლება ჰალოგენით. მიღებული ჰალოგენამიდი ტუტე არეში კარგავს ჰალოგენწყალბადს და იძლევა უმდგრად ნაერთს აზოტის ნაკლებვალენტოვანი ატომით, რომელიც მაშინვე იზომერიზდება იზოციანატად (ჰოფმანის გადაჯგუფება), რომლის ჰიდროლიზით მიიღება ამინი:



ალკილჰალოგენიდებზე ამიაკის მოქმედებით (ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქცია) მიიღება პირველადი, მეორეული, მესამეული ამინებისა და მეოთხეული ამონიუმის მარილების ნარევი. რეაქციის მიმდინარეობის პროცესში წარმოქმნილი ამინი რეაგირებს ჰალოგენალკილის მეორე მოლეკულასთან და ა.შ. (ჰოფმანის რეაქცია):

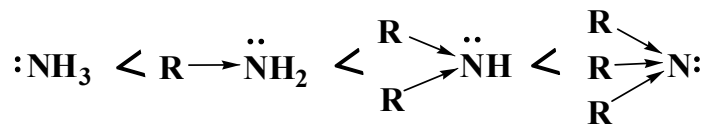


### ფიზიკური თვისებები

უმარტივესი ამინები ამიაკის სუნის მქონე, წყალში ხსნადი აირებია; მომდევნო ჰომოლოგები - სპეციფიკური სუნის სითხეებია; უმაღლესი ჰომოლოგები - წყალში უხსნადი, უსუნო, მყარი ნივთიერებებია.

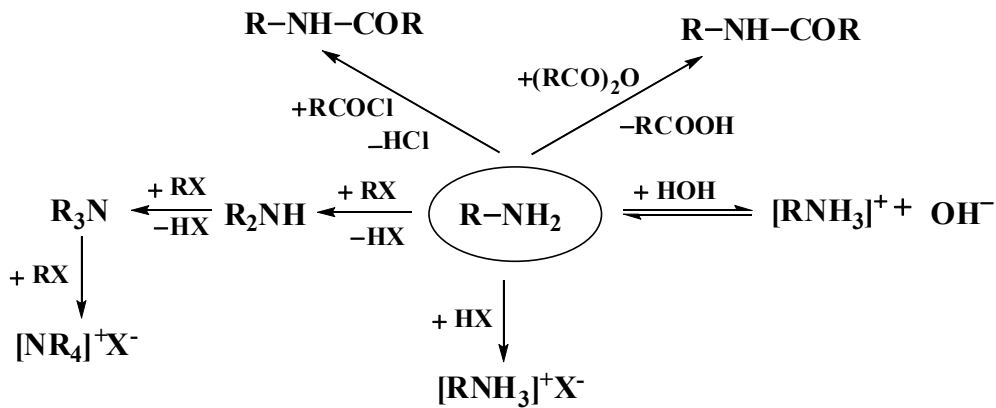
### ქიმიური თვისებები

ამინები მსგავსად ამიაკისა ხასიათდებიან ფუძე თვისებებით. ეს გამომწვეულია აზოტის ატომის თავისუფალი ელექტრონული წყვილის არსებობით. ამასთან ამინები უფრო ძლიერი ფუძეებია, ვიდრე ამიაკი, რადგან რადიკალის დადებითი ინდუქციური ეფექტის გამო აზოტის ატომზე ელექტრონული სიმკვრივე იზრდება. ამინების ფუძე ბუნება, რადიკალების რიცხვის გაზრდასთან ერთად, ძლიერდება რიგში:

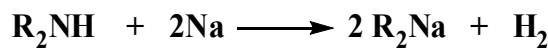


ნაჯერი რიგის ამინების ქიმიური თვისებები მოცემულია 39-ე სქემაზე.

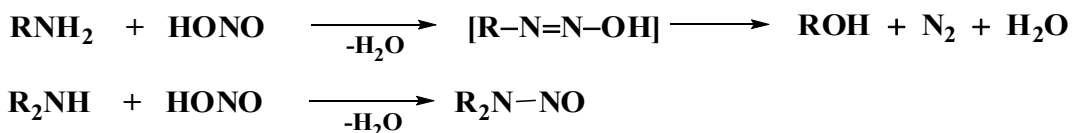
სქემა 39



პირველადი და მეორეული ამინები (ამიაკის მსგავსად) ამჟღავნებენ აგრეთვე სუსტ მჟავა ბუნებას - ტუტე ლითონებთან იძლევიან ალკილ და დიალკილამიდებს:



პირველადი, მეორეული და მესამეული ალკილამინები განსხვავებულად მოქმედებენ აზოტოვან მჟავასთან. ამ რეაქციების მიხედვით ხდება მათი გარჩევა: პირველადი ამინები იძლევიან არამდგრად დიაზონაერთებს, რომლებიც ადვილად იშლებიან პირველადი სპირტების წარმოქმნით, მეორეული ამინები იძლევიან ნიტროზოამინებს, მესამეული ამინები დაბალ ტემპურატურაზე არ რეაგირებენ მასთან:

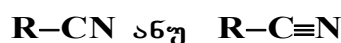


#### გამოყენება

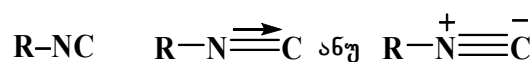
ნაჯერი ამინები ძირითადად გამოიყენება ორგანულ სინთეზში, ამინირების რეაქციებში და როგორც ორგანული ფუძეები.

### 17.3. ნიტრილები და იზონიტრილები (იზოციანიდები ანუ კარბილამინები)

ნიტრილების ზოგადი ფორმულაა



იზონიტრილების ზოგადი ფორმულაა



ამგვარად, ერთ-ერთ- ბმა დონორულ-აქცეპტორული ტიპისაა.

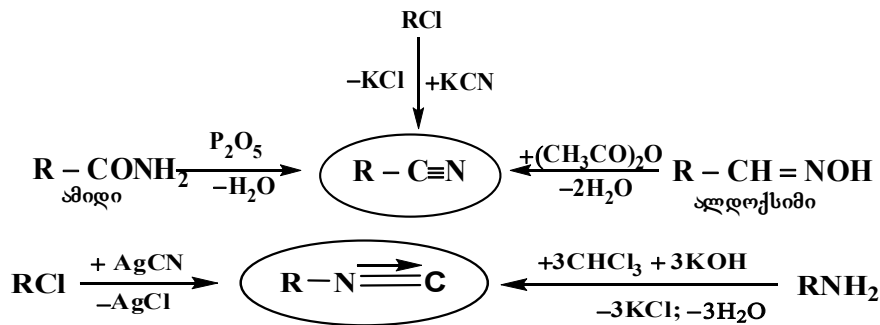
ქვემოთ მოყვანილია ამ ორი კლასის რამდენიმე წარმომადგენელი და მათი სახელწოდება:

$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{N}$ $\text{CH}_3\text{CN}$	მმარმუჟავას ნიტრილი, აცეტონიტრილი, მეთილციანიდი
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{N}$ $\text{C}_2\text{H}_5\text{CN}$	პროპანმუჟავას ნიტრილი, პროპიონიტრილი, ეთილციანიდი
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{N}$ $\text{C}_3\text{H}_7\text{CN}$	ბუტანმუჟავას ნიტრილი, ბუტირონიტრილი, პროპილციანიდი
$\text{CH}_3\text{-NC}$ $\text{H}_3\text{C-N}\equiv\text{C}$	მეთილიზოციანიდი, მეთილიზონიტრილი
$\text{C}_2\text{H}_5\text{-NC}$ $\text{C}_2\text{H}_5\text{-N}\equiv\text{C}$	ეთილიზოციანიდი, ეთილიზონიტრილი

### მიღება

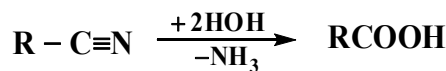
ნიტრილებისა და იზონიტრილების მიღების მეთოდები მოცემულია 40-ე სქემაზე.

სქემა 40



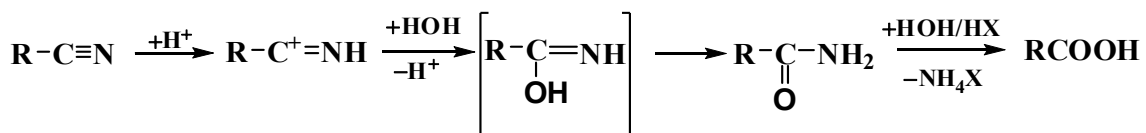
### ქიმიური თვისებები

ნიტრილების და იზონიტრილების ქიმიური თვისებები განსხვავებულია. ნიტრილების ჰიდროლიზით მიიღება კარბონმუჟავები:

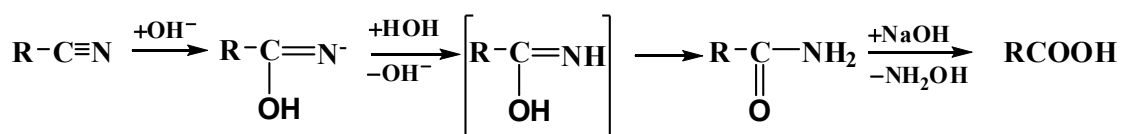


ჰიდროლიზი ხორციელდება როგორც მჟავე, ისე ტუტე არეში:

ჰიდროლიზი მჟავე არეში:



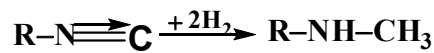
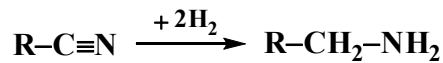
ჰიდროლიზი ტუტე არეში:



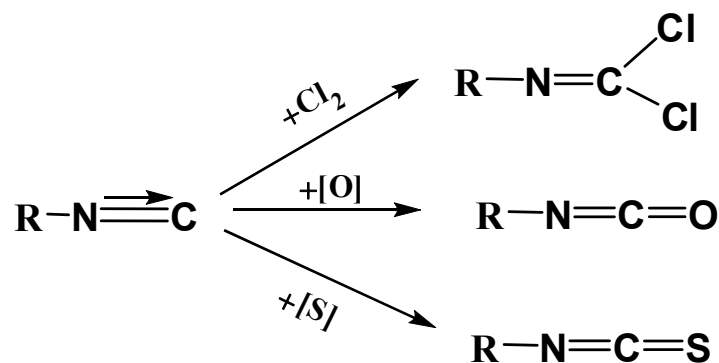
ხოლო იზონიტრილების ჰიდროლიზით მიიღება ამინი და გამოიყოფა ქიანჭველმჟავა:



ნიტრილები აღდგენით იძლევიან პირველად ამინებს, ხოლო იზონიტრილები - მეორეულ ამინებს:



იზონიტრილები ნახშირბადატომის "უჯერობის" გამო ხასიათდებიან მიერთების რეაქციებით:

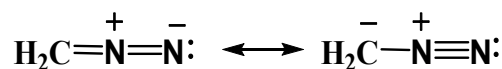


#### გამოყენება

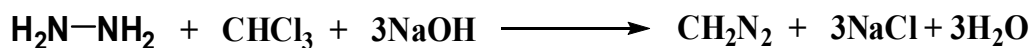
აცეტონიტრილი გამოიყენება გამხსნელად და ორგანულ სინთეზში; აკრილონიტრილი გამოიყენება სინთეზური ბოჭკოს - აკრილონის (ნიტრონის) მისაღებად და ორგანულ სინთეზში.

### 17.4. ნაჯერი (ცხიმოვანი) რიგის დიაზონაერთები

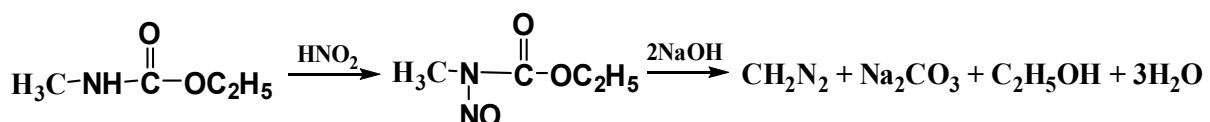
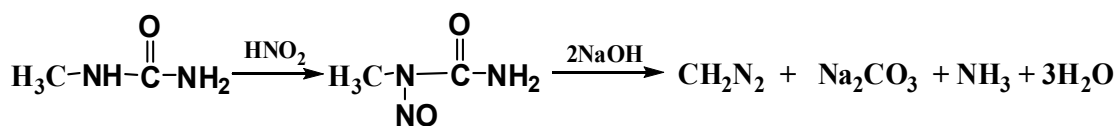
ნაჯერი (ცხიმოვანი) რიგის დიაზონაერთების უმარტივესი წარმომადგენელია დიაზომეთანი  $\text{CH}_2\text{N}_2$ :



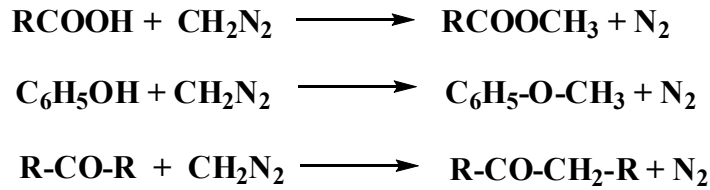
დიაზომეთანი აღმოაჩინა პეჰმანმა 1894 წელს, ხოლო სინთეზი განახორციელა შტაუდინგერმა ჰიდრაზინზე ქლოროფორმის მოქმედებით:



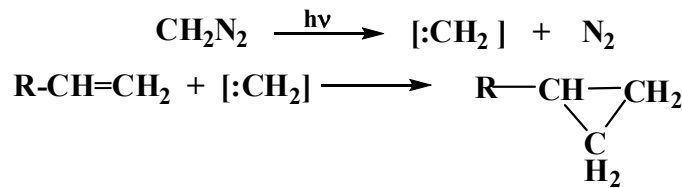
დიაზომეთანის მისაღებად გამოიყენება მეთილშარდოვანა ან მეთილურეთანი:



დიაზომეთანი მომწამლავი მოყვითელო-მწვანე ფერის აირია, იხსნება ეთერში. ძლიერ რეაქციისუნარიანია - სწრაფად რეაგირებს მჟავებთან. მდგრადია ტუტეების მიმართ. ფართოდ გამოიყენება მეთილირების რეაქციებში:



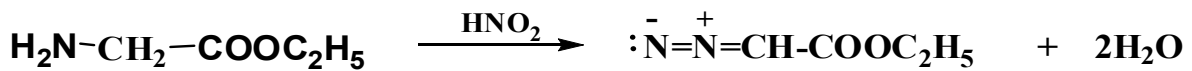
საინტერესოა დიაზომეთანის ფოტოქიმიური დაშლა მეთილენის - კარბენის წარმოქმნით, რომელიც ძლიერ აქტიურია. ოლეფინებთან ურთიერთქმედებით იძლევა სამწვერიან ციკლებს:



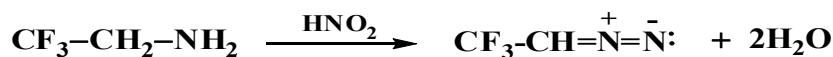
ელექტრონაქცეპტორული ჯგუფი ზრდის მეთილენის მდგრადობას (-I ეფექტი). ასეთი ნაერთებიდან მნიშვნელოვანია დიაზომარმუავას ეთილესტერი  $\text{N}_2\text{CHCOOC}_2\text{H}_5$  და **2,2,2**-ტრიფტორდიაზოეთანი  $\text{CF}_3\text{-CHN}_2$



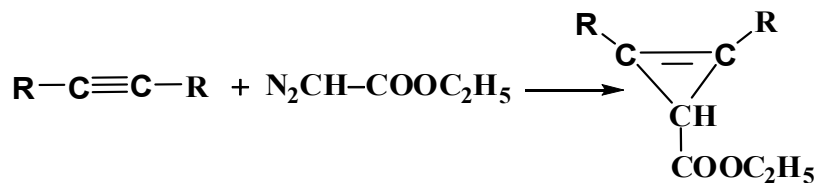
დიაზომარმუავას ეთილესტერი მიიღება ამინომარმუავას ეთილესტერზე აზოტოვანი მჟავას მოქმედებით:



**2,2,2**-ტრიფტორდიაზოეთანი მიიღება **2,2,2**-ტრიფტორეთილამინის პირდაპირი დიაზოტირებით:

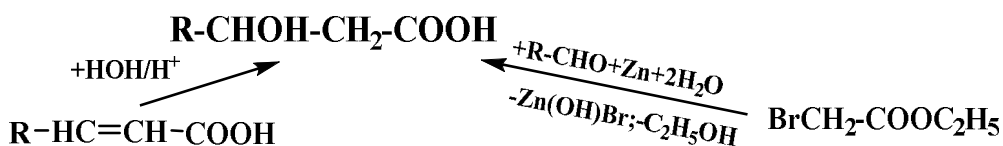


დიაზომარმუავას ეთილესტერი ფართოდ გამოიყენება სამწვერიანი, განსაკუთრებით უჯერი, ციკლების მისაღებად:

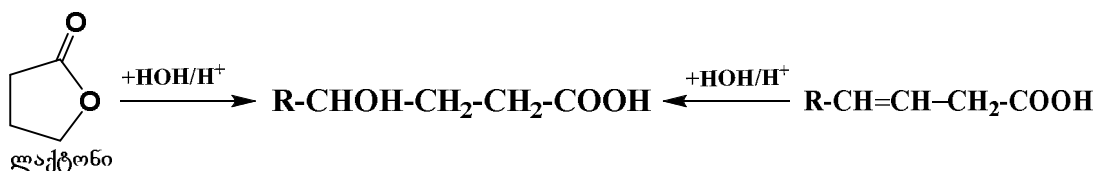




### β-ჰიდროქსიმჟავების მიღების მეთოდები



### γ-ჰიდროქსიმჟავების მიღების მეთოდები

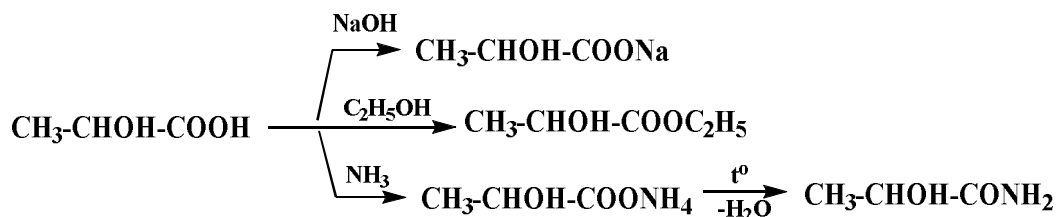


#### ფიზიკური თვისებები.

ჰიდროქსიმჟავები – თხევადი ან კრისტალური, წყალში ხსნადი ნივთიერებებია.

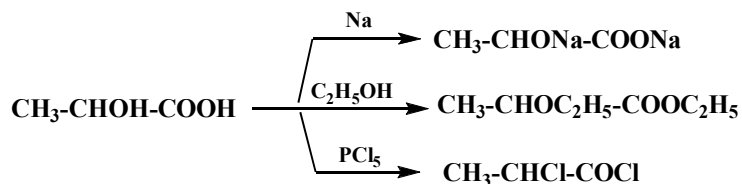
#### ქიმიური თვისებები.

ჰიდროქსიმჟავებს ახასიათებთ როგორც სპირტების, ისე მჟავების თვისებები. როგორც მჟავები, ისინი იძლევიან მარილებს, ესტერებს, ამიდებს და ა.შ.:

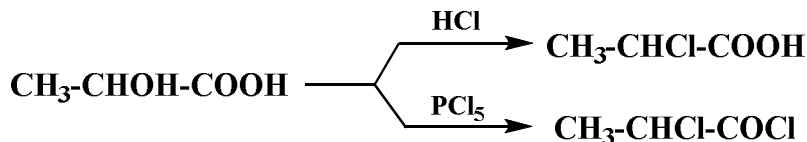


ჰიდროქსიმჟავები, განსაკუთრებით კი α-ჰიდროქსიმჟავები, უფრო ძლიერი მჟავებია იგივე რაოდენობის ნახშირბადატომების შემცველ კარბონმჟავებთან შედარებით. მაგ.: გლიკოლის მჟავას დისოციაციის კონსტანტა 8,5-ჯერ მეტია, ვიდრე ძმარმჟავასი.

ჰიდროქსიმჟავებს აქვთ სპირტების თვისებებიც: წარმოქმნიან ალკოჰოლატებს, მარტივ ეთერებს, შედიან ჰიდროქსილის ჩანაცვლების რეაქციებში:



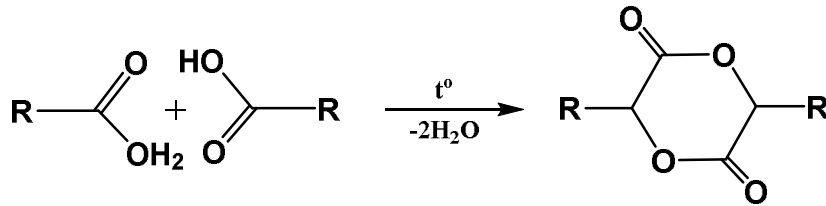
რომელი ჰიდროქსილის ჯგუფი შევა რეაქციაში სპირტული, თუ კარბოქსილის დამოკიდებულია მეორე მორეაგირე კომპონენტზე და რეაქციის პირობებზე. მაგალითად, ჰალოგენ-წყალბადებთან ურთიერთქმედებისას ხდება სპირტული ჰიდროქსილის ჩანაცვლება, ხოლო PCl<sub>5</sub>-ის მოქმედებით - როგორც სპირტული, ისე მჟავური ჰიდროქსილის ჩანაცვლება:



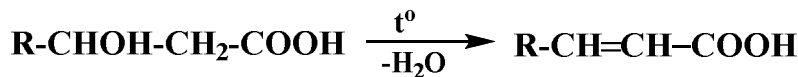
გარდა ამ ზოგადი თვისებებისა, ჰიდროქსიმჟავებს ახასიათებთ სპეციფიკური რეაქციებიც.

დეჰიდრატაციის რეაქციით შესაძლებელია განვასხვავოთ  $\alpha$ -,  $\beta$ - და  $\gamma$ -ჰიდროქსიმჟავები:

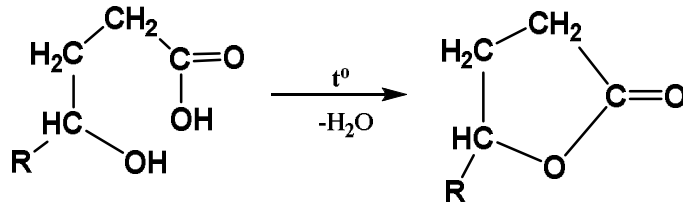
$\alpha$ -ჰიდროქსიმჟავები გაცხელებისას შედიან მოლეკულათშორისი დეჰიდრატაციის რეაქციაში - კარგავენ ორ მოლეკულა წყალს და იძლევიან ციკლურ დიესტერებს – ლაქტიდებს:



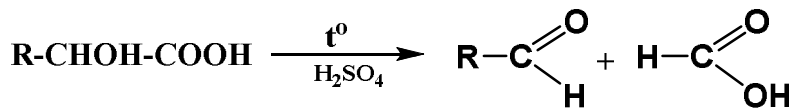
$\beta$ -ჰიდროქსიმჟავები გაცხელებისას შედიან შიგამოლეკულური დეჰიდრატაციის რეაქციაში - კარგავენ ერთ მოლეკულა წყალს და იძლევიან  $\alpha, \beta$ -უჯერ მჟავებს:



გაცხელებისას  $\gamma$ -ჰიდროქსიმჟავებიც შედიან შიგამოლეკულური დეჰიდრატაციის რეაქციაში და იძლევიან ციკლურ ესტერებს - ლაქტონებს:



მჟავე არეში გაცხელებისას  $\alpha$ -ჰიდროქსიმჟავები იშლებიან:



### გამოყენება

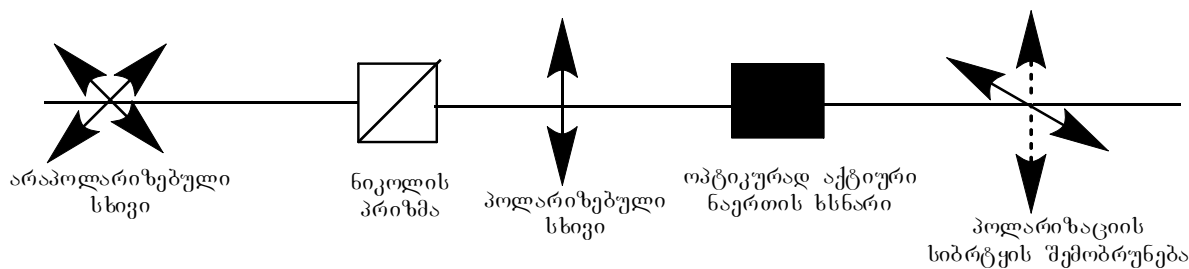
ერთფუძიანი ორატომიანი ჰიდროქსიმჟავების მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია რძემჟავა. იგი ფართოდ გამოიყენება სამღებრო საქმესა და ტყავის წარმოებაში. უძველესი დროიდან რძემჟავას იყენებენ საკონსერვო საქმეში.

## 18.1.2. ოპტიკური იზომერია

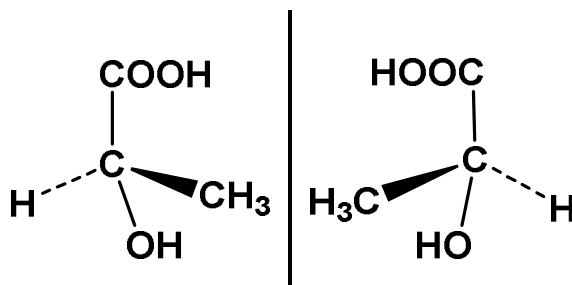
ოპტიკური იზომერია ახასიათებთ ოპტიკურად აქტიურ ნივთიერებებს. ნივთიერების უნარს, მოაბრუნოს პოლარიზებული სხივის სიბრტყე, ოპტიკური აქტიურობა ეწოდება, ხოლო ასეთ ნივთიერებებს – ოპტიკურად აქტიური ნივთიერებები. ეს მოვლენა აღმოაჩინა ბიომ 1813 წელს. მან შეამჩნია, რომ ზოგიერთი ორგანული ნივთიერება თხევად ან გახსნილ მდგომარეობაში პოლარიზებული სხივის სიბრტყის მობრუნებას იწვევს.

როგორც ცნობილია, სინათლის სხივი წარმოადგენს ელექტრომაგნიტურ ტალღას, რომლის ელექტრული და მაგნიტური კომპონენტები ირხევა ორ ურთიერთმართობულ სიბრტყეში. სინათლის სხივის გავლისას ნიკოლის პრიზმაში მისი რხევები წარიმართება მხოლოდ ერთ სიბრტყეში - სხივი ხდება ბრტყლად პოლარიზებული. სხივის გავლისას ოპტიკურად აქტიური ნაერთის ხსნარში, პოლარიზაციის სიბრტყე შემობრუნდება გარკვეული კუთხით. ეს პროცესი სქემატურად ასე გამოისახება:





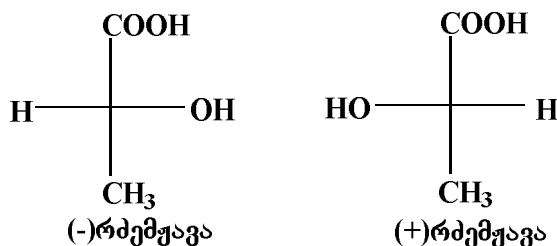
ოპტიკური იზომერია ახასიათებთ ისეთ ნაერთებს, რომლებიც შეიცავენ ასიმეტრიულ ნახშირბადატომს (ოთხ განსხვავებულ ჯგუფთან შეერთებულ ნახშირბადატომს). ამჟამად მიღებულია ტერმინი ქირალური ნახშირბადატომი, ანუ ქირალური ცენტრი. ოპტიკურად აქტიური, ანუ ქირალური ნაერთები არსებობენ ორი ოპტიკური იზომერის (ოპტიკური ანტიპოდების – ენანტიომერების) სახით, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ისე, როგორც საგანი და მისი სარკისებური გამოსახულება. ოპტიკური იზომერიის მაგალითს წარმოადგენს რქემუაჟა. მისი ცენტრალური ნახშირბადატომი ასიმეტრიულია (ქირალურია), რადგან იგი დაკავშირებულია ოთხ სხვადასხვა ჩამნაცვლებელთან – **H**, **OH**, **CH<sub>3</sub>**, **COOH**. შესაბამისად იგი არსებობს ორი ოპტიკური იზომერის სახით:



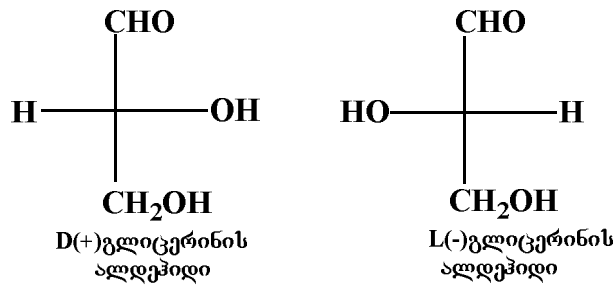
იზომერს, რომელიც სინათლის პოლარიზაციის სიბრტყეს მარჯვნივ (საათის ისრის მიმართულებით) აბრუნებს, ეწოდება მარჯვნივ მბრუნავი და აღინიშნება **(+)** ან **d**-ნიშნით. იზომერს, რომელიც სინათლის პოლარიზაციის სიბრტყეს მარცხნივ (საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით) აბრუნებს, ეწოდება მარცხნივ მბრუნავი და აღინიშნება **(-)** ან **l**-ნიშნით. ოპტიკური იზომერების ეკვიმოლურ ნარევეს, რომელიც არ აბრუნებს სინათლის პოლარიზაციის სიბრტყეს, ოპტიკურად უმოქმედო ანუ რაცემატი ეწოდება და აღინიშნება **(±)** ნიშნით.

ზოგადად ოპტიკური იზომერების რიცხვი დამოკიდებულია ასიმეტრიული ნახშირბადატომების რიცხვზე:  **$N=2^n$** .

ოპტიკური იზომერების გამოსახვა სიბრტყეზე მოხერხებულია ფიშერის პროექციული ფორმულების საშუალებით. ამ ფორმულების მიხედვით ასიმეტრიული ნახშირბადატომი მდებარეობს ფურცლის სიბრტყეზე; ჰორიზონტალურად განლაგებული ჯგუფები განიხილება სიბრტყის ზემოთ, მკითხველისაკენ; ვერტიკალურად განლაგებული ჯგუფები კი – პირიქით, ამ სიბრტყის უკანა მხარეს:



კონფიგურაციის მიკუთვნების კოდად პირობითად მიჩნეულია გლიცერინის ალდეჰიდი (გლიცერინის ალდეჰიდის კლასიფიკაცია):



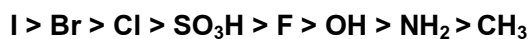
ჰიდროქსი- და ამინმჟავებში კონფიგურაციის მიკუთვნების კოდად აღებულია სერინი - **CH<sub>2</sub>OH-CHNH<sub>2</sub>-COOH**.

მიღებულია, რომ მარჯვნივ მბრუნავი გლიცერინის ალდეჰიდის მსგავსი კონფიგურაციის მქონე ნაერთები მიეკუთვნება **D**-რიგს, ხოლო მარცხნივ მბრუნავი გლიცერინის ალდეჰიდის მსგავსი კონფიგურაციის მქონე ნაერთები **L**-რიგს.

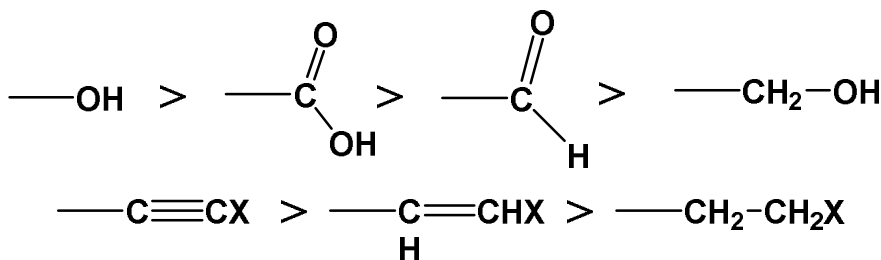
**ოპტიკური ბრუნვის მიმართულება (ნიშანი) არაა უშუალოდ დაკავშირებული ნაერთის კონფიგურაციასთან.** აღმოჩნდა, რომ მარჯვნივ მბრუნავი რძემჟავა არის **L**-რიგის, ხოლო მარცხნივ მბრუნავი - **D**-რიგის (აღსანიშნავია, რომ **(+)**L-რძემჟავას მარილები და ესტერები პოლარიზაციის სიბრტყეს მარცხნივ აბრუნებენ). ოპტიკურად უმოქმედო რძემჟავა, ანუ ენანტიომერების ნარევი, მიიღება შაქროვანი ნივთიერებების რძემჟავური დუღილით.

**აბსოლუტური კონფიგურაცია.** ორგანულ ქიმიაში ფართოდ გამოიყენება **კანის, ინგოლდის და პრელოვის** მიერ მონოდედული ოპტიკური იზომერების ნომენკლატურა. ამ ნომენკლატურის მიხედვით ქირალურ ცენტრთან მდგომ ატომებს მიაკუთვნებენ უმცროს-უფროსობას, რაც განისაზღვრება შესაბამისი ატომების რიგობრივი ნომრის მიხედვით. ამ სისტემით ქირალური ცენტრის კონფიგურაციის აღნიშვნისათვის გამოიყენება სიმბოლოები **R** (ლათინური **rectus** - მარჯვენა) და **S** (ლათინური **sinister** - მარცხენა).

ჰალოგენები უფროსობის შემცირების მიხედვით ლაგდება რიგში: **I, Br, Cl, F**. თუ ჩამნაცვლებლები ატომთა ჯგუფებია, უფროსობა მიეკუთვნება იმ ჯგუფს, რომლის პირველ ატომს აქვს უმეტესი რიგობრივი ნომერი:

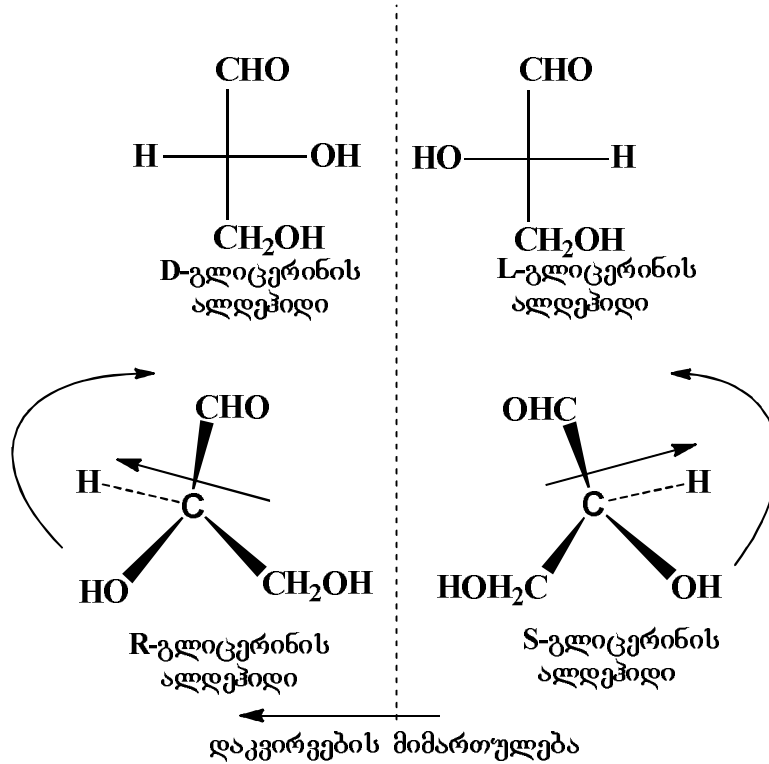


თუ ქირალურ ცენტრთან დაკავშირებულია ერთნაირი რიგობრივი ნომრის ატომები, მაშინ ითვალისწინებენ მათთან ბმულ ჩამნაცვლებლებს, თუ საჭიროა ითვალისწინებენ მომდევნო ატომთა ნომერს, ჩამნაცვლებლების რაოდენობას და ა.შ. მაგალითად **CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub> > CH<sub>3</sub>** (რადგან **C > H**), შესაბამისად **CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub> > CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>**. ამ წესის მიხედვით უფროსობა მიეკუთვნება იმ ჩამნაცვლებლებს, რომელშიც მეტი ატომია. ეს იძლევა შემდეგ რიგს: **(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>C > (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH > CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub> > CH<sub>3</sub>**, რადგან **3C > 2C > 1C**. ითვალისწინებენ აგრეთვე ქირალურ ცენტრთან ბმული ატომის მონანილეობას ჯერად ბმებშიც:



აბსოლუტური კონფიგურაციის განსაზღვრისათვის ქირალური ცენტრის ტეტრაედრს აკვირდებიან უმცირესი ჩამნაცვლებლის პირდაპირ მდებარე ნახნავის მხრიდან და არკვევენ ამ ნახნავის წვეროებში განლაგებული ჯგუფების უფროსობის შემცირების მიმართულებას. **R**

კონფიგურაციის შემთხვევაში ამ ჯგუფების უფროსობა მცირდება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, **S** კონფიგურაციის შემთხვევაში კი პირიქით - საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით. მაგალითად, გლიცერინის ალდეჰიდის შემთხვევაში უმცირესი ჩამნაცვლებელია წყალბადატომი. ტეტრაედრს უნდა დავაკვირდეთ **C-H**-ბმის ღერძის გასწვრივ ნახშირბადატომიდან წყალბადატომისაკენ. ამ დროს დანარჩენი სამი ჩამნაცვლებელი განლაგდება დამკვირვებელთან ახლოს მდებარე ნახნაგის წვეროებში



## 18.2. ორფუძიანი სამატომიანი ჰიდროქსიმჟავები

ორფუძიანი სამატომიანი ჰიდროქსიმჟავების უმარტივესი წარმომადგელია ვაშლის მჟავა - ჰიდროქსიქარვის მჟავა



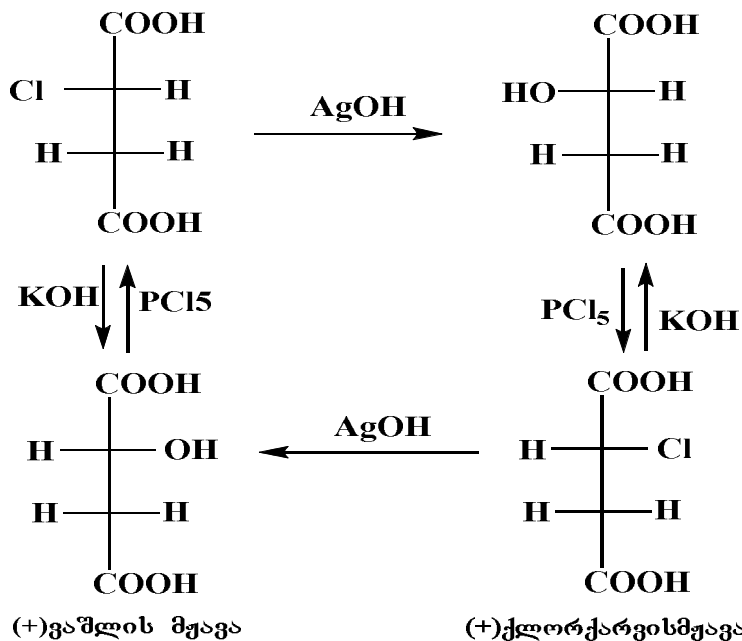
გააჩნია რა ერთი ასიმეტრიული ნახშირბადი, ის არსებობს ოპტიკურად აქტიური ორი იზომერის და რაცემატის სახით. სინთეზური გზით მიღებული ვაშლის მჟავა წარმოადგენს იზომერების რაცემული ნარევის.

1897წ. პ. ვალდენის მიერ ვაშლის მჟავას მაგალითზე აღმოჩენილ იქნა ოპტიკურად აქტიური ნივთიერებების კონფიგურაციის შეცვლის მოვლენა, რომელიც ვლინდება პოლარიზაციის სიბრტყის შემობრუნების მიმართულების შეცვლაში - მარჯვნივ მბრუნავი ოპტიკური იზომერი გარდაიქმნება მარცხნივ მბრუნავად და პირიქით. ამ მოვლენას ეწოდა ვალდენის შემობრუნება.

ოპტიკურად აქტიური (-) ქლორქარვის მჟავას ჰიდროლიზით ვერცხლის ჰიდროქსიდის თანაობისას მიიღება (-) ვაშლის მჟავა, კალიუმის ჰიდროქსიდის თანაობისას კი - ხდება კონფიგურაციის შეცვლა - მიიღება (+) ვაშლის მჟავა, საპირისპირო მიმართულებით იცვლება კონფიგურაცია ვაშლის მჟავას იზომერებზე  $\text{PCl}_5$ -ის მოქმედებით:

(-)ქლორქარვისმჟავა

(-)ვაშლის მჟავა

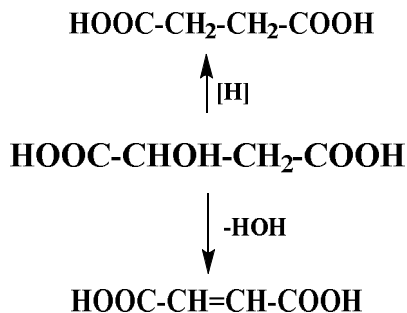


დადგენილია, რომ ვალდენის შემობრუნება ხდება იმ შემთხვევაში, როდესაც ჩანაცვლება მიმდინარეობს ბიმოლეკულური ნუკლეოფილური მექანიზმით - **S<sub>N</sub>2** (იხ. თავი 12.1).

ორფუძიანი სამატომიანი ჰიდროქსიმჟავები – კრისტალური ნივთიერებებია.

ორფუძიან სამატომიან ჰიდროქსიმჟავებს სხვა ჰიდროქსიმჟავების ანალოგიური ქიმიური თვისებები აქვთ.

ვაშლის მჟავას ახასიათებს როგორც **α**-, ისე **β**-ჰიდროქსიმჟავების თვისებები რადგან ჰიდროქსილის ჯგუფი ერთი კარბოქსილის ჯგუფის მიმართ **α**-მდგომარეობაშია, ხოლო მეორის მიმართ **β**-მდგომარეობაში. მისი აღდგენით მიიღება ქარვის მჟავა, ხოლო დეჰიდრატაციით - ფუმარის ან მალეინის მჟავა:



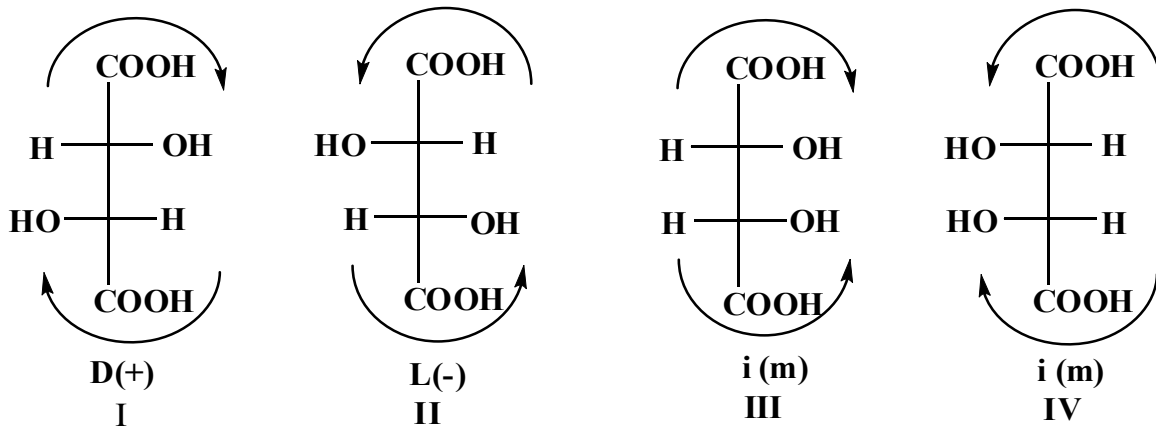
ვაშლის მჟავა მარცხნივ მბრუნავი იზომერის სახით ბუნებაში ფართოდ არის გავრცელებული მკვეხე ხილში (ვაშლი, ყურძენი, კონახური და სხვა).

### 18.3. ორფუძიანი ოთხატომიანი ჰიდროქსიმჟავები ღვინის მჟავები

ორფუძიანი ოთხატომიანი ჰიდროქსიმჟავების მთავარი წარმომადგენელია ღვინის მჟავა - დიჰიდროქსიქარვის მჟავა



ღვინის მჟავა შეიცავს ორ ასიმეტრიულ ნახშირბადს. ამის გამო ის უნდა არსებობდეს ოთხი ოპტიკურად აქტიური იზომერის სახით.



I და II ოპტიკურად აქტიური იზომერებია, ხოლო III და IV ერთმანეთის იდენტურებია და არააქტიური, რადგან მათი ერთი ფრაგმენტი (მაგალითად III ფორმის ზედა ფრაგმენტი) მარჯვნივ მბრუნავია, ქვედა ფრაგმენტი – მარცხნივ მბრუნავი. ერთიანობაში ხდება ბრუნვის შინაგანი კონპენსაცია და ეს ფორმა აღარ არის ოპტიკურად აქტიური. ასეთ ფორმებს მეზოფორმები (m) ან ინაქტიური (i) ფორმები ეწოდება.

ისეთ ჰიდროქსიმჟავებში, რომლებიც რამდენიმე ასიმეტრიულ ცენტრს შეიცავენ D- და L-რიგთან მიკუთვნების კოდს წარმოადგენს ზედა ასიმეტრიული ცენტრის კონფიგურაცია (კლასიფიკაცია L-სერინის მიხედვით).

ღვინის მჟავას იზომერებიდან ორი ოპტიკურად მოქმედი იზომერია D(+) და L(-) და ორი ოპტიკურად უმოქმედო იზომერი (m) მეზოღვინის მჟავა და რაცემატი (+) და (-) იზომერების თანაბარი რაოდენობით შემცველი ნარევი – ყურძნის მჟავა.

I და II ოპტიკური ანტიპიდებია. III და IV ერთი და იგივეა. I და III, ასევე II და III ფორმები არაანტიპოდებია. მათ დიასტერეომერები ეწოდებათ. ე.ი. დიასტერეომერები, ისეთი ოპტიკური იზომერებია, რომლებიც არ წარმოადგენენ ერთმანეთის სარკისებურ გამოსახულებებს.

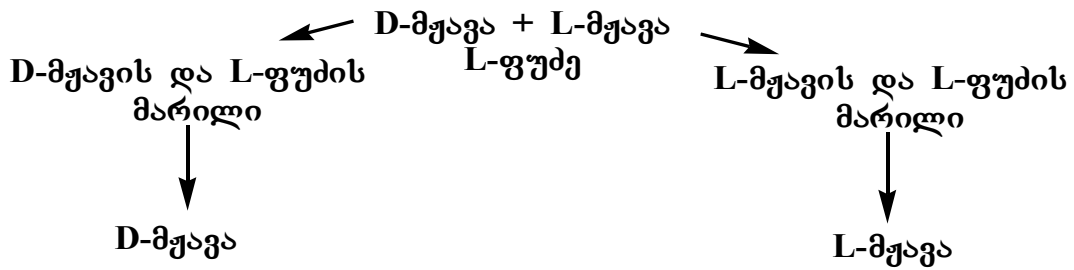
როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ოპტიკურად აქტიური ნივთიერებების მიღების სინთეზური მეთოდები იძლევა რაცემულ ნარევებს, მაგრამ ხშირ შემთხვევაში პრაქტიკაში საჭიროა რომელიმე ანტიპოდის გამოყოფა. ეს განსაკუთრებით ეხება სამკურნალო პრეპარატებს, რადგან ოპტიკური ანტიპოდები სასიცოცხლო პროცესებში განსხვავებულად მოქმედებენ.

არსებობს რაცემული ფორმების ანტიპოდებად დაყოფის სამი კლასიკური მეთოდი, რომლებიც მე-19 საუკუნის შუა წლებში მოწოდებულია გამოჩენილი ფრანგი მეცნიერის ლუი პასტერის მიერ.

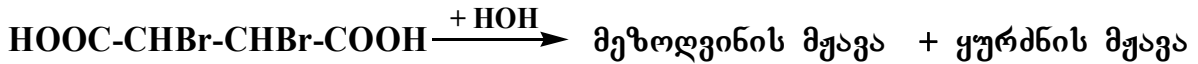
1. **მექანიკური მეთოდი.** გარკვეულ პირობებში მჟავათა რაცემული მარილები კრისტალდებიან სხვადასხვა ენანტიომორფულ ფორმებში, ისე როგორც საგანი და მისი სარკისებული გამოსახულება. ამ კრისტალების ერთმანეთისაგან დაცილება მექანიკურად არის შესაძლებელი ძლიერ გამადიდებელი მინის და პინცეტის საშუალებით.

2. **ბიოლიგიური მეთოდი.** სხვადასხვა მიკროორგანიზმებს გააჩნიათ უნარი საკვებად გამოიყენონ ერთერთი ანტიპოდი, ჩვეულებრივ ის ფორმა, რომელიც უფრო გავრცელებულია ბუნებაში.

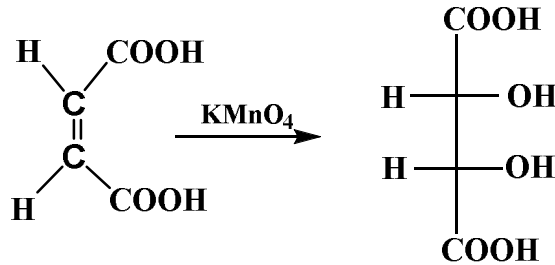
3. **ქიმიური მეთოდი** - დიასტერეომერების კრისტალიზაცია. ანტიპოდებს გააჩნიათ სხვადასხვა ხსნადობა და სწორედ ამ თვისებაზეა დამყარებული ეს მეთოდი. მჟავას ოპტიკური იზომერების ნარევის ემატება ოპტიკურად აქტიური ფუძე, რის შედეგად მიიღება დიასტერეომერული ორი მარილი, რომლებსაც გააჩნიათ სხვადასხვა ხსნადობა. დაცილების შემდეგ მათი ხსნარებიდან ოპტიკურ ანტიპოდებს გამოყოფენ ძლიერი მჟავას დამატებით:



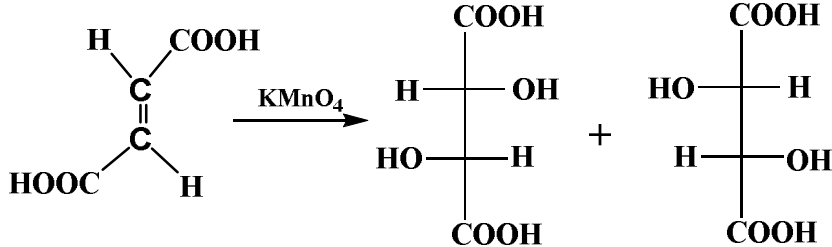
ფუძედ გამოყენებულია ჰეტეროციკლური ნაერთები: ბრუცინი, ცინქონინი, სტრიქნინი. ტექნიკაში ღვინის მჟავა მიიღება ბუნებრივი ნაერთებიდან ან სინთეზური მეთოდებით. დიბრომქარვის მჟავას ჰიდროლიზით მიიღება მეზოლვინის და ყურძნის მჟავების ნარევი:



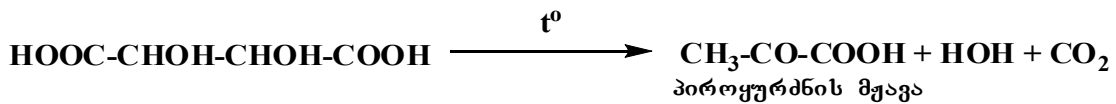
უფერი ორფუძიანი მჟავას ჰიდროქსილირება 1%-იანი  $\text{KMnO}_4$ -ით მიმდინარეობს სტერეო-რეგულარულად: მალენის მჟავა – იძლევა მეზოლვინის მჟავას:



ხოლო ფუმარის მჟავა – ყურძნის მჟავას:



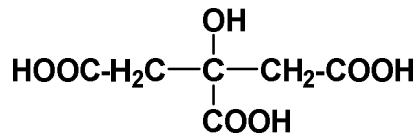
ღვინის მჟავა შედის ჰიდროქსიმჟავებისათვის დამახასიათებელ ყველა რეაქციაში. გარდა ამისა, როგორც  $\alpha, \beta$ -დიჰიდროქსიმჟავა გახურებისას განიცდის ერთდროულ დეჰიდრატაციას და დეკარბოქსილირებას:



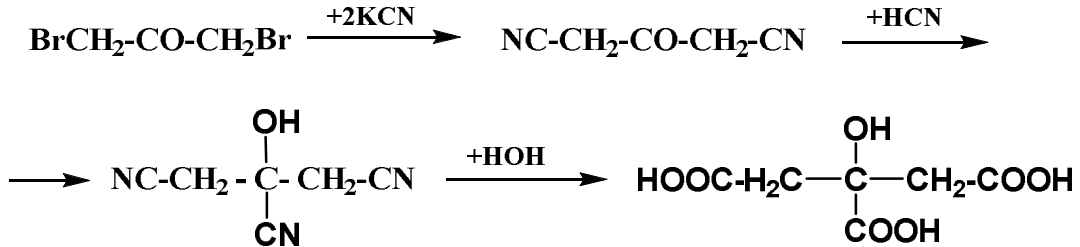
ღვინის მჟავა ბუნებაში ფართოდ არის გავრცელებული ღვინის ქვის სახით - ღვინის მჟავასა და კალიუმის მჟავე მარილი – კალიუმის ჰიდროტარტრატი .

#### 18.4. სამფუძიანი ოთხატომიანი ჰიდროქსიმჟავები

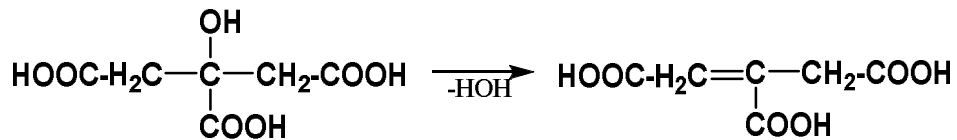
ამ კლასის ჰიდროქსიმჟავებიდან ბუნებაში ფართოდ გავრცელებულია ლიმონის მჟავა. მას შეიცავს ლიმონი (6-7%), ჭარხალი, ყურძენი, ხენდრო, ხურტკმელი (კინკრიჟა) (*Grossularia reclinata*)



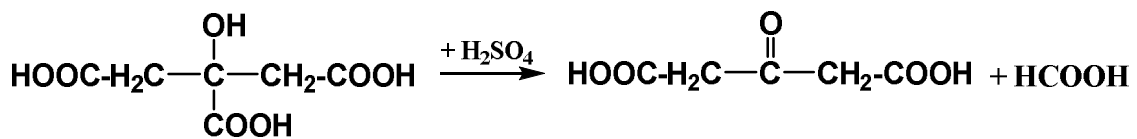
ტექნიკაში მას ლებულობენ გლუკოზის ან „მახორკის“ (Nicotiana rústica) დულილით. სინთეზურად იგი მიიღება დიბრომაცეტონიდან:



გახურებით ლიმონის მჟავა, როგორც β-ჰიდროქსიმჟავა, დეჰიდრატაციის შედეგად გარდაქმნება აკონიტის მჟავად:



გოგირდმჟავას მოქმედებისას იგი იქცევა როგორც α-ჰიდროქსიმჟავა - კარგავს ჭიანჭველმჟავას და გარდაქმნება აცეტონდიკარბონმჟავად:



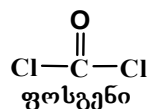
ლიმონის მჟავას დიდი გამოყენება აქვს კვების მრეწველობასა და მედიცინაში.

### 18.5. ჰიდროქსიჭიანჭველასმჟავა – ნახშირმჟავა და მისი ნაწარმები

ნახშირმჟავა წარმოადგენს უმარტივეს ჰიდროქსიმჟავას.

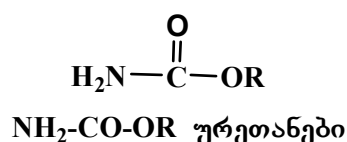
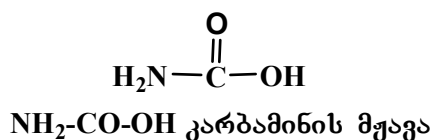
თვით მჟავა და მისი მარილები განიხილება არაორგანულ ქიმიაში. აქ განვიხილავთ ნახშირმჟავას იმ ნაწარმებს, რომლებიც დამახასიათებელია სხვა ორგანული მჟავებისათვის: ესტერებს, ქლორანჰიდრიდებს, ამიდებს და ა.შ.

ნახშირმჟავას მნიშვნელოვანი ნაწარმებია:



ფოსგენი - ნახშირმჟავას დიქლორანჰიდრიდი - ფართოდ გამოიყენება საღებრების, შარდოვანას მისაღებად და სხვადასხვა სინთეზებში.

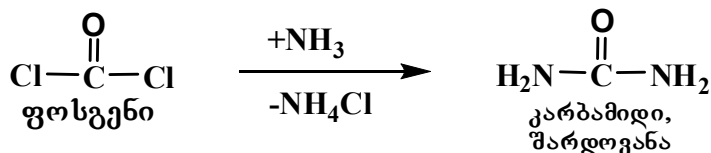




კარბამინის მჟავა თავისუფალ მდგომარეობაში არ არსებობს, მაგრამ მის ესტერებს დიდი მნიშვნელობა აქვთ.

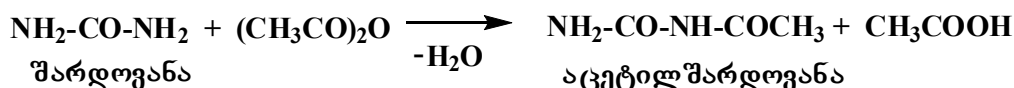
კარბამინის მჟავას ესტერები - ურეთანები ფართოდ გამოიყენება მედიცინაში საძილე საშუალებების სახით.

შარდოვანა -  $\text{NH}_2-\text{CO}-\text{NH}_2$  კარბამიდი; მიიღება ფოსგენზე ამიაკის მომეღებით:



შარდოვანა საუკეთესო სასუქია. მას იყენებენ აგრეთვე პოლიმერების წარმოებაში. მისგან მიღებული კარბამიდული ფისები გამოირჩევა სიმტკიცით; ფორმალდეჰიდთან იგი იძლევა შარდოვანაფორმალდეჰიდურ ფისებს.

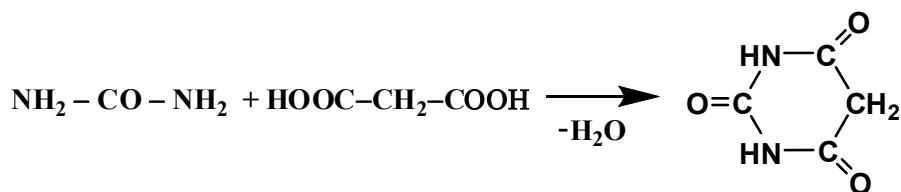
მნიშვნელოვანია შარდოვანას ნანარმები - ურეიდები, რომლებიც მიიღება შარდოვანას აცილირებით:



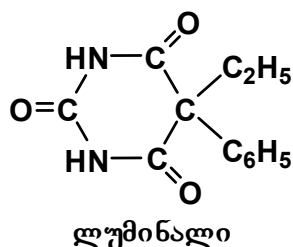
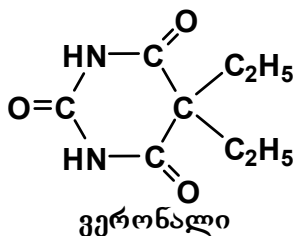
ურეიდები გამოიყენება, როგორც საძილე საშუალებები, მაგალითად ბრომურალი:



მედიცინაში დიდი მნიშვნელობა აქვთ ბარბიტურის მჟავას - მალონშარდოვანას

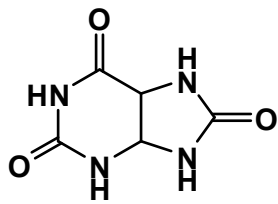


და მის ნანარმებს ვერონალს და ლუმინალს (საძილე საშუალებები):

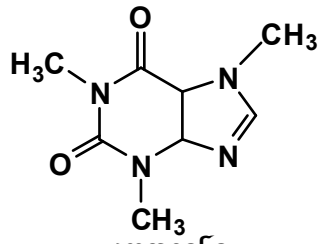


ზოგიერთი აზოტუმცველი ბუნებრივი ნაერთი (შარდმჟავა, კოფეინი, თეობრომინი) განიხილება, როგორც დიურეიდები:

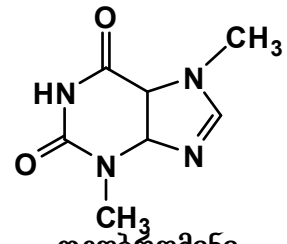




შარდის მჟავა



კოფეინი



თეობრომინი

კოფეინი და თეობრომინი პურინის ჯგუფის ალკალოიდებია.

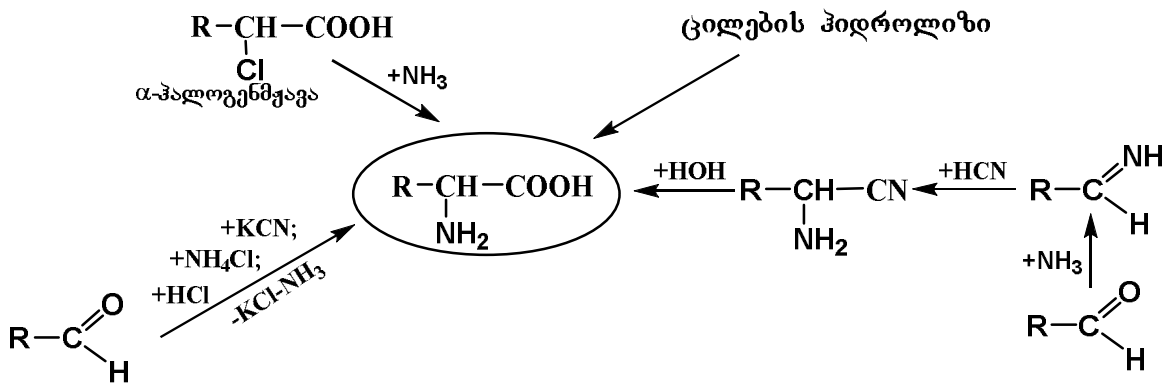
## 19. ამინმჟავები

ამინმჟავები ეწოდება ნახშირწყალბადების ნანარმებს, რომლებშიც წყალბადის ატომები ჩანაცვლებულია ერთი ან რამდენიმე ამინო ( $\text{NH}_2$ ) და კარბოქსილის ( $\text{COOH}$ ) ჯგუფებით. ამინმჟავებში გვხვდება იზომერიის სამი ტიპი: ნახშირბადოვანი ჯაჭვის; ამინო ჯგუფის მდებარეობისა (ამის მიხედვით არჩევენ  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - და ა.შ. ამინმჟავებს) და ოპტიკური იზომერია. ქვემოთ მოყვანილია ზოგიერთი ამინმჟავას სტრუქტურული ფორმულა და სახელწოდება:

$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	გლიცინი; გლიკოკოლი; ამინმზარმჟავა
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	ალანინი; 2-ამინპროპანმჟავა; $\alpha$ -ამინპროპონის მჟავა
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	3-ამინპროპანმჟავა; $\beta$ -ამინპროპონის მჟავა
$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	ვალინი
$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	ლეიცინი

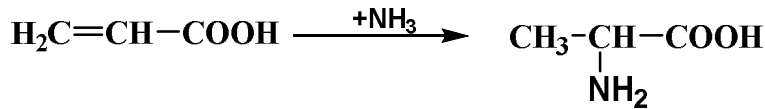
$\alpha$ -ამინმჟავების მიღების მეთოდები:

სქემა 42

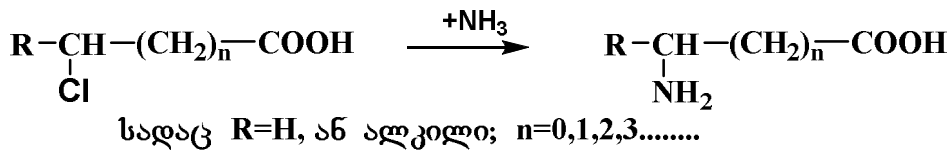


$\beta$ -ამინმჟავების მიღების მეთოდები:

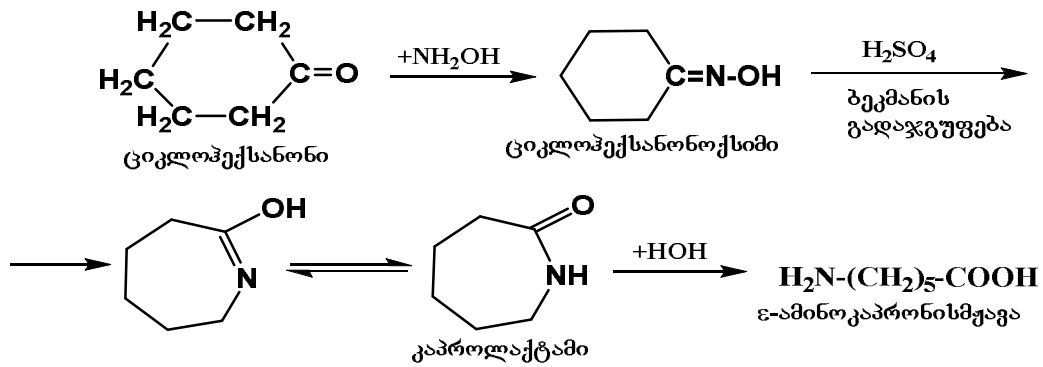
$\alpha, \beta$ -უჯერ მჟავებზე ამიაკის მოქმედება. მიერთება მიმდინარეობს მარკოვნიკოვის წესის სანინაალმდეგოდ (იხ. უჯერი მჟავები):



ამინმჟავების მიღების ზოგადი მეთოდი:



ε-ამინოკაპრონის მჟავის მიღება:



**ფიზიკური თვისებები**

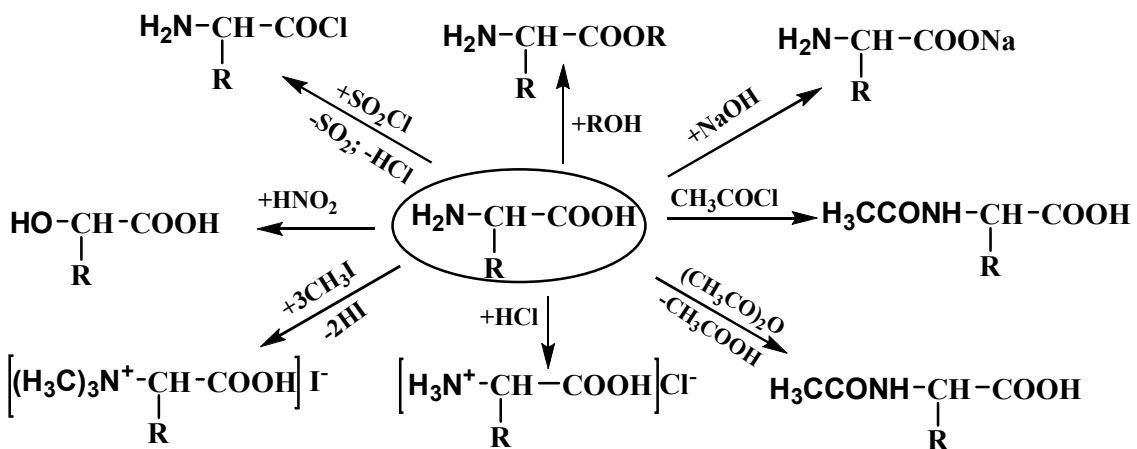
ამინმჟავები მაღალი ლღობის ტემპერატურის მქონე, წყალში ხსნადი ნივთიერებებია.

**ქიმიური თვისებები**

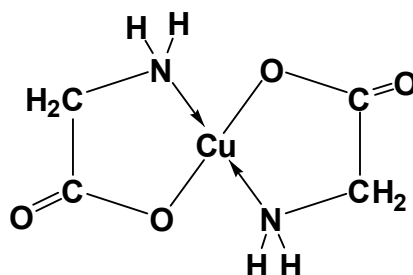
ამინმჟავებს ახასიათებთ ამინო და კარბოქსილის ჯგუფების დამახასიათებელი თვისებები. თავისუფალ მდგომარეობაში ამ ორი ფუნქციური ჯგუფის ურთიერთქმედებით ამინმჟავები იძლევიან შინაგან მარილებს (ბიპოლარულ იონებს, ე.წ. ცვიტერიონებს):



სქემა 43



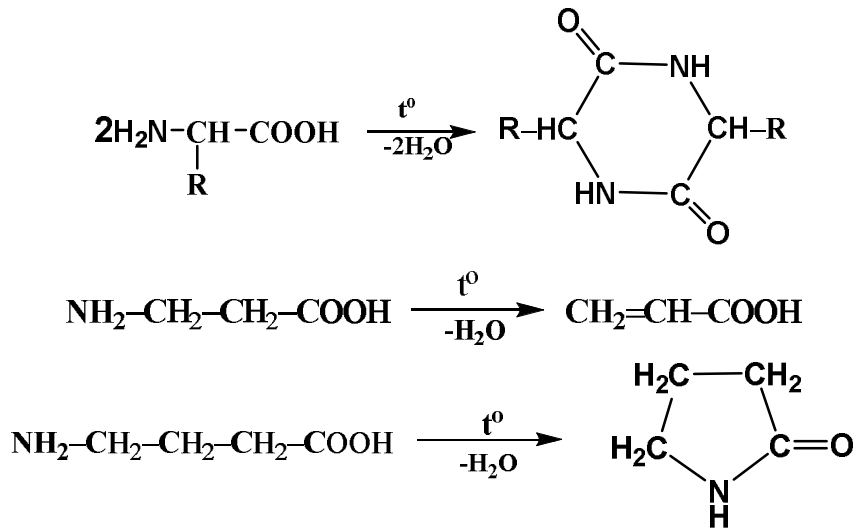
ამინმჟავები ფუძეებთან იძლევიან მარილებს, რომლებსაც შეიძლება ჰქონდეთ კომპლექსური აგებულება. მაგალითად, ასეთი აგებულება აქვთ ინტენსიური ლურჯი შეფერილობის მქონე სპილენძის მარილებს:



ამ კომპლექსურ ნაერთში ამინმჟავები ასრულებენ ბიდენტანტური ლიგანდების როლს.

ამინმჟავები ასევე იძლევიან ლურჯი ფერის კომპლექსს ნინჰიდრინთან.

გაცხელებისას  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -ამინმჟავები სხვადასხვანაირად რეაგირებენ:  $\alpha$ -ამინმჟავები იძლევიან დიკეტოპიპერაზინებს,  $\beta$ -ამინმჟავები –  $\alpha,\beta$ -უჯერ მჟავებს, ხოლო  $\gamma$ -,  $\delta$ -ამინმჟავები – ლაქტამებს:



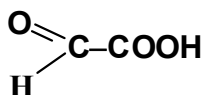
### გამოყენება

ამინმჟავები გამოიყენება კვების მრეწველობაში, მედიცინაში და ბოჭკოების მისაღებად.  $\alpha$ -ამინმჟავები წარმოადგენენ უმნიშვნელოვანესი ბიომაკრომოლეკულების – ცილების ელემენტურ სტრუქტურულ რგოლებს.

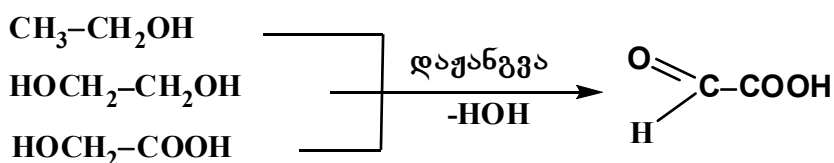
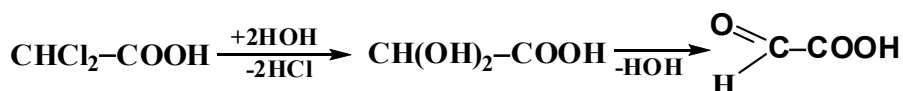
## 20. ოქსომჟავები (ალდეჰიდ- და კეტონმჟავები)

ოქსომჟავები ეწოდებათ ნახშირწყალბადების ისეთ ნაწარმებს, რომლებიც ერთდროულად შეიცავენ ერთ ან რამდენიმე კარბონილის და კარბოქსილის ჯგუფებს. მათი ურთიერთმდებარეობის მიხედვით არჩევენ  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - და ა.შ. ოქსომჟავებს.

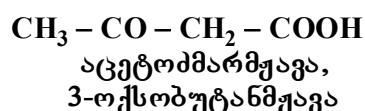
ალდეჰიდმჟავების უმარტივესი და მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია გლიოქსალის მჟავა, რომელიც გვხვდება უმნიფარ ხილში:



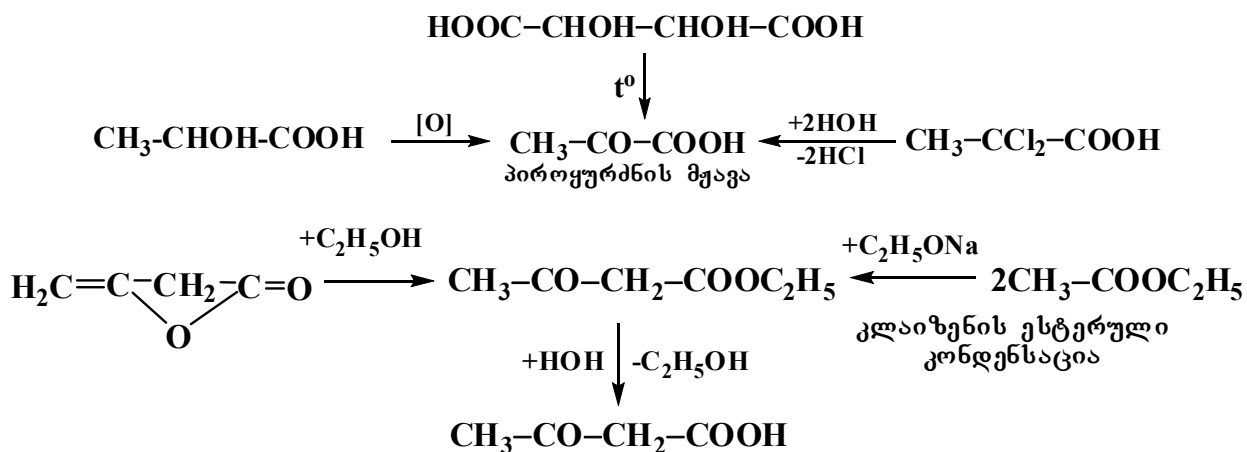
მისი მიღება ხდება შემდეგი გზებით:



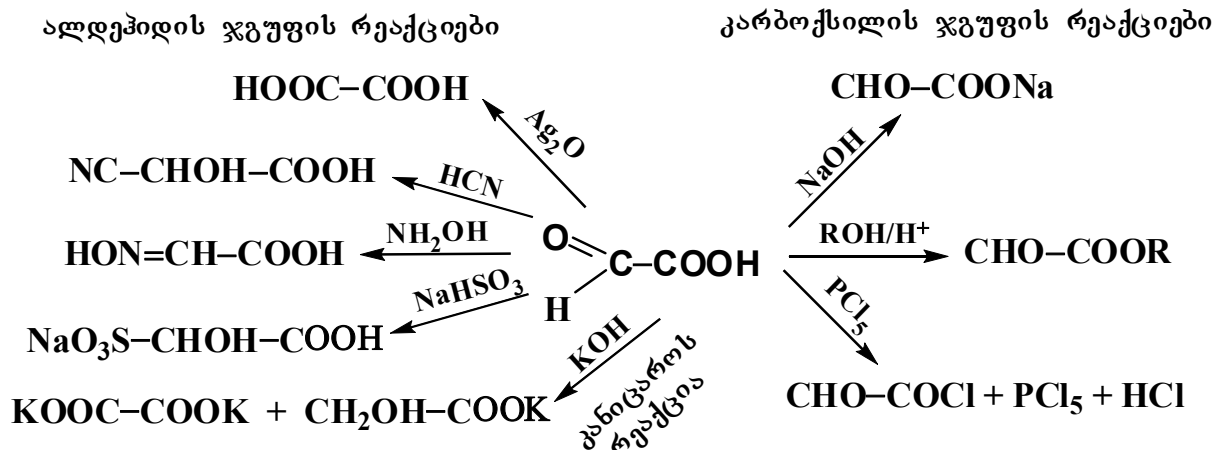
კეტონმჟავების მნიშვნელოვანი წარმომადგენლებია პიროყურძნის მჟავა და აცეტოქომარმჟავა:



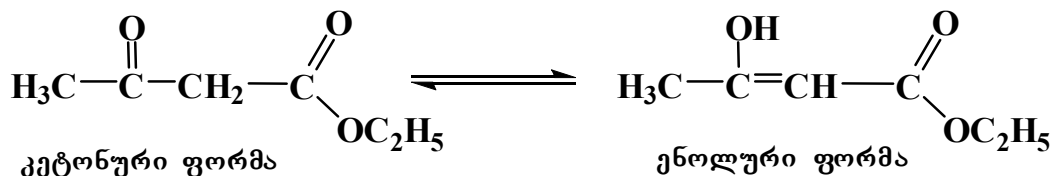
სქემა 44



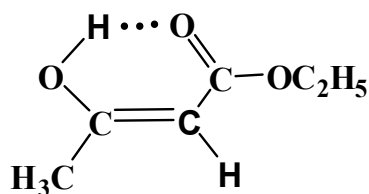
ალდეჰიდ- და კეტონმჟავებს ახასიათებთ როგორც კარბონილის, ისე კარბოქსილის თვისებები, რომლებიც განხილულია გლიოქსალის მჟავას მაგალითზე



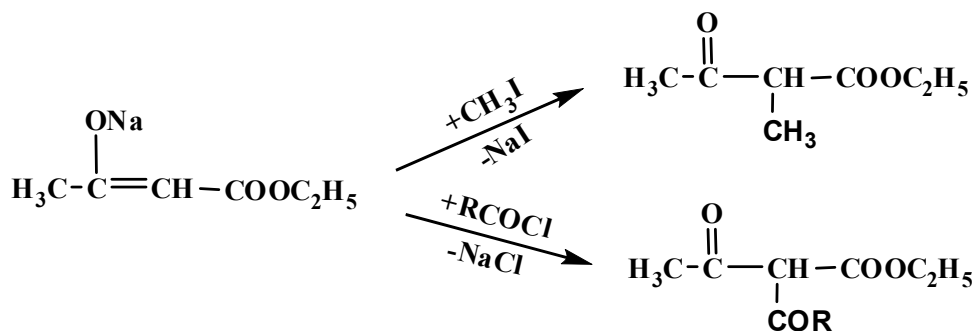
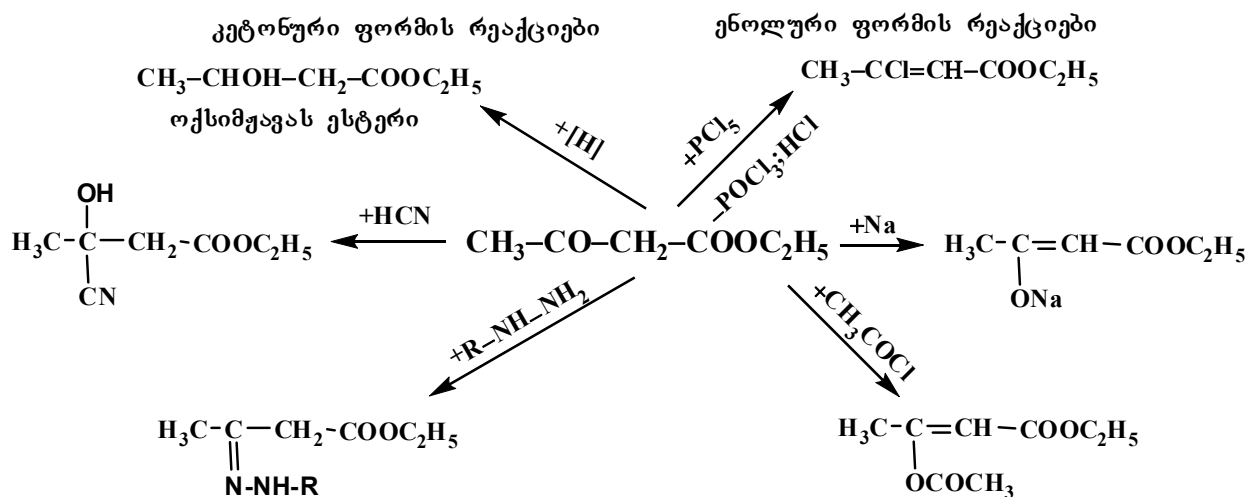
ამ კლასის ნაერთებში გვხვდება ტაუტომერიის მოვლენა, რომელსაც განვიხილავთ აცეტონმარმჟავას ეთილესტერის მაგალითზე. ამ ტიპის ნაერთებს ახასიათებს კეტო-ენოლური ტაუტომერია:



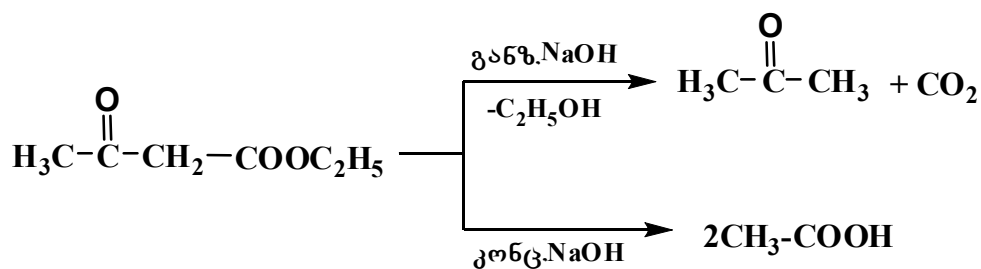
თავისუფალ მდგომარეობაში იგი არსებობს კეტონური და ენოლური ფორმების ნარევის სახით, შესაბამისად: ~ 92% და ~ 8%. ენოლური ფორმის მდგრადობას განაპირობებს შიგამოლეკულური არამდგრადი ექვსწერა ციკლის წარმოქმნა, რომელიც სტაბილიზდება ენოლის წყალბადატომსა და ესტერული კარბონილის ჟაბგადატომს შორის დამყარებული წყალბადური ბმის ხარჯზე:



ტაუტომერული ფორმების არსებობის უმნიშვნელოვანესი ქიმიური გამოვლენა იმაში მდგომარეობს, რომ ამ ნაერთს უნარი შესწევს შევიდეს ერთ-ერთი ფორმისათვის დამახასიათებელ გარდაქმნებში (სქემა 46). გარდა ამისა, ზოგჯერ ადგილი აქვს ე.წ. სარეაქციო ცენტრის გადატანას (სქემა 47). ამ დროს ნაერთი რეაგირებას იწყებს ერთი ტაუტომერული ფორმის ნაწარმით, რეაქციის შედეგად კი მეორე ტაუტომერული ფორმის ნაწარმი მიიღება.



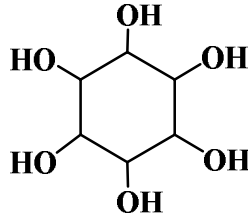
აცეტოდმარმუჟავას ეთილესტერი ტუტის მოქმედებით განიცდის C-C ბმის გახლეჩას, ამასთან, განზავებული ტუტეების მოქმედებით ადგილი აქვს კეტონურ გახლეჩას (მიიღება კეტონი), ხოლო კონცენტრირებული ტუტეების მოქმედებით ადგილი აქვს მუჟავურ გახლეჩას (მიიღება მუჟავეები):



აცეტოდმარმუჟავა ეთილის ესტერს ფართო გაქმოყენება აქვს ორგანულ სინთეზში.

## 21. ნახშირწყლები

ნახშირწყლები ანუ შაქრები ეწოდება ბუნებაში ფართოდ გავრცელებულ ორგანულ ნივთიერებებს, რომლებსაც ოქსიალდეჰიდების და ოქსიკეტონების მსგავსი თვისებები აქვთ ( $C_5H_{10}O_5$ ;  $C_6H_{12}O_6$ ;  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ;  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ). შაქრების უმრავლესობის შედგენილობა გამოისახება ზოგადი ფორმულით  $C_m(H_2O)_n$ . მათ უწოდეს ნახშირწყლები (**შმიდტი, 1844 წ.**), რომელიც შემორჩათ დღემდე, თუმცა ამას ქიმიური აზრი აღარ აქვს. არსებობს ისეთი ტიპური შაქრები, რომლებიც არ აკმაყოფილებენ ამ ფორმულას. მაგალითად მეთილპენტოზა  $C_5H_{12}O_5$ , დეზოქსირიბოზა და პირიქით, არსებობს ისეთი ნაერთები, რომლებიც აკმაყოფილებენ ამ ფორმულას, მაგრამ არ აქვთ ნახშირწყლების თვისებები და არ მიეკუთვნებიან მათ, მაგალითად ჰექსაჰიდროქსიციკლოჰექსანი -  $C_6H_{12}O_6$ :



ნახშირწყლები მცენარეების 80% და ცხოველური ორგანიზმების მასის ~20% შეადგენენ. ეს ნივთიერებები  $CO_2$ -სა  $H_2O$ -სგან სინთეზირდება მცენარეებში (ფოტოსინთეზი). ცოცხალ ორგანიზმებში ნახშირწყლები სხვადასხვა ფუნქციას ასრულებენ. ისინი წარმოადგენენ ბიოლოგიური პროცესებისათვის საჭირო ენერჯის წყაროს და ორგანიზმში სხვა შუალედური ნივთიერებებისა და მეტაბოლიტების სინთეზის საწყის ნივთიერებებს.

ჰიდროლიზის უნარის მიხედვით ნახშირწყლები იყოფა ორ ჯგუფად: 1. მარტივი შაქრები (**მონოსაქარიდები, მონოზები**) - არ განიცდიან ჰიდროლიზს და 2. რთული შაქრები (**პოლისაქარიდები, პოლიოზები**), რომელთა სრული ჰიდროლიზით მიიღება მონოზები. რთული შაქრები იყოფა შაქარისმაგვარ (ბიოზები, ტრიოზები, და ა.შ. **ოლიგოსაქარიდები**) და არაშაქარისმაგვარ პოლისაქარიდებად (**სახამებელი, ცელულოზა, გლიკოგენი**). ოლიგოსაქარიდები წყალში ხსნადი ტკბილი გემოს მქონე შაქრებია. არაშაქარისმაგვარი პოლისაქარიდები არ იხსნებიან წყალში და არ აქვთ ტკბილი გემო.

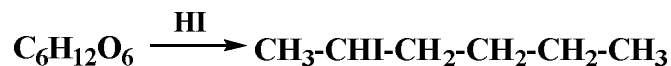
### 21.1. მონოსაქარიდები - მონოზები

მონოზები ნახშირწყლების ყველაზე მარტივი ჯგუფია. ისინი შეიცავენ ერთ კარბონილის და რამდენიმე ჰიდროქსილის ჯგუფს. ნახშირბადატომების რაოდენობის მიხედვით არსებობს ტეტროზები, პენტოზები, ჰექსოზები, ჰეპტოზები და ა.შ. აღდეჰიდის ჯგუფის შემცველ მონოზებს ალდოზები ეწოდება, კეტონის ჯგუფის შემცველთ - კეტოზები. ბუნებაში ყველაზე გავრცელებულია პენტოზები  $C_5H_{10}O_5$  და ჰექსოზები  $C_6H_{12}O_6$ . მათგან ყველაზე ხშირად გვხვდება ორი ჰექსოზა - გლუკოზა (ალდოზა) და ფრუქტოზა (კეტოზა).

#### მონოზების აღნაგობა

მონოზების აღნაგობა მტკიცდება რამოდენიმე რეაქციით: აღდგენა, დაჟანგვა, აცილირება. აგებულების დადგენის მეთოდი განვიხილოთ გლუკოზის და ფრუქტოზის მაგალითზე.

გლუკოზის იოდწყობადით აღდგენით მიიღება 2-იოდჰექსანი:



ანალოგიურად, ფრუქტოზის აღდგენითაც მიიღება 2-იოდჰექსანი.

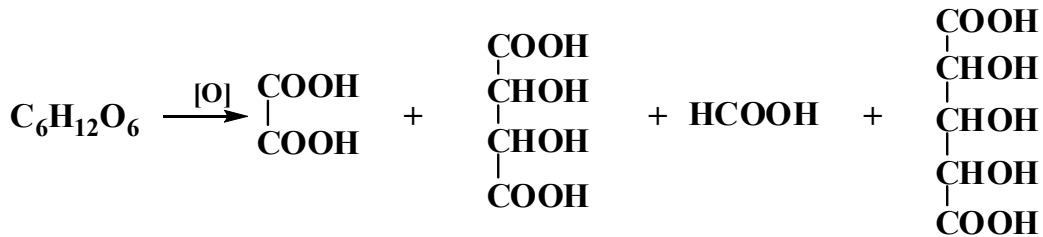


ამ რეაქციების საშუალებით მტკიცდება ნახშირბადოვანი ჯაჭვის ნორმალური (არა-განშტოებული) აღნაგობა.

სუსტი დამჟანგველით (ვერცხლის ჰიდროქსიდის ამიაკური ხსნარი -  $[Ag(NH_3)_2]OH$ ) გლუკოზა გარდაიქმნება გლუკონის მჟავად:



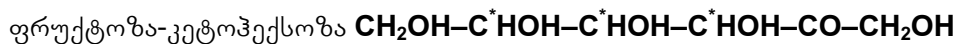
ფრუქტოზა ამ პირობებში არ იჟანგება, მკაცრ პირობებში დაჟანგვისას კი ადგილი აქვს ჯაჭვის განწყვეტას და წარმოიქმნება ოთხი მჟავა:



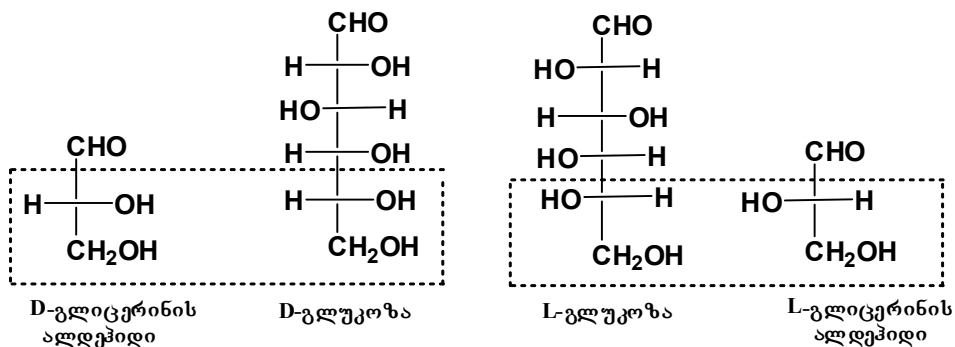
ეს გარდაქმნა იმის მაჩვენებელია, რომ ფრუქტოზის მეორე ნახშირბადატომი კეტონურია. როგორც გლუკოზა, ისე ფრუქტოზა რეაგირებს ხუთ მოლეკულა ძმარმჟავას ანჰიდრიდთან, რაც ამტკიცებს იმას, რომ მათ გააჩნიათ ხუთი ჰიდროქსილის ჯგუფი:



აქედან გამომდინარე მტკიცდება გლუკოზის და ფრუქტოზის ფორმულები:

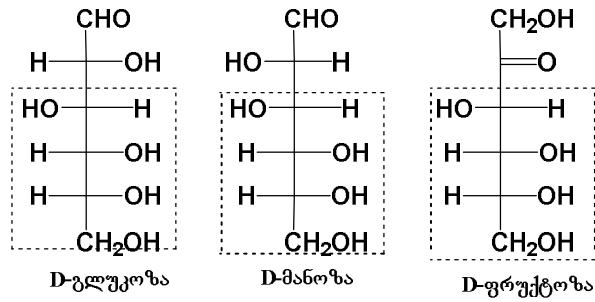


ალდოჰექსოზები შეიცავენ 4 ასიმეტრიულ ნახშირბადატომს, რასაც შეესაბამება 16 ( $2^4$ ) ოპტიკური იზომერი, ამათგან 8 D-რიგის და 8 L-რიგის. D- ან L-რიგისადმი მიკუთვნება არ ხდება პოლარიზებული სხივის პოლარიზაციის სიბრტყის ბრუნვის მიმართულების მიხედვით. რიგს განსაზღვრავს ბოლო ასიმეტრიული ნახშირბადის (მე-5) კონფიგურაცია. ეს დაკავშირებულია შაქრების გენეტიკურ კავშირთან გლიცერინის ალდეჰიდთან. მონოზა D-რიგისაა თუ მისი ბოლო ასიმეტრიული ნახშირბადის კონფიგურაცია D-გლიცერინის ალდეჰიდის ანალოგიურია, L-რიგისაა - თუ აქვს L-გლიცერინის ალდეჰიდის ანალოგიური კონფიგურაცია:

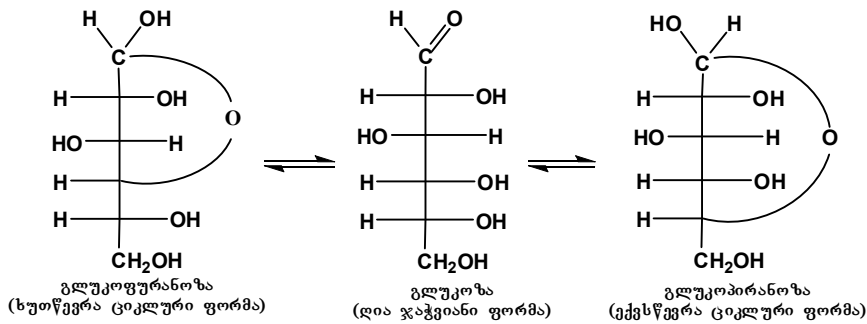


მონოზებს, რომლებიც განსხვავდებიან მხოლოდ ერთი ნახშირბადატომის კონფიგურაციით, ეპიმერები ეწოდებათ. გლუკოზა, მანოზა და ფრუქტოზა ეპიმერებია - განსხვავდებიან მეო-

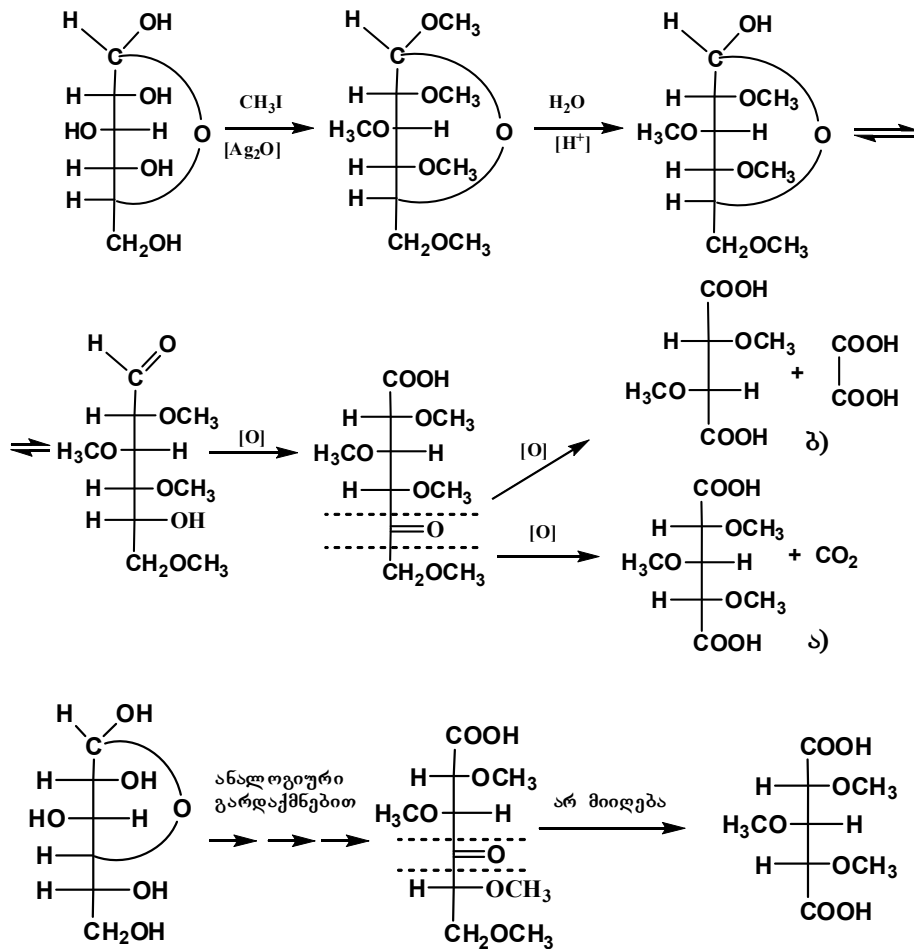
რე ნახშირბადატომის კონფიგურაციით. ტუტეების მოქმედებით (დულილი) ხდება ეპიმერების ურთიერთგარდაქმნა - ეპიმერიზაციის რეაქცია.



ამ ფორმულების თანახმად მონოზებს უნდა ჰქონდეთ, როგორც კარბონილის, ისევე ჰიდროქსილის ჯგუფების თვისებები. მაგრამ, აღმოჩნდა, რომ ალდონოზებს არ ახასიათებთ ალდეჰიდების ყველა თვისება. კერძოდ, არ ურთიერთქმედებენ ნატრიუმის ბისულფიტთან, არ იძლევიან შეფერვას ფუქსინგოგირდოვან მუავასთან. ასევე, ფორმულის მიხედვით ყველა ჰიდროქსილის ჯგუფს უნდა ჰქონდეს ერთნაირი თვისება, მაგრამ მონოზებში ერთი ჰიდროქსილის ჯგუფი ამჟღავნებს განსაკუთრებულ თვისებას: მარილმუავას თანდასწრებით მეთილის სპირტთან ურთიერთქმედებისას მიიღება მონომეთილმონოზა, მაშინ როდესაც მეთილიოდიდთან ურთიერთქმედების შედეგად მიიღება პენტამეთილმონოზა. ამ ხუთი მეთოქსი-ჯგუფიდან ჰიდროლიზს განიცდის მხოლოდ ერთი. ღია ჯაჭვიანი ფორმა ვერ ხსნის აგრეთვე იზომერიის საკუთხს. ამ ფორმულის მიხედვით ჰექსოზები უნდა არსებობდნენ **16 (8 წყვილი)** იზომერიის სახით, სინამდვილეში არსებობს **32** იზომერი. ამ ფორმულით ასევე ვერ იხსნება მონოზების ერთერთი უმნიშვნელოვანესი თვისება - **მუტაროტაცია** - მონოზის ერთ-ერთი იზომერიის ახლადდამზადებული ხსნარი გარკვეული დროის შემდეგ იცვლის სხივის პოლარიზაციის სიბრტყის შემობრუნების კუთხეს. დადგენილია, რომ შაქრები არსებობენ ციკლურ ფორმების სახით, რომლებიც წარმოიქმნება მონოზების კარბონილის ჯგუფთან ერთ-ერთი ჰიდროქსილის ჯგუფის ციკლომერებით. ციკლიზაციაში შეიძლება მონაწილეობა მიიღოს ნებისმიერმა ჰიდროქსილის ჯგუფმა, მაგრამ უპირატესად მიიღება ენერგეტიკულად ყველაზე მდგრადი ხუთ- და ექვსწევრიანი ციკლები, რომლებსაც შესაბამისი ჰეტეროციკლების სახელწოდების მიხედვით ეწოდებათ ფურანოზული და პირანოზული ფორმები:



მონოზების ციკლური ფორმების არსებობა მტკიცდება შემდეგნაირად: ახდენენ მეთილირებას (მეთილიოდიდით), შემდეგ ჰიდროლიზს და დაჟანგვას. ამ პროცესების შედეგად პირანოზული ციკლიდან მიიღება: ა) 2,3,4-ტრიმეთოქსიგლუტარის მუავა და ნახშირბადის დიოქსიდი; ბ) 2,3-დიმეთოქსიქარვის მუავა და მუაუნმუავა. ფურანოზული ციკლიდან კი - 2,3,4-ტრიმეთოქსიგლუტარის მუავა არ მიიღება.

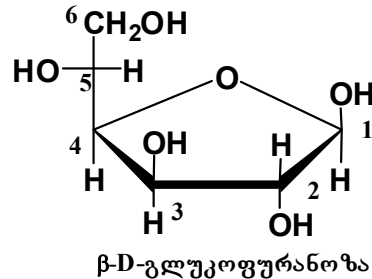
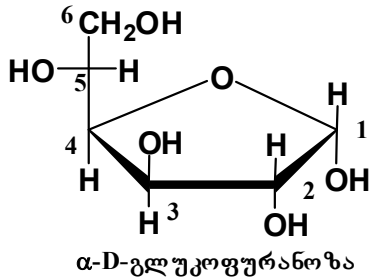
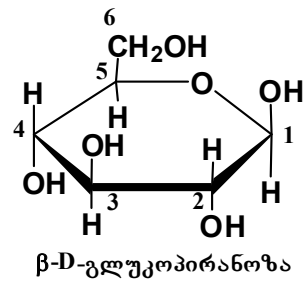
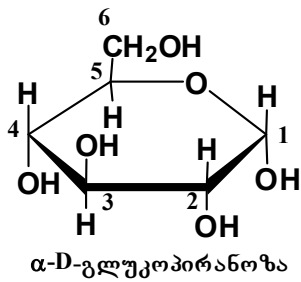


ციკლური ფორმის საშუალებით ადვილია ყველა იმ საკითხის ახსნა, რომლებსაც ვერ ხსნის ჯაჭვიანი (ალდეჰიდური) ფორმა. მონოზების ციკლურ ფორმას ნახევრადაცეტალური ფორმა ეწოდება (გაიხსენეთ აცეტალები და კეტალები). ჰიდროქსილის ჯგუფს, რომელიც წარმოიქმნა ციკლიზაციის პროცესში კარბონილური ჯგუფისგან ეწოდება ნახევრადაცეტალური ჰიდროქსილი და მას გააჩნია განსაკუთრებული თვისებები.

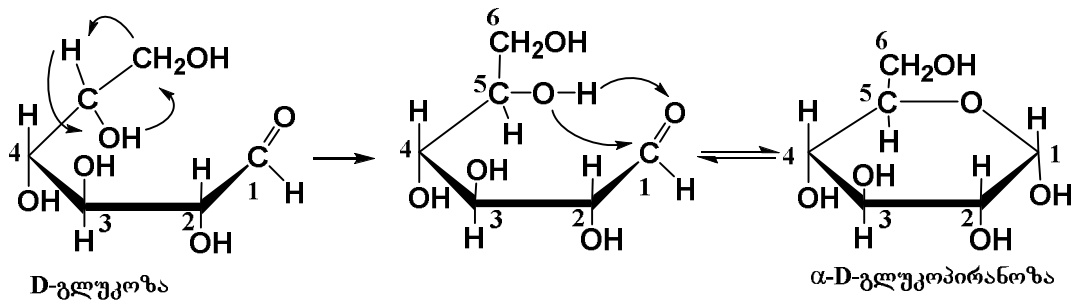
ციკლური ფორმის წარმოქმნით ჩნდება მეხუთე ასიმეტრიული ნახშირბადატომი. ამის გამო იზომერების რიცხვი იზრდება **32-მდე (2<sup>5</sup>): D-რიგის ყველა (8) იზომერს და L-რიგის ყველა (8) იზომერს შეესაბამება α- და β-იზომერები. α- და β-იზომერებს ანომერები ეწოდებათ. ისინი ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან მხოლოდ პირველი ტეტრაედრის კონფიგურაციით. α-ანომერის ნახევრადაცეტალური და D,L-რიგის განმსაზღვრელ ნახშირბადატომთან დაკავშირებული ჰიდროქსილის ჯგუფები ცისოიდურ მდგომარეობაშია (განლაგებულია ნახშირბადატომისა და ატომის ერთ მხარეს), ხოლო β-ანომერში - ტრანსოიდურ მდგომარეობაშია (სხვადასხვა მხარეს). მუტარიტაციის მივლენა დაკავშირებულია α- და β-ანომერების ურთიერთ გარდაქმნასთან (იხ. ქვემოთ).**

მონოზები ღია ჯაჭვიანი ფორმით შედიან სპირტებისა და ალდეჰიდებისათვის დამახასიათებელ რეაქციებში, ხოლო ციკლური ფორმით მხოლოდ სპირტებისათვის დამახასიათებელ რეაქციებში.

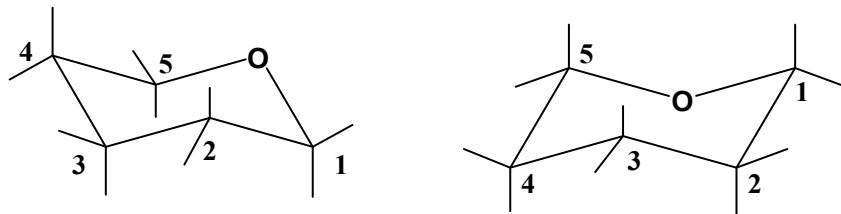
შაქრების ციკლური ფორმების გამოსახვისათვის უფრო მოხერხებულია პერსპექტიული ფორმულები - ჰუერსის ფორმულები. ამ ფორმულებით გამოსახვისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ ჯგუფი, რომელიც პროექციულ ფორმულაში განლაგებულია ნახშირბადატომისა და ატომის მარჯვნივ, პერსპექტიულ ფორმულაში იწერება სიბრტყის ქვევით, ხოლო მაცხნივ განლაგებული - სიბრტყის ზევით:

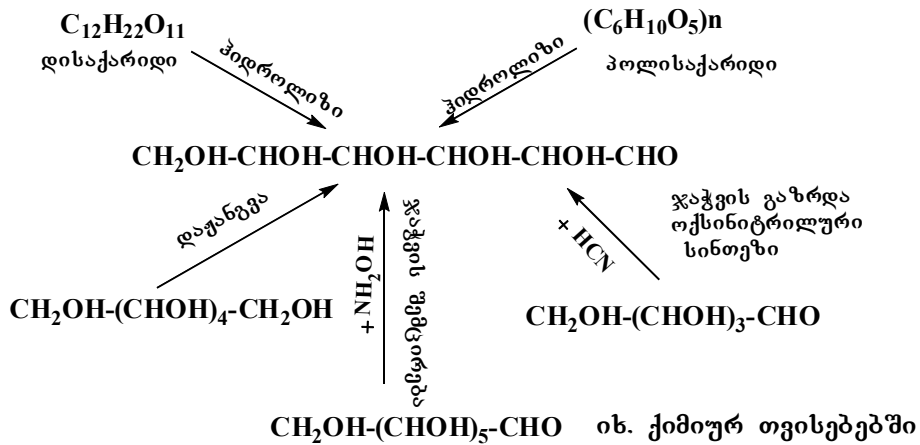


აუცილებელია ყურადღება მიექცეს იმ გარემოებას, რომ მე-5 ნახშირბადატომთან მდგომი წყალბადატომი პერსპექტიულ ფორმულაში აღმოჩნდა სიბრტყის ქვევით, თუმცა პროექციულ ფორმულაში იგი დგას მარცხნივ. ეს აიხსნება იმით, რომ ციკლის შექვერისას ხდება ამ ატომის შემობრუნება **C4-C5**-ბმის ღერძის ირგვლივ. ასეთი შემობრუნების შემდეგ მეხუთე ნახშირბადთან დაკავშირებული ჰიდროქსილი იკავებს ხელსაყრელ მდგომარეობას ციკლის შესაკრავად:



შაქრებში გვხვდება იზომერიის კიდევ ერთი სახე - ბრუნვითი იზომერია. ეს დაკავშირებულია ექვსწევრიან ციკლში ნახშირბადატომების სივრცეში განლაგებასთან, რაც გამოწვეულია ნახშირბადატომების ბრუნვით **C-C**-ბმების ღერძის ირგვლივ. პირანოზული ციკლისთვის ენერგეტიკულად ყველაზე ხელსაყრელია ორი სავარძლისმაგვარი ფორმა, რომლებშიც ყველა აქსიალური მიმართულება გადადის ეკვატორიულში და პირიქით (იხ.თავი 22.1):





**ფიზიკური თვისებები**

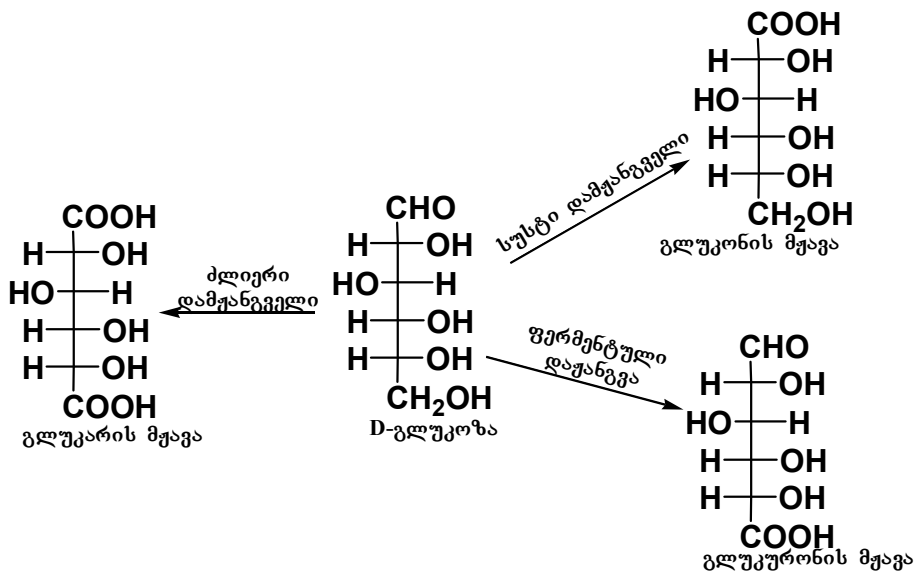
მონოსაქარიდები წყალში კარგად ხსნადი, კრისტალური ნივთიერებებია, უმრავლესობას აქვს ტკბილი გემო და ოპტიკურად აქტიურია. ყველა ბუნებრივი შაქარი არის **D**-რიგის და მარჯვნივ მბრუნავი. გამონაკლისია ფრუქტოზა, რომელიც არის **D**-რიგის და მარცხნივ მბრუნავი, ამიტომ მას ლევულოზასაც უწოდებენ.

**ქიმიური თვისებები**

მონოსაქარიდებს ახასიათებთ კარბონილური ნაერთების (ღია ჯაჭვიანი ფორმით) , სპირტების და ნახევრადაცეცალების თვისებები (ციკლური ფორმით).

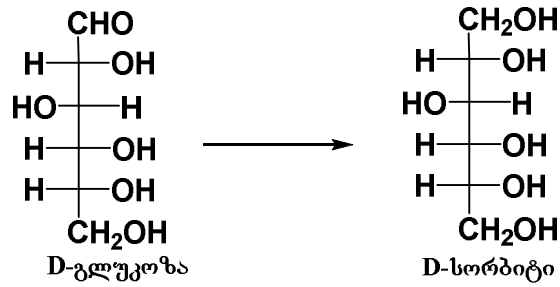
**რეაქციები ღია ჯაჭვიანი ფორმით**

**1. დაჟანგვა.** სუსტი დამჟანგველით მიიღება ონის-, ძლიერი დამჟანგველით - არის და ფერმენტული დაჟანგვით - ურონის მჟავები:

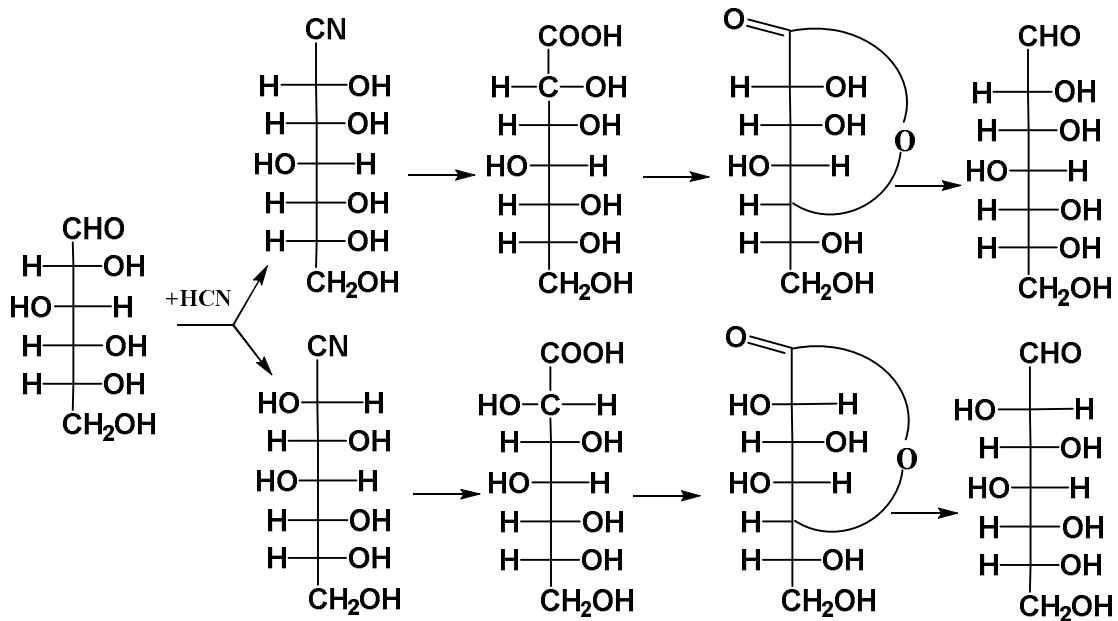


კეტოზები სუსტ დამჟანგველებთან არ რეაგირებენ, ძლიერი დამჟანგველები კი იწვევენ ჯაჭვის განყვეტას ოქსო-ჯგუფთან.

**2. აღდგენით მიიღება შესაბამისი მრავალატომიანი სპირტები**

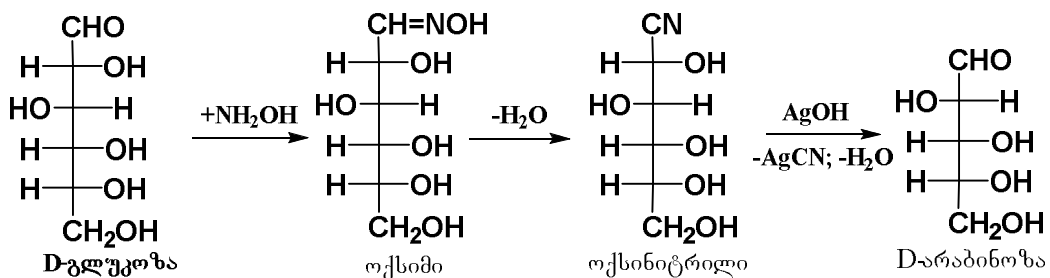


**3. ოქსინიტრილური სინთეზი.** ციანწყალბადმჟავას მიერთებით კარბონილის ჯგუფთან მიიღება ორი სტერეოიზომერული ოქსინიტრილი, რომლებიც განსხვდებიან პირველი ნახშირბადის კონფიგურაციით. ამ ოქსინიტრილების (ციანჰიდრინების) ჰიდროლიზით მიიღება ოქსიმჟავა, რომლის ლაქტონიზაციითა და შემდგომი აღდგენით მიიღება ერთით მეტი ნახშირბადატომის შემცველი ორი მონოზა. ეს რეაქცია განიხილება დაბალი წევრებიდან მაღალი წევრების მიღების მეთოდად. ამ რეაქციის საშუალებით ხდება აგრეთვე რიგის დადგენა, რადგან D-გლიცერინის აღდეჰიდიდან შეიძლება ყველა D-რიგის მონოზას მიღება, L-გლიცერინის აღდეჰიდიდან მიიღება ყველა L-რიგის მონოზა:

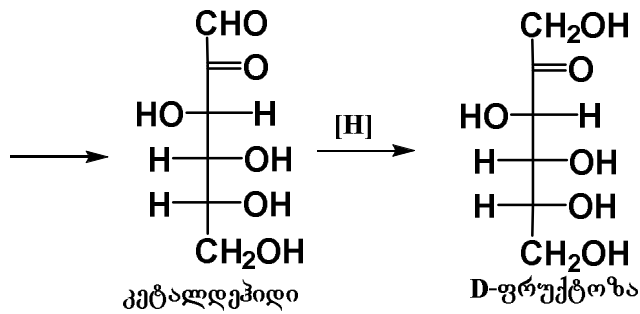
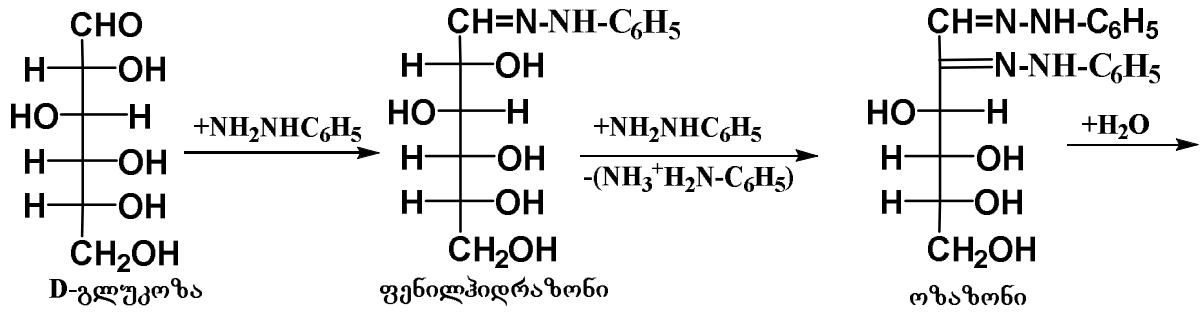


**4. რეაქცია ჰიდროქსილამინთან.** მონოზები ადვილად რეაგირებენ ჰიდროქსილამინთან ოქსიმების წარმოქმნით. ოქსიმების დეჰიდრატაციით მიიღება ოქსინიტრილები (ციანჰიდრინები), რომლებიც ვერცხლის ოქსიდის მოქმედებით კარგავენ HCN-ს და იძლევიან ჯაჭვში ერთით ნაკლები ნახშირბადატომის შემცველ მონოზებს.

ჰიდროქსილამინთან რეაქცია მონოზების რიგის დადგენის და მაღალი წევრებიდან დაბალი წევრების მიღების ხერხია:

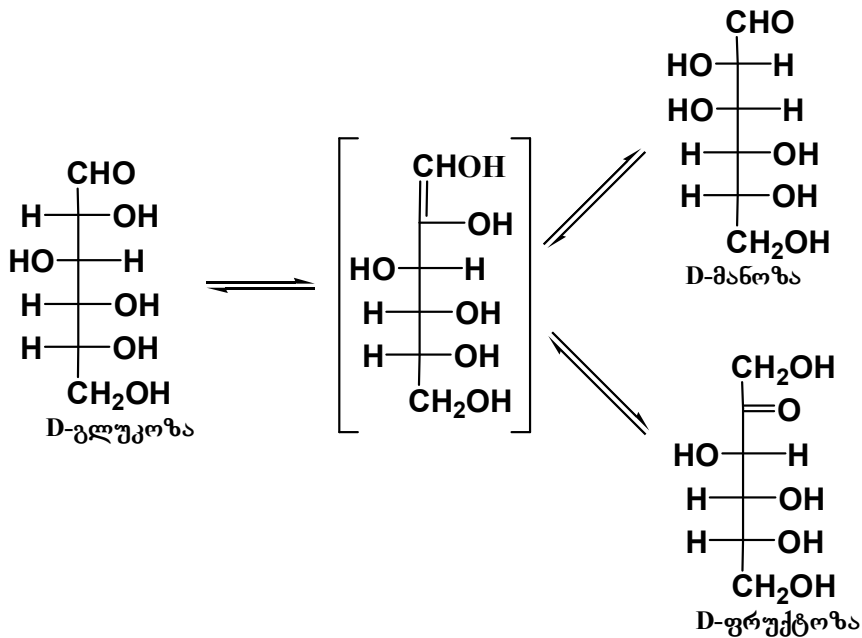


5. რეაქცია ფენილჰიდრაზინთან. ამ რეაქციის საშუალებით ხდება ალდოზებიდან კეტოზების მიღება:



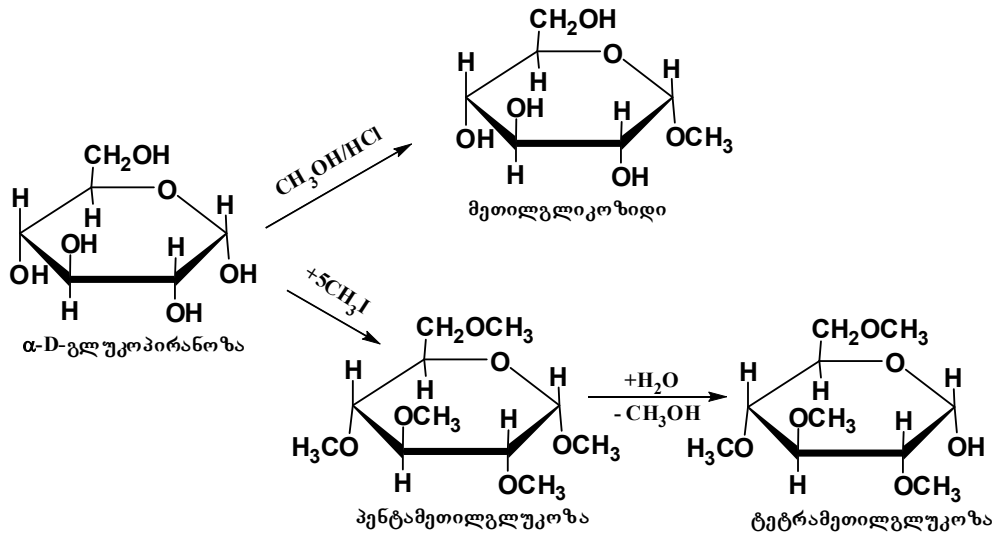
აღსანიშნავია, რომ ეპიმერები - გლუკოზა, ფრუქტოზა, მანოზა ერთდაიგივე ოზაზონს წარმოქმნიან.

6. ტუტეების მოქმედება. ეპიმერები ტუტეებთან დულებისას გადადიან ერთმანეთში. მაგ.: გლუკოზის, ფრუქტოზის, ან მანოზის ხსნარის დულებით ტუტესთან წარმოიქმნება სამივეს ეპიმერის შემცველი წონასწორული ნარევი. ამ პროცესს ეპიმერიზაცია ეწოდება. ეპიმერიზაცია მიმდინარეობს ერთდაიგივე ენოლური ფორმის გავლით:

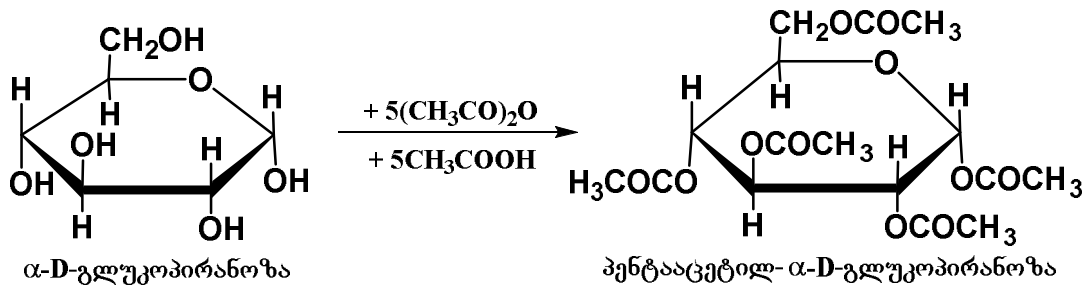


**რეაქციები ციკლური ფორმით.**

**1. ალკილირების რეაქცია.** მონოზების ურთიერთქმედებისას მეთილის სპირტთან (HCl-ის არეში) რეაქციაში შედის მხოლოდ ნახევრადაცეტალური ჰიდროქსილი შესაბამისი მეთილგლიკოზიდის წარმოქმნით, ხოლო მეთილიოდიდან რეაქციაში შედის სპირტული ჰიდროქსილებიც. მიღებული სრული მეთილირების პროდუქტის ხუთი მეთოქსი ჯგუფიდან ჰიდროლიზს განიცდის მხოლოდ გლიკოზიდური. მაგალითად:

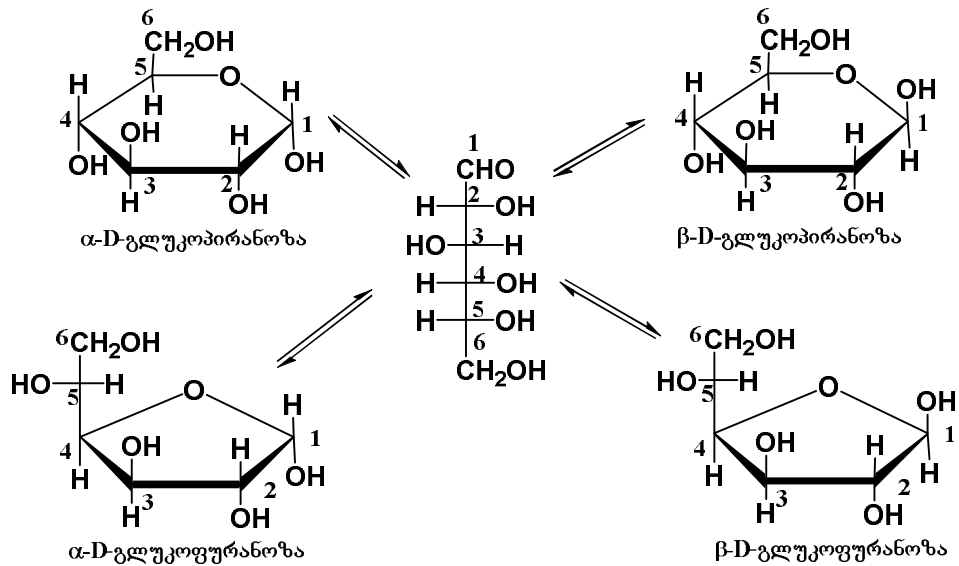


**2. აცეტილირების რეაქცია.** მონოზებზე ძმარმჟავას ანჰიდრიდის მოქმედებით ხდება ჰიდროქსილის ყველა ჯგუფის აცეტილირება:



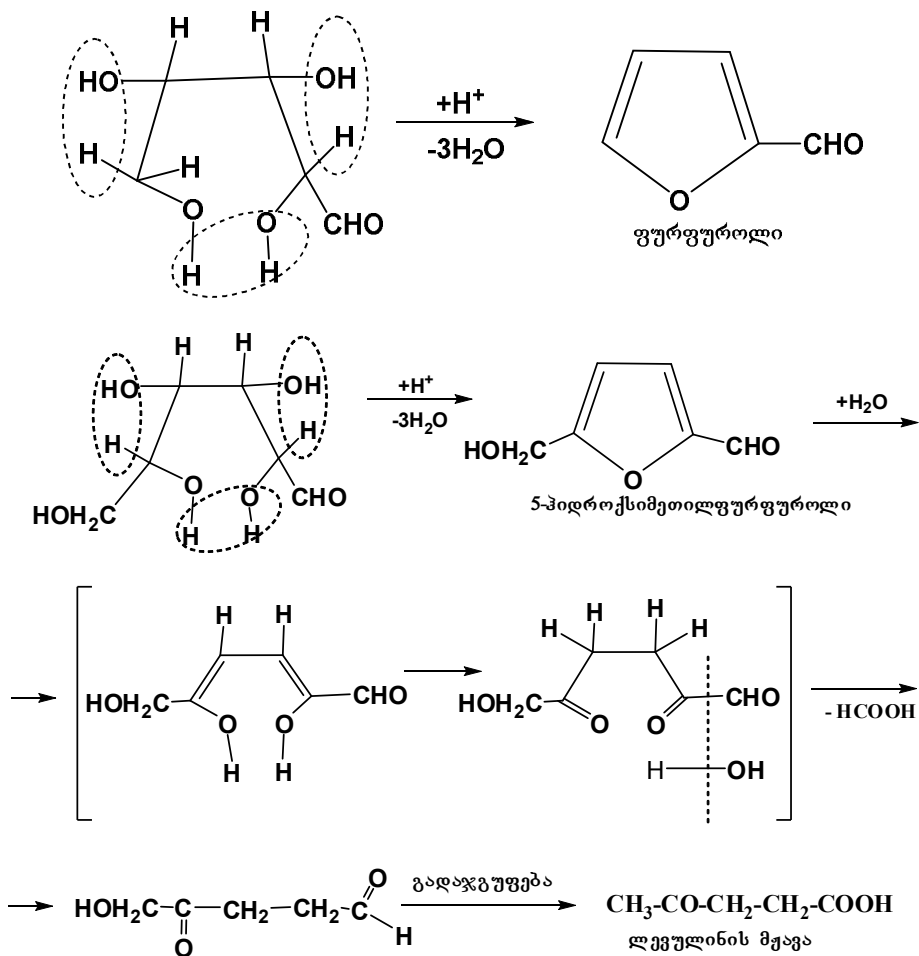
**3. მუტაროტაცია.** მუტაროტაციის მოვლენა დაკავშირებულია შაქრების ხსნარებში ტაუტომერიზაციასთან. შაქრის რომელიმე ანომერის ახლადდაამზადებული ხსნარი გარკვეული დროის შემდეგ იცვლის პოლარიზაციის სიბრტყის ბრუნვის კუთხეს განსაზღვრულ სიდიდემდე. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ხსნარში ხდება  $\alpha$ - და  $\beta$ -ანომერული ფორმების ურთიერთგარდაქმნა ლიაჯაჭვიანი ფორმის გავლით, რომლის დროსაც მყარდება მოძრავი წონასწორობა. ანომერებს გააჩნიათ განსხვავებული ხვედრითი ბრუნვის სიდიდე.  $\alpha$ -გლუკოზას  $+110,1^\circ$ ,  $\beta$ -გლუკოზას  $+19,3^\circ$ , წონასწორულ მდგომარეობას შეესაბამება სიდიდე  $+52,3^\circ$ . ჰექსოზების ხსნარში მყარდება წონასწორობა ხუთივე ფორმას შორის: ლია ჯაჭვიანი, აგრეთვე,  $\alpha$ - და  $\beta$ -პირანოზული,  $\alpha$ - და  $\beta$ -ფურანოზული:



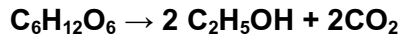


მონოზების სხვა თვისებებიდან მნიშვნელოვანია პენტოზების და ჰექსოზების განმასხვავებელი რეაქცია და დუღილი.

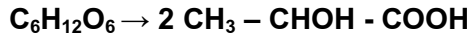
მინერალურ მჟავებთან დუღებისას პენტოზები და ჰექსოზები შედიან ციკლოდეჰიდრაციის რეაქციაში, რის შედეგად პენტოზებიდან წარმოიქმნება ჰეტეროციკლური ალდეჰიდი - ფურფუროლი, ხოლო ჰექსოზებიდან - მისი 5-ჰიდროქსიმეთილწარმოებული -  $\alpha$ -ჰიდროქსიმეთილფურფუროლი, რომელიც არამდგრადია და ჰიდროლიზის შედეგად ადვილად გარდაიქმნება ლევულინის მჟავად:



დუღილი ენოლება შაქრის მოლეკულების გახლეჩას ფერმენტებით (ენზიმებით). არსებობს დუღილის მრავალი სახეობა. ყველაზე მნიშვნელოვანი სახე - სპირტული დუღილი მიმდინარეობს საფუარის ფერმენტის - ზიმაზას მოქმედებით, მიიღება ეთილის სპირტი:

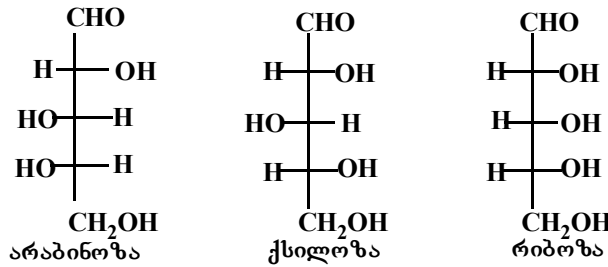


აგრეთვე მნიშვნელოვანია რძემჟავური დუღილი, რომელიც მიმდინარეობს ბაქტერია *Bacillus acidilactici* ზემოქმედებით:



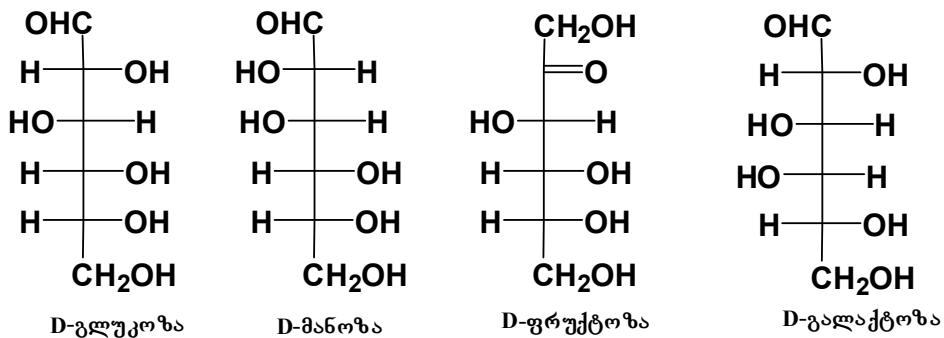
**ცალკეული წარმომადგენლები.**

პენტოზებიდან მნიშვნელოვანია არაბინოზა, ქსილოზა და რიბოზა:



ბუნებაში გვხვდება **L(+)**არაბინოზა (ბლის ნებოში, ჭარხალში და არაბულ გუმფისში), **D(+)**ქსილოზა პოლისაქარიდ ქსილანის სახით (მზესუმზირის ჩენჩოში, თივაში), **L(-)** რიბოზა ნუკლეოზიდების სახით უჯრედის ბირთვის შედგენილობაში.

ჰექსოზებიდან მნიშვნელოვანია გლუკოზა, მანოზა, ფრუქტოზა და გალაქტოზა:



გლუკოზა და ფრუქტოზა დიდი რაოდენობით გვხვდება ხილში. მანოზა ნაკლებად არის გავრცელებული, გვხვდება ფორთოხლის კანში. გალაქტოზა შედის რძის შაქრის შედგენილობაში.

ბუნებაში გავრცელებულია გლიკოზიდები - შაქრების ნახევრადაცეტალური ჰიდროქსილის ჯგუფის მონაწილეობით წარმოქმნილი ეთერები.

**21.2. შაქარმაგვარი პოლისაქარიდები.**

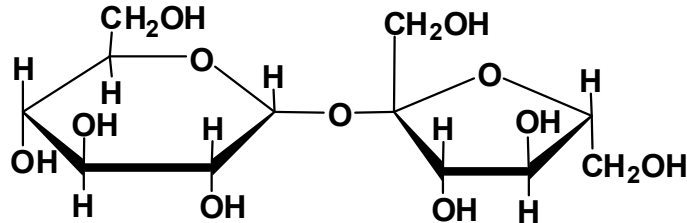
**დისაქარიდები**

დისაქარიდები ანუ ბიოზები მიიღება მონოზის ორი მოლეკულის კონდენსაციით, მათი ჰიდროლიზის შედეგად კი მიიღება ორი მოლეკულა მონოზა. დისაქარიდები იყოფა ორ ჯგუფად - არააღმდგენელი დისაქარიდები (ტრეგალოზას ტიპი) და აღმდგენელი დისაქარიდები - (მალტოზას ტიპი).

არააღმდგენელი ბიოზები წარმოქმნილია ორი მონოზის ნახევრადაცეტალური ჰიდროქსილების ურთიერთქმედებით. არააღმდგენელ შაქრებს მიეკუთვნება: ტრეგალოზა და საქაროზა.

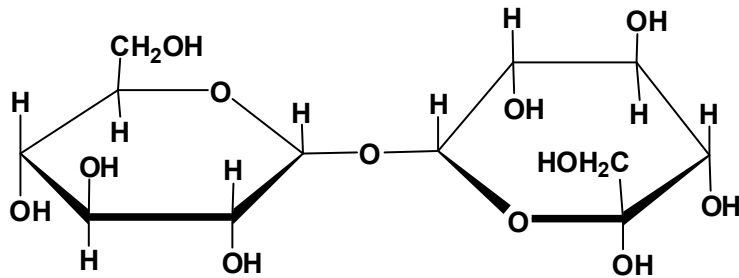
აღმდგენელი შაქრები წარმოქმნილია ერთი მონოზის ნახევრადაცეტალური და მეორე მონოზის სპირტული (ჩვეულებრივ მე-4 ან მე-6) ჰიდროქსილის ჯგუფიდან. აღმდგენელ შაქრებს მიეკუთვნება მალტოზა, ლაქტოზა, ცელობიოზა, გენციობიოზა.

არააღმდგენელი შაქრების ყველაზე მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია, **საქაროზა** ანუ ჭარხლის, ლერწმის შაქარი. იგი ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული. მას იღებენ შაქრის ჭარხლიდან (შეიცავს **28%-მდე**) და შაქრის ლერწამიდან. საქაროზას ჰიდროლიზით მიიღება  **$\alpha$ -D-გლუკოზა** და  **$\beta$ -D-ფრუქტოზა**. ფრუქტოზა საქაროზაში შედის ფურანოზული ციკლით. იგი არის  **$\alpha$ -D-გლუკოპირანოზილ- $\beta$ -D-ფრუქტოფურანოზიდი**:



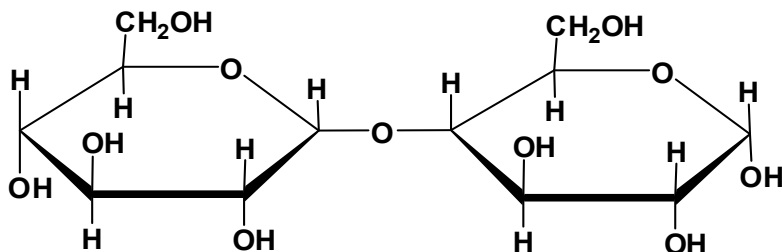
საქაროზა მარჯვნივბრუნავია, მაგრამ ჰიდროლიზის შემდეგ იცვლება ბრუნვის მიმართულება - მისი ხსნარი პოლარიზაციის სიბრტყეს აბრუნებს მარცხნივ, რადგან ფრუქტოზის მარცხნივ ბრუნვის კუთხის სიდიდე აღემატება გლუკოზის მარჯვნივ ბრუნვის კუთხის სიდიდეს. ამ პროცესს ეწოდება ინვერსია, ხოლო მიღებულ ნარევს - ინვერსიული შაქარი (ხელოვნური თაფლი). ინვერსიის კატალიზატორებია ფერმენტები და მჟავები.

**ტრეგალოზა** ანუ სოკოს შაქარი შედგება ორი  **$\alpha$ -D-გლუკოზისაგან 1,1-ბმით**. იგი არის  **$\alpha$ -D-გლუკოპირანოზილ- $\alpha$ -D-გლუკოპირანოზიდი**:



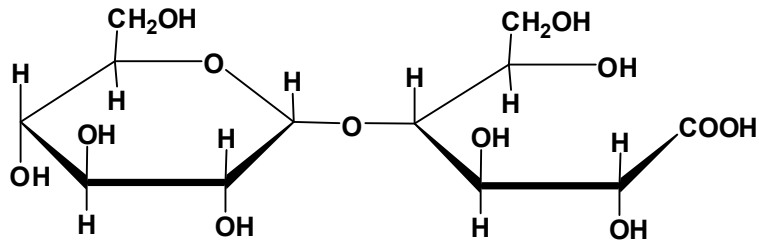
ტრეგალოზა გვხვდება სოკოებში და ბაქტერიებში. მას არ ახასიათებს ტაუტომერული ღია ჯაჭვიანი ფორმა.

**მალტოზა** ანუ ალაოს შაქარი არის აღმდგენელი შაქარი. მისი ჰიდროლიზის შედეგად მიიღება  **$\alpha$ -D-გლუკოზის** ორი მოლეკულა. ბმა არის **1,4**. იგი არის  **$\alpha$ -D-გლუკოპირანოზილ- $\alpha$ -D-გლუკოპირანოზა**:

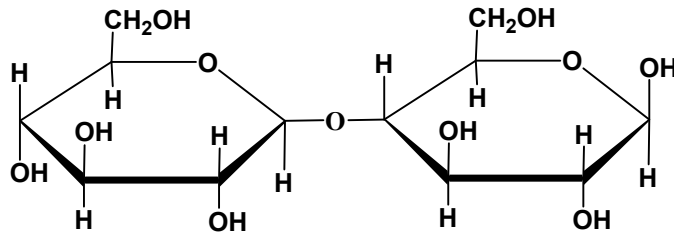


მალტოზა წარმოიქმნება სახამებლის არასრული ჰიდროლიზის შედეგად.

როგორც აღმდგენელი შაქარი, მალტოზა იძლევა ტაუტომერულ ღიაჯაჭვიან ფორმას, რომლის დაჟანგვით მიიღება მალტობიონის მჟავა:



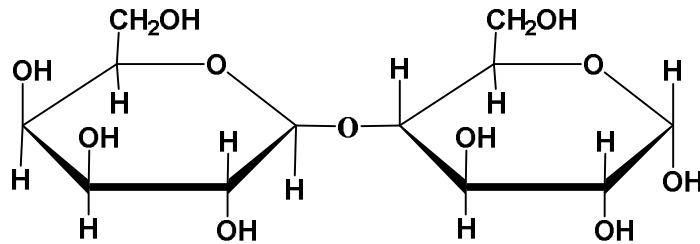
ცელობიოზას ჰიდროლიზით მიიღება  $\beta$ -D-გლუკოზის ორ მოლეკულა; აქ არის **1,4-ბმა**. იგი არის  $\beta$ -D-გლუკოპირანოზიდ- $\beta$ -D-გლუკოპირანოზა:



ცელობიოზა ცელულოზის (უჯრედისი) არასრული ჰიდროლიზის პროდუქტია.

ცელობიოზას, როგორც აღმდგენელი შაქრის დაჟანგვით მიიღება ცელობიონის მჟავა.

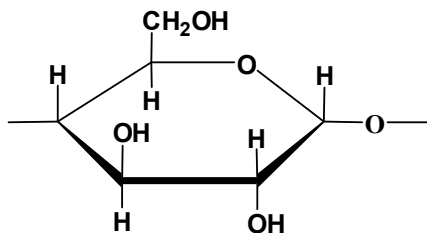
ლაქტოზას ანუ რძის შაქრის ჰიდროლიზით მიიღება  $\beta$ -D-გალაქტოზა და  $\alpha$ -D-გლუკოზა. აქ არის **1,4-ბმა**. იგი არის  $\beta$ -D-გალაქტოპირანოზიდ- $\alpha$ -D-გლუკოპირანოზა:



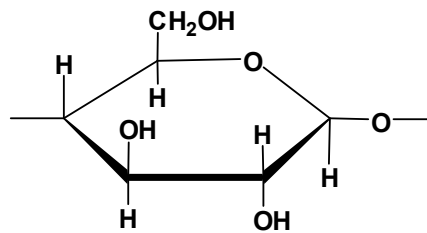
ლაქტოზა შედის რძეში, ნაკლებ ტკბილია, ვიდრე ჩვეულებრივი შაქარი.

### 23.3. პოლისაქარიდები

არაშაქარმაგვარი პოლისაქარიდების მთავარი წარმომადგენლებია სახამებელი და უჯრედისი (ცელულოზა), რომლებიც მხოლოდ გლუკოზის ნაშთებისაგან შედგებიან. მათი ემპირიული ფორმულაა  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . სახამებელი შედგება  $\alpha$ -D-გლუკოზის, ხოლო უჯრედისი -  $\beta$ -D-გლუკოზის ნაშთებისაგან. პოლისაქარიდები ძირითადად ნახევრადაცეტალური და მეოთხე ჰიდროქსილის ჯგუფებით წარმოქმნება (**1,4**). თუმცა სახამებელში **1,6**-ბმაც გვხვდება.



სახამებლის ელემენტარული რგოლი ( $\alpha$ -1,4-გლიკოზიდური ბმა)



ცელულოზის ელემენტარული რგოლი ( $\beta$ -1,4-გლიკოზიდური ბმა)

**სახამებელი.** სახამებელი გროვდება ზოგიერთ მცენარეში (მარცვლეული, კარტოფილი), როგორც სარეზერვო მასალა. მრეწველობაში მას ლეზულობენ კარტოფილიდან.

სახამებელი ადამიანის საკვების ძირითადი შემადგენელია (პური, კაერტოფილი, ბურღული, ბოსტნეული) და ორგანიზმის მთავარი ენერგეტიკული რესურსი. მისი შემცველობა პროდუქტებში ასეთია: ბრინჯი - **78%**, თეთრი პური - **51%**, კარტოფილი - **16%**. სახამებლის ჰიდროლიზი იწყება პირის ღრუში ნერწყვის მოქმედებით, რომელიც შეიცავს ფერმენტ ამილაზას. კუჭის მყავე არეში ჰიდროლიზი მთავრდება გლუკოზის წარმოქმნით. ეს უკანასკნელი ნაწლავებიდან შეიწოვება და სისხლით გადაიტანება თითოეულ უჯრედამდე, სადაც განიცდის სხვადასხვა გარდაქმნას.

სახამებლის ჰიდროლიზი მიდის შემდეგი საფეხურებით:

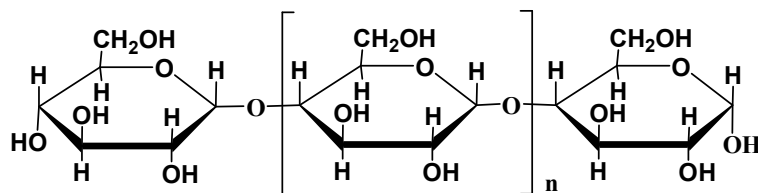
სახამებელი → ხსნადი სახამებელი → დექსტრინები → მალტოზა → გლუკოზა.

სხვადასხვა კატალიზატორის გამოყენებით, შესაძლებელია ჰიდროლიზის გარკვეულ სტადიაზე შეწყვეტა. მაგალითად, ალალს ფერმენტები ახდენენ ჰიდროლიზს მალტოზამდე, ხოლო საფუარის ფერმენტები - გლუკოზამდე.

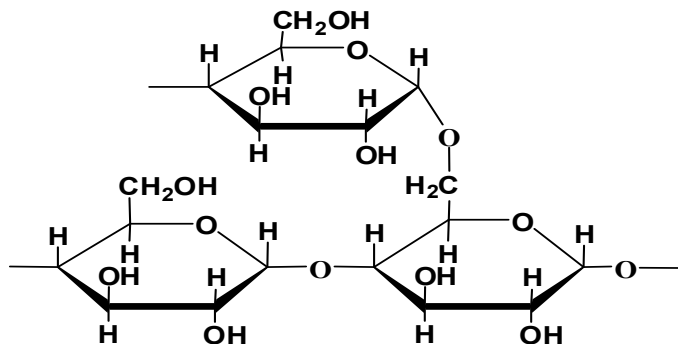
სახამებელი იოდთან იძლევა ლურჯ შეფერილობას, ცივ წყალში უხსნადია, ცხელში წარმოქმნის ბლანტ ხსარს - ბუბკოს.

სახამებელი არაერთგვაროვანი ნივთიერებაა. იგი შედგება ორი პოლისაქარიდისგან ამილოზისა (20-30%) და ამილოპექტინისაგან (70-80%).

ამილოზა (ხსნადი სახამებელი) აგებულია ერთმანერთთან 1,4-ბმებით დაკავშირებულია α-D-გლუკოზის რამდენიმე ასეული ნაშთისგან:



**ამილოპექტინი** - ძალიან განტოტვილი მოლეკულაა, რომელშიც α-1,4-ბმებთან ერთად α-1,6-ბმებიც გვხვდება:

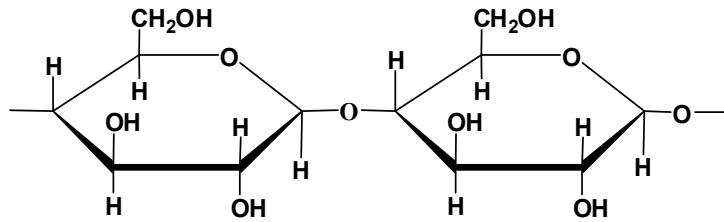


სახამებელი გამოიყენება ნებოს დასამზადებლად (სახამებლის ბუბკო) და გლუკოზის მისაღებად.

სახამებელთან თავისი შედგენილობით ახლოს დგას გლიკოგენი (ცხოველური სახამებელი), რომელიც გროვდება ღვიძლში და წარმოადგენს ორგანიზმის რეზერვულ ნივთიერებას. გლიკოგენის მოლეკულები მნიშვნელოვნად უფრო დიდი და უფრო განტოტვილია, ვიდრე სახამებლის მოლეკულები.

**ცელულოზა (უჯრედისი).** ცელულოზა ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული. ბამბა და ფილტრის ქაღალდი ცელულოზის ყველაზე სუფთა ფორმებია (96%). ხის მერქანი ძირითადად ცელულოზას და ლიგნინს შეიცავს, ამასთან, ცელულოზის შემცველობა ბევრად მეტია. სახამებ-

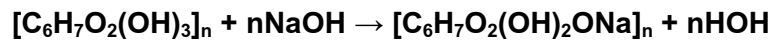
ლისგან განსხვავებით, ცელულოზას ერთგვაროვანი, არაგანშტოებული აღნაგობა აქვს. მასში გლუკოზის ნაშთები ერთმანეთთან მხოლოდ  $\beta$ -1,4-ბმებით არის დაკავშირებული:



ცელულოზის ჰიდროლიზის შუალედური პროდუქტია ცელობიოზა, ბოლო პროდუქტი -  **$\beta$ -D-გლუკოზა**.

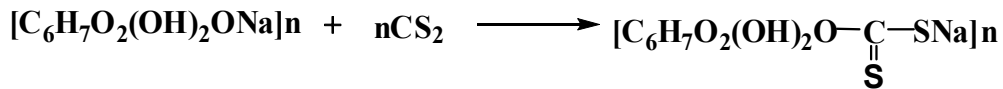
ადამიანის საჭმლის მომნელებელი ორგანოები ვერ შლიან  $\beta$ -გლიკოზიდურ ბმებს. ამის გამო ცელულოზა არ გამოიყენება საკვებად. ცელულოზა არ იხსნება წყალში, არც ორგანულ გამხსნელებში, მაგრამ იხსნება შვეიცერიის რეაქტივში (სპილენძის ოქსიდის ამონიაკური ხსნარი), თუთიის ქლორიდის კონცენტრირებულ ხსნარში და კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში (ნანილობრივი დესტრუქცია).

ცელულოზას აქვს დიდი პრაქტიკული გამოყენება სხვადასხვა ნაწარმის სახით. ტუტის კონცენტრირებულ ხსნარში ხდება პირველადი ჰიდროქსილის ჯგუფის წყალბადის ჩანაცვლება ნატრიუმით და წარმოიქმნება ალკალიცელულოზა (ტუტიანი ცელულოზა):



ამ უკანასკნელის წყლით დამუშავებით რეგენერირდება ცელულოზა, რომელსაც შეცვლილი აქვს თავისი სტრუქტურა. მას ეწოდება ჰიდრატიცელულოზა. ამ პროცესს ეწოდება მერსერიზაცია და ფართოდ გამოიყენება საფეიქრო მრეწველობაში ქსოვილებისათვის გარეგნული სილამაზის და უკეთ შეღებვის უნარის მისაცემად.

ალკალიცელულოზაზე გოგირდნახშირბადის მოქმედებით წარმოიქმნება მარილი - ცელულოზას ქსანტოგენატი:



ეს მარილი წყალში კარგად იხსნება. მიღებული ხსნარი ხასიათდება მაღალი სიბლანტით, მას უწოდებენ ვისკოზას. ვისკოზური ხსნარის გატარებით მჟავიან აბაზანაში ხდება გოგირდნახშირბადის მოცილება და რეგენერირდება ცელულოზა. ამ გზით სპეციალურ დანადგარებში იღებენ ეგრეთ წოდებულ ვისკოზური ბოჭკოს უწვრილესი ძაფის სახით. ვისკოზური ხსნარიდან იღებენ თხელ აბსკს - ცელოფანს.

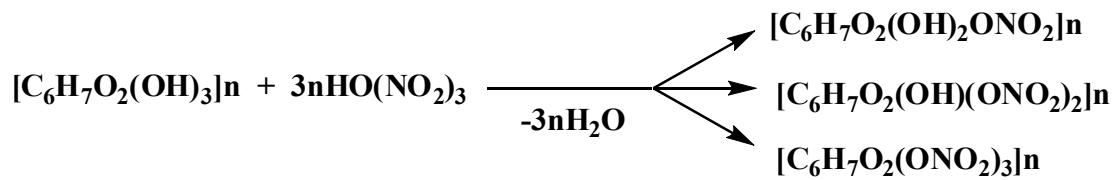
ცელულოზაზე ძმარმჟავას ანჰიდრიდის მოქმედებით მიიღება ტრიაცეტატცელულოზა, რომელიც იხსნება აცეტონში და ესთერებში.



ცელულოზის ტრიაცეტატი გამოიყენება კინოფირების, პლასტმასების და „აცეტატური აბრეშუმის“ წარმოებაში.

ცელულოზის ალკილირებისას წარმოიქმნება ტრიალკილცელულოზა, რომელიც გამოიყენება პოლიმერული მასალების წარმოებაში.

ცელულოზის ნიტრირებით მიიღება მონო-, დი- და ტრინიტრატები, ანუ, თითოეულ რგოლში ერთი, ორი და სამი ნიტროჯგუფის შემცველი ესტერები.



სრულად ნიტრირებული ცელულოზა (ტრინიტრატცელულოზა) - პიროქსილინი  $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_3]_n$  გამოიყენება ფეთქებადი ნივთიერების "უკვამლო დენთის" დასამზადებლად.

ცელულოზის დინიტრატი - კოლოქსილინი  $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})(\text{ONO}_2)_2]_n$  გამოიყენება ნიტროლაქების მისაღებად. კოლოქსილინი ქაფურთან ნარევეში (1:3) იძლევა ცელულოიდს, რომლისგანაც ამზადებენ კინოფირებს, ლაქებს, სათამაშოებს, საგალანტერიო საქონელს.

მერქნული ცელულოზა ფართოდ გამოიყენება ე.წ. ჰიდროლიზურ მრეწველობაში - ცელულოზის ჰიდროლიზით მჟავა არეში მიიღება გლუკოზა, რომლის სპირტული დუღილით იღებენ ეთილის სპირტს (ჰიდროლიზური სპირტი).

## 22. კარბოციკლური ნახშირწყალბადები

ორგანული ნაერთები იყოფა ღია ჯაჭვიან (ალიფატურ) და ციკლურ ნაერთებად. ეს უკანასკნელნი კი, თავის მხრივ, იყოფა კარბოციკლურ და ჰეტეროციკლურ ნაერთებად.

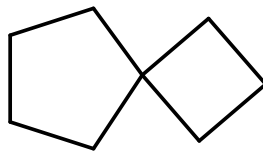
კარბოციკლური ნაერთების ციკლები აგებულია მხოლოდ ნახშირბადატომებისგან, ხოლო ჰეტეროციკლური ნაერთების ციკლი ნახშირბადის ატომების გარდა შეიცავს სხვა ელემენტის ატომებსაც (ჰეტეროატომებს): ჟანგბადის, აზოტის, გოგირდის და სხვ.

კარბოციკლური ნაერთები მოიცავს ორ კლასს: ალიციკლურს და არომატულს.

არომატულს მიეკუთვნება ნაერთები, რომლებიც შეიცავენ ერთ ან რამდენიმე ბენზოლის ბირთვს, ყველა სხვა კარბოციკლური ნაერთი მიეკუთვნება ალიციკლურს.

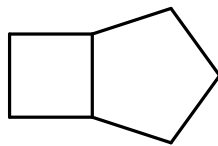
არჩევენ მონოციკლურ, ბიციკლურ და ა.შ პოლიციკლურ ნაერთებს. ციკლების ურთიერთგანლაგების მიხედვით ბიციკლური ნახშირწყალბადები იყოფა ოთხ კლასად: სპირანული, კონდენსირებული, ანსამბლები და ხიდუროვანი ბიციკლური სისტემები.

ერთი საერთო ნახშირბადატომის შემცველ ბიციკლებს **სპირანები** ეწოდებათ:

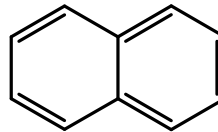


**სპირო[3,4]ოქტანი**

ორი საერთო ნახშირბადატომის შემცველი ბიციკლები, მიეკუთვნება **კონდენსირებულ** ნახშირწყალბადთა კლასს, მაგ.:

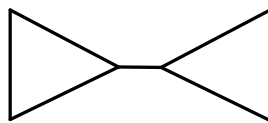


**ბიციკლო [3,2,0]ჰეპტანი**



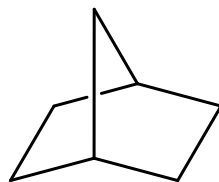
**ნაფტალინი**

**ანსამბლები** ეწოდება ისეთ სისტემებს, რომლებშიც ციკლები შეერთებულია ერთ-მაგი ბმებით:



**[1,1']ბიციკლოპროპანი**

სამი ან მეტი საერთო ნახშირბადატომის შემცველ ბიციკლებს **ხიდუროვანი** სისტემები ეწოდებათ:



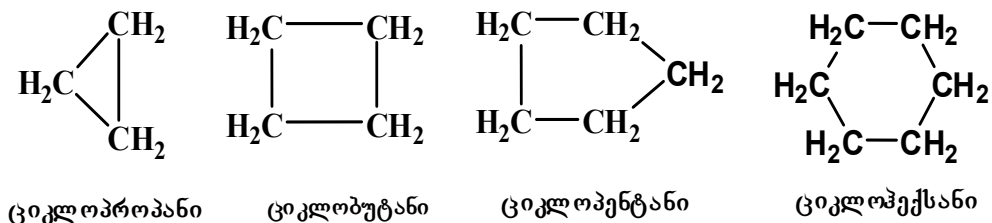
**ბიციკლო [2,2,1]ჰეპტანი**

გარდა ამისა, ნაჯერობის ხარისხის მიხედვით, არჩევენ ნაჯერ და უჯერ ციკლურ სისტემებს.

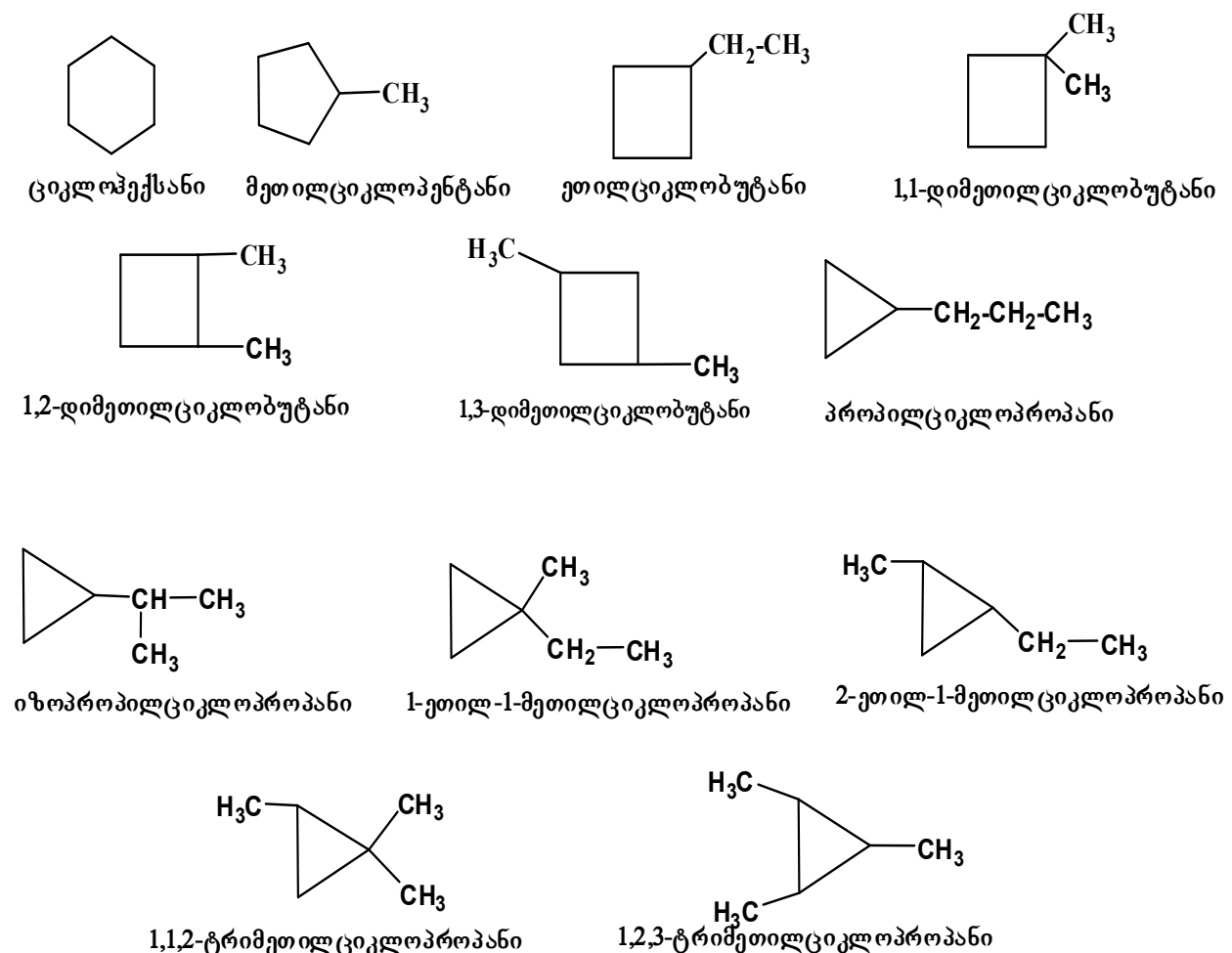


## 22.1. ციკლოალკანები (ციკლოპარაფინები)

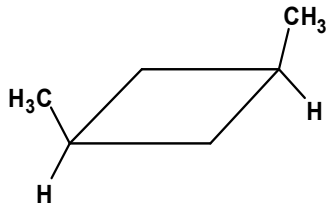
ციკლოალკანები წარმოადგენენ ნაჯერ ალიციკლურ ნაერთებს. მათი ჰომოლოგიური რიგის ფორმულაა  $C_nH_{2n}$ . ციკლოალკანების სახელწოდება ინარმოება შესაბამისი ალკანის სახელწოდებაზე თავსართი „ციკლო“-ს დამატებით. ქვემოთ მოყვანილია ზოგიერთი (ჩაუნაცვლებელი) ციკლოალკანის სახელწოდება:



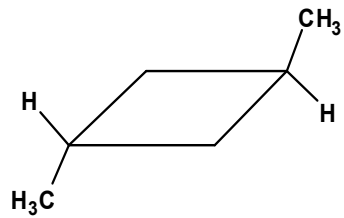
ციკლოალკანებში გვხვდება სტრუქტურული იზომერიის სამი ტიპი: ციკლის სიდიდით, რადიკალების რაოდენობითა და ურთიერთმდებარეობით გამონწვეული იზომერია, აგრეთვე, გვერდითი ჯაჭვის იზომერია. მაგ.,  $C_6H_{12}$  შედგენილობის ციკლური ნახშირწყალბადი არსებობს 12 იზომერის სახით:



ციკლოალკანებში გვხვდება გეომეტრიული იზომერიაც, რომელიც განპირობებულია ჩამნაცვლებლების განლაგებით ციკლის სიბრტყის მიმართ



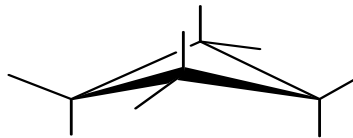
ცის-დიმეთილციკლობუტანი



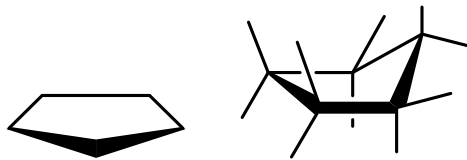
ტრანს-დიმეთილციკლობუტანი

ადრე მიაჩნდათ, რომ ციკლოალკანების მოლეკულები კოპლანარულია (ნახშირბადოვანი ჩონჩხი ერთ სიბრტყეშია მოთავსებული). სწორედ ამ მოსაზრებას ეყრდნობოდა ბაიერის დაძაბულობის თეორია, რომელიც ციკლის მდგრადობას მისი შესატყვისი წესიერი მრავალკუთხედისა ( $X^0$ ) და  $sp^3$ -ჰიბრიდული ნახშირბადატომის სავალენტო კუთხეს ( $109^{\circ}28'$ ) შორის სხვაობას უკავშირებდა - რაც მეტია გადახვევა ტეტრაედრული კუთხიდან, მით უფრო დაჭიმული და არამდგრადია ციკლი.

შემდგომი გამოკვლევებით ნათელი გახდა, რომ ციკლოპროპანის გარდა (ეგკლიდეს აქსიომა - სამ წერტილზე ყოველთვის შეიძლება ერთი სიბრტყის გავლება!), არც ერთი ციკლოალკანის მოლეკულა არ არის კოპლანარული. დღეისათვის დადგენილია, რომ ციკლოალკანები წარმოადგენენ სხვადასხვა, არაკოპლანარულ, დინამიურად ერთმანეთში გარდამავალი კონფორმაციების ერთიანობას, რომელთა შორის ერთი ან რამდენიმე შედარებით სტაბილურია (ენერგეტიკულად ღარიბია). ასე მაგალითად ციკლობუტანისათვის შედარებით მდგრადია ე.წ. **დაცერეზული კონფორმაცია**:



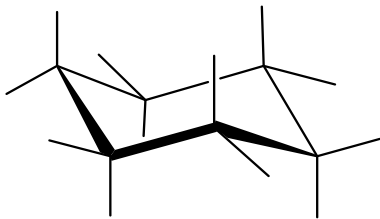
ციკლოპენტანისათვის - კონვერტისა და ნახევარ სავარძლის კონფორმაციები:



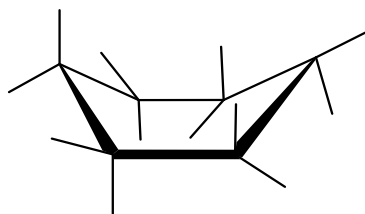
კონვერტი

ნახევარსავარძელი

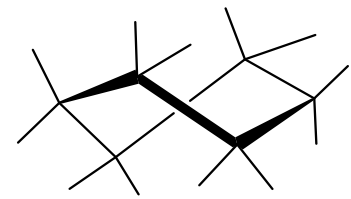
ციკლოჰექსანისათვის - სავარძლის (ყველაზე მდგრადი), აბაზანის და ტვისტ-ფორმა:



სავარძლის ფორმა

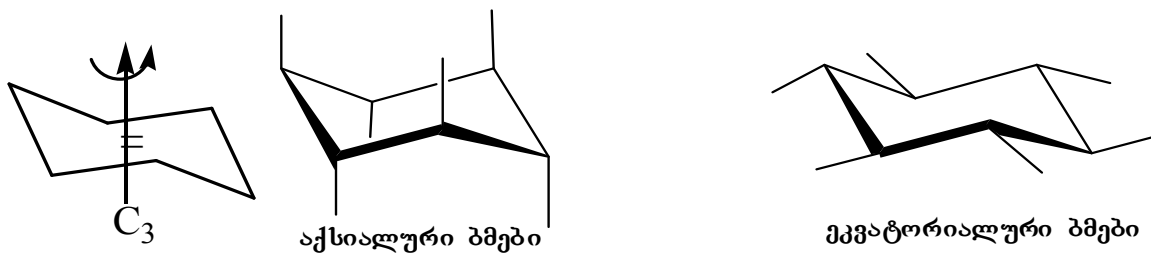


აბაზანის ფორმა

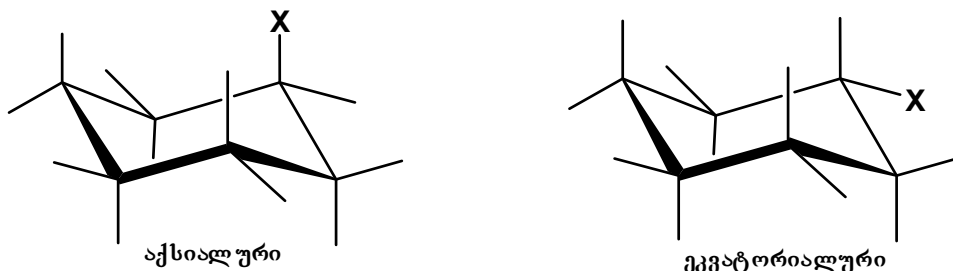


ტვისტ-ფორმა

და ბოლოს, ავლნიშნავთ კონფორმერიის ერთ საინტერესო შემთხვევას. სავარძლის კონფორმაციის მქონე ციკლოჰექსანში **C-H** ბმები იყოფა ორ ტიპად: აქსიალური - მიმართული მოლეკულის სიმეტრიის მთავარი მესამე რიგის ღერძის - ( $C_3$ -ის) პარალელურად (ზემოთ და ქვემოთ) და ეკვატორიალური - მიმართული სიმეტრიის მთავარი ღერძის მიმართ  $\approx 70^{\circ}C$  კუთხით:

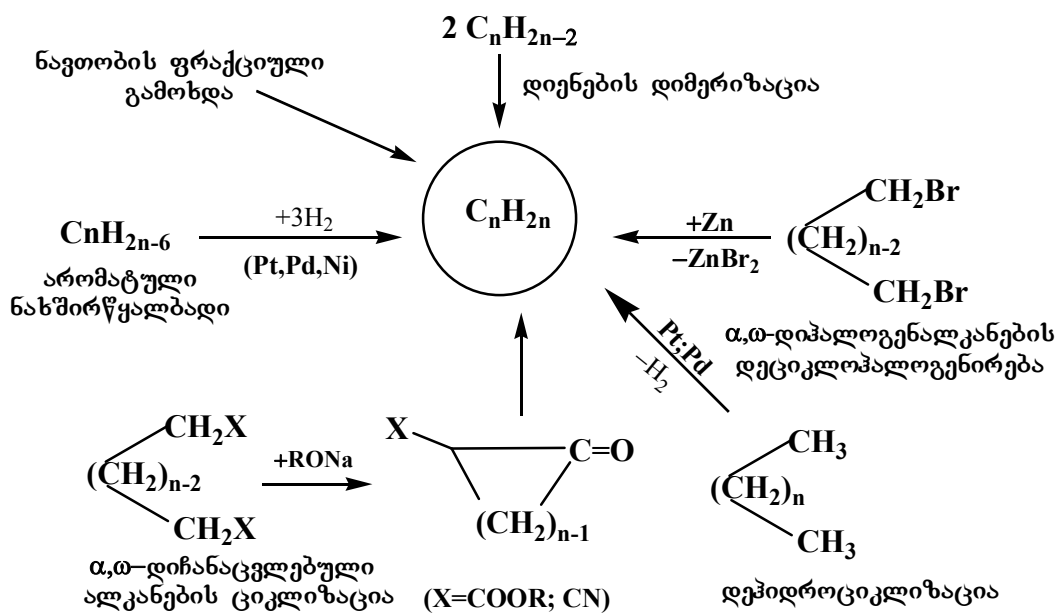


მონოჩანაცვლებულ ციკლოპექსანში ჩამნაცვლებული შეიძლება იყოს როგორც აქსიალურ, ისევე ეკვატორიალურ მდგომარეობაში; ამასთან, ორივე კონფორმერი დინამიურ წონასწორობაში იმყოფება (ეკვატორიალური კონფორმერი ენერგეტიკულად უფრო სტაბილურია):



მიღების მეთოდები

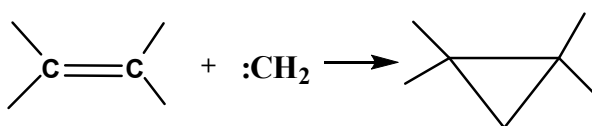
სქემა 49



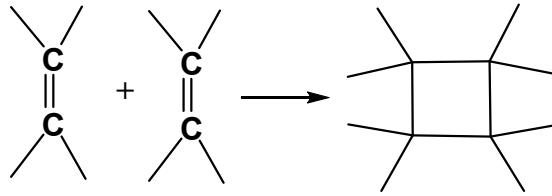
არსებობს ციკლოალკანების თითოეული კლასის მიღების სპეციალური მეთოდებიც, რომელთა ჩართვა ზოგად სქემაში ვერ ხერხდება.

სპეციალური მეთოდებიდან აღსანიშნავია ციკლომიერთების რეაქციები.

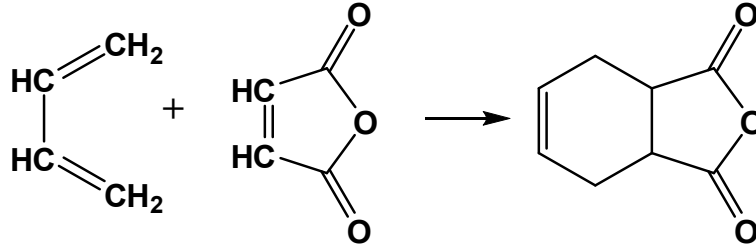
სამწვერიანი ციკლების მისაღებად გამოიყენება კარბენის ჩანერგვა უჯვერ ბმაში:



ოთხწვერიანი ციკლების მიღება ხდება უჯვერ ნაერთების ციკლოდიმერიზაციით:



ექვსნევრიანი ციკლების მისაღებად ფართოდ გამოიყენება დიენური სინთეზი:



### ფიზიკური თვისებები

ციკლოპროპანი და ციკლობუტანი ჩვეულებრივ პირობებში აირებია. ციკლოპენტანიდან ციკლოუნდეკანამდე სითხეებია. უმაღლესი ჰომოლოგები - მყარი ნივთიერებებია.

### ქიმიური თვისებები

ციკლის ზომის მიხედვით (რაც მნიშვნელოვანწილად, განაპირობებს ციკლოალკანების ქიმიური თვისებების სპეციფიკას) ციკლოალკანებს ყოფენ:

მცირე ციკლებად (**C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>**)

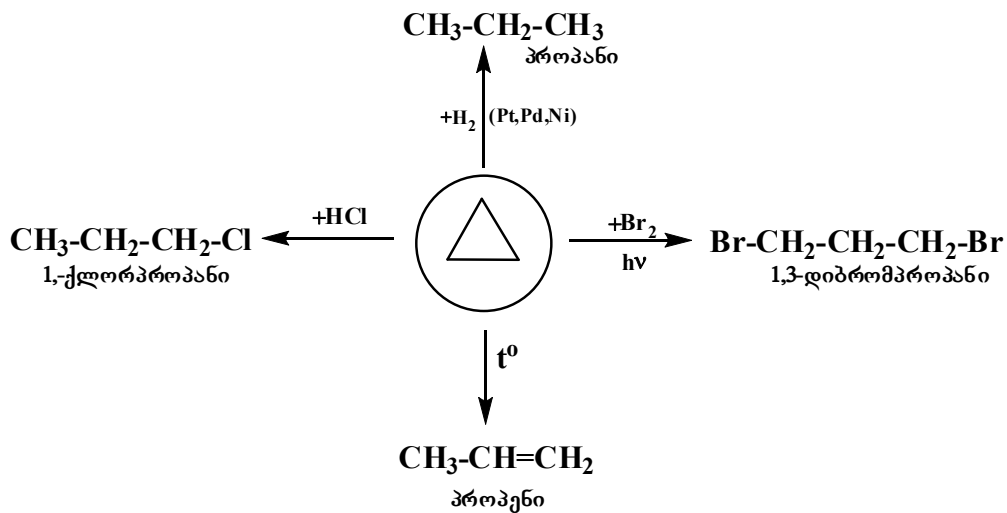
ნორმალურ ციკლებად (**C<sub>5</sub>-C<sub>7</sub>**)

საშუალო ციკლებად (**C<sub>8</sub>-C<sub>11</sub>**)

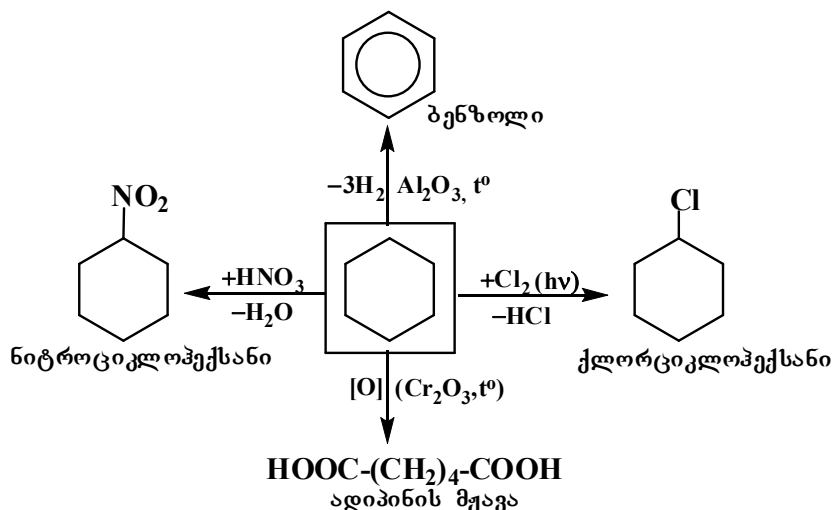
მაკროციკლებად (**>C<sub>12</sub>**)

მცირე ციკლებს ძირითადად მიერთების რეაქციები ახასიათებთ. ამგვარად, მათ ალკენების მსგავსი ქიმიური თვისებები აქვთ (ზოგ შემთხვევაში ისინი ჩანაცვლების რეაქციაშიც შედიან). ციკლოპროპანის ქიმიური თვისებები მოყვანილია 50-ე სქემაზე:

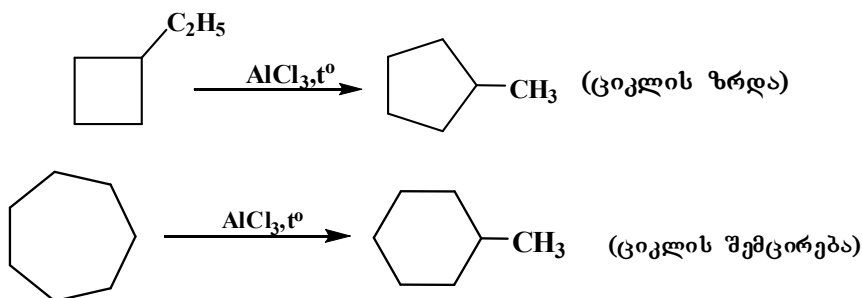
სქემა 50



დანარჩენი ციკლებისათვის უფრო მეტად დამახასიათებელია ჩანაცვლების რეაქციები. ამგვარად, მათ ალკანების მსგავსი ქიმიური თვისებები აქვთ. საილუსტრაციოდ 51-ე სქემაზე მოცემულია ციკლოჰექსანის ქიმიური თვისებები.

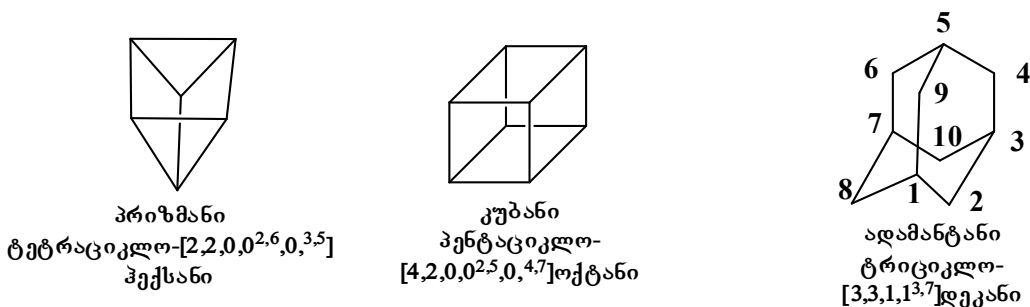


ციკლოალკანებს ახასიათებთ ციკლის იზომერიზაციის (ზრდის ან შემცირების) რეაქციები, რომლებიც, ამავე დროს, შესაბამისი ციკლური ნაერთების მიღების მეთოდებსაც წარმოადგენენ:

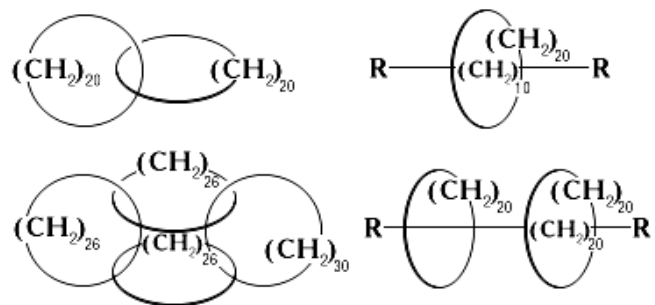


**გამოყენება.**

ციკლოალკანები ძირითადად გამოიყენება საწვავად, გამხსნელად და ორგანულ სინთეზში. დღეისათვის სინთეზირებულია კარბოციკლური ნაერთების არაერთი ფრიად ორიგინალური და ეგზოტიკური წარმომადგენელი, მაგალითად - პრიზმანი, კუბანი და ადამანტანი:



კიდევ უფრო საინტერესოა ე.წ. ტოპოლოგიური ნახშირწყალბადების სტრუქტურა, რომლებსაც ზოგჯერ მაღალი რიგის სისტემებს უწოდებენ. მათ მოლეკულებში კლასიკური ქიმიური ბმების გარდა, არსებობს სისტემის ერთიანობის გამომწვევი წმინდა მექანიკური ფაქტორებიც („მოლეკულები ქიმიური ბმების გარეშე“). ამ ნაერთების წარმომადგენლებია კატენანები (შედგებიან ორი ან მეტი ერთმანეთში „გაყრილი“ რგოლისაგან) და როტაქსანები (შედგებიან აციკლური ფრაგმენტებისაგან ზედ „ჩამოცმული“ ერთი ან რამდენიმე რგოლით):



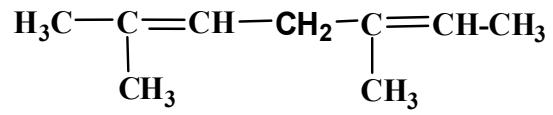
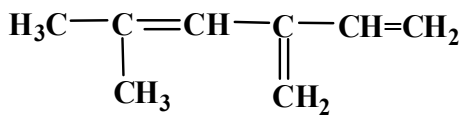
## 23. ტერპენები

ალიციკლურ ნაერთებს მიეკუთვნება ბუნებრივ ნაერთთა დიდი ჯგუფი, რომლებსაც ტერპენები ეწოდება. ამ ჯგუფის ნახშირწყალბადების ზოგადი ფორმულაა  $(C_5H_8)_n$ , სადაც  $n$  ჩვეულებრივ იცვლება 0-დან 8-მდე. შედგენილობის მიხედვით ისინი წარმოადგენენ იზოპრენის ნაწარმებს ე.წ. იზოპრენოიდებს. ნაერთებს, რომელთა ფორმულაა  $C_{10}H_{16}$  ეწოდებათ ტერპენები,  $C_{15}H_{24}$  - სესქვიტერპენები,  $C_{20}H_{32}$  - დიტერპენები და ა.შ. ტერპენები ძირითადად წარმოადგენენ სხვადასხვა მცენარეული ეთერზეთების სურნელის მიმნიჭებელ კომპონენტებს.

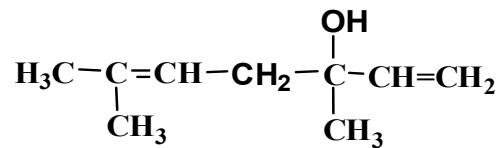
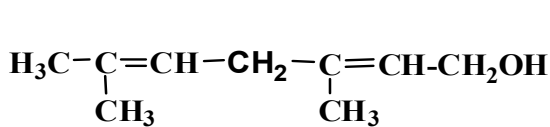
ტერპენები იყოფა შემდეგ ჯგუფებად:

1. ალიფატური ტერპენები
2. მონოციკლური ტერპენები
3. ბიციკლური ტერპენები
4. ტრიციკლური ტერპენები

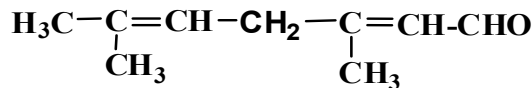
ალიფატური ტერპენების მნიშვნელოვანი წარმომადგენლებია: ნახშირწყალბადები მირცენი და ოციმენი:



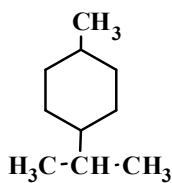
სპირტები - ჰერანიოლი და ლინალოლი:



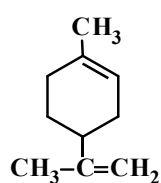
ალდეჰიდი ჰერანიალი:



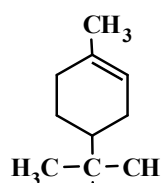
მონოციკლურ ტერპენებს მიეკუთვნება მენტანის ჯგუფი. მათგან ბუნებაში ყველაზე მეტად გავრცელებულია ნახშირწყალბადი ლიმონენი, სპირტები - ტერპინოლი და მენტოლი:



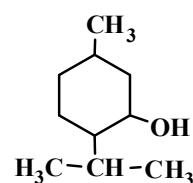
მენტანი



ლიმონენი

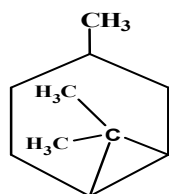


ტერპინოლი

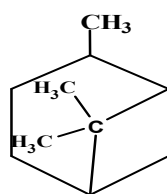


მენტოლი

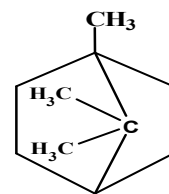
ბიციკლური ტერპენები იყოფა სამ ჯგუფად: კარანის, პინანის და კამფანის ჯგუფებად:



კარანი



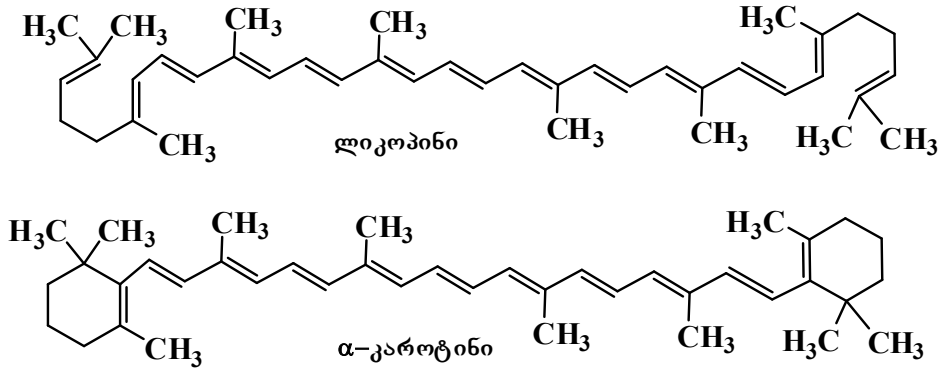
პინანი



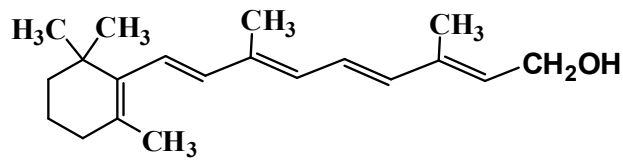
კამფანი

ტერპენების ჯგუფთან ახლოს დგას კაროტინები, სტერინები, ზოგიერთი ვიტამინი და ჰორმონი.

კაროტინები  $C_{40}H_{56}$  შედგენილობის ბუნებრივი პიგმენტებია. მნიშვნელოვანია ლიკოპინი - რომელიც აძლევს წითელ შეფერვას პომიდორს და კაროტინი, რომელიც აძლევს ყვითელ ფერს სტაფილოს.



აგებულით მათთან ახლოს დგას ვიტამინი **A** - ზრდის ვიტამინი:



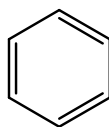


## 24. არომატული ნახშირწყალბადები (არენები)

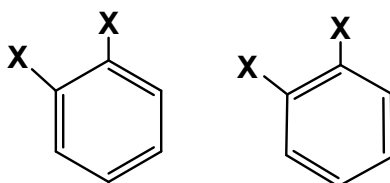
არენები ანუ არომატული ნახშირწყალბადები ეწოდება კარბოციკლურ ნაერთებს, რომელთა მოლეკულები შეიცავენ ბენზოლის ბირთვის (არსებობს არაბენზოლური არომატული ნახშირწყალბადებიც). არომატული ნახშირწყალბადების ზოგადი ფორმულაა  $C_nH_{2n-6}$ . ქვემოთ განხილულია ბენზოლი, მისი ჰომოლოგები და ბენზოლის ორი ან რამდენიმე ბირთვის შემცველი ზოგიერთი მნიშვნელოვანი ნაერთი.

### 24.1. ბენზოლი

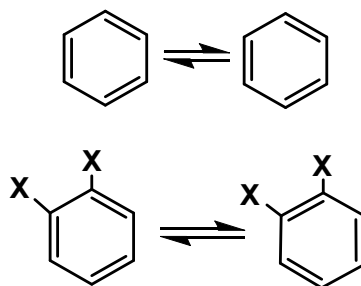
ბენზოლის მოლეკულური ფორმულაა -  $C_6H_6$ . იგი **1825წ.** აღმოაჩინა მაიკლ ფარადეიმ მანათობელი აირის თხევად კონდენსატში. **1865წ.** აგვუსტ კეკულეს მიერ მოწოდებულ იქნა ბენზოლის სტრუქტურული ფორმულა, რომლის მიხედვით ბენზოლის მოლეკულა არის ექვსწევრიანი ციკლი, რომელიც მონაცვლეობით შეიცავს სამ ერთმანეთს და სამ ორმანეთს ბმას:



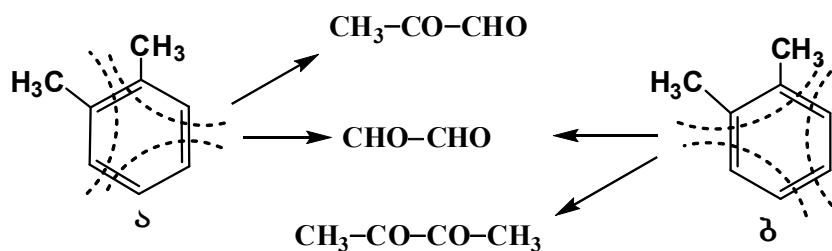
ამ ფორმულის მიხედვით ბენზოლის დიჰანაცვლებული ნაწარმები უნდა არსებობდნენ ორი იზომერის სახით (მაგ. ორთო იზომერები):



მოგვიანებით კეკულემ შეიმუშავა ე.წ. **ო ს ც ი ლ ა ც ი უ რ ი თ ე ო რ ი ა**, რომლის თანახმად, ბენზოლში ბმები არ არის ფიქსირებული და ხდება მათი შექცევადი გადანაცვლება:



ამ თეორიას ამტკიცებს ო-ქსილოლის ოზონირება, რომლის შედეგად ფორმულა ა-დან მიიღება გლიოქსალის ერთი და მეთილგლიოქსალის ორი მოლეკულა, ფორმულა ბ-დან კი - გლიოქსალის ორი და დიაცეტილის ერთი მოლეკულა:



შემდგომში, კვლევის თანამედროვე მეთოდებით დადგინდა, რომ ბენზოლის მოლეკულაში ნახშირბადატომებს შორის არ არის ერთმაგი და ორმაგი ბმები. არამედ, აქ დამყარებულია ექვსი ეკვივალენტური ე.წ. ერთნახევარი რიგის ბმა.

დადგენილია, რომ:

ბენზოლის მოლეკულას აქვს კოპლანარული (ბრტყელი), წესიერი ექვსკუთხედის ფორმა, ექვსივე ნახშირბადატომი იმყოფება  $sp^2$  ჰიბრიდულ მდგომარეობაში,

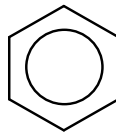
ექვსივე ნახშირბად-ნახშირბადი ბმის სიგრძე **0.140** ნმ შეადგენს,

მოლეკულას გააჩნია მე-6 ხარისხის სიმეტრიის ღერძი ( $C_6$ ).

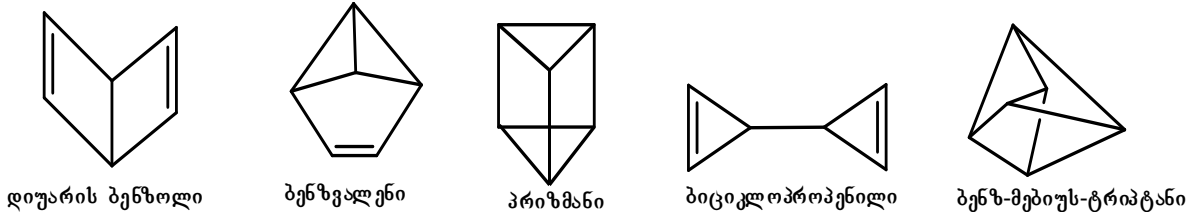
არომატულობის ერთერთ მთავარ პირობას წარმოადგენს ჰიუკელის წესი – ნაერთს უნდა გააჩნდეს  $(4n+2) p$  ელექტრონი.

კვანტური ქიმიის პოზიციიდან გამომდინარე, ბენზოლის მოლეკულა შეიცავს ექვსი  $p$ -ელექტრონისაგან შემდგარ ერთიან დელოკალიზებულ სისტემას ე.წ.  $\pi$ -ელექტრონულ სექსტეტს. ამის გამო ბენზოლის მოლეკულა უფრო შემჭიდროვებულია კეკულეს ფორმულით გამოსახულთან შედარებით, რასაც თან ახლავს დამატებით **150,7 კჯ/მოლი** ენერგიის გამოყოფა. ამ სიდიდეს ბენზოლის სტაბილიზაციის (რეზონანსის, დელოკალიზაციის) ენერგია ეწოდება.

ეს ფაქტი ასახულია ბენზოლის თანამედროვე ფორმულაში:

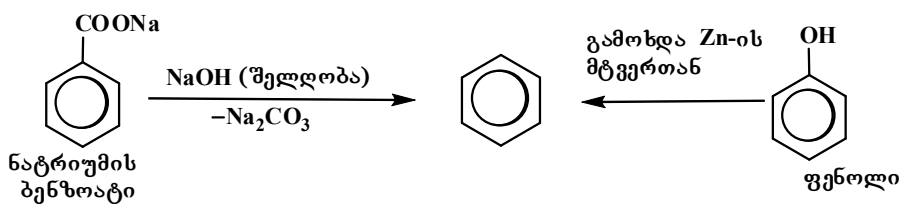


ბენზოლს გააჩნია იზომერიის ერთი საინტერესო სახე - ე.წ. **ს ა ვ ა ლ ე ნ ტ ო ი ზ ო მ ე რ ი ა**. ქვემოთ მოყვანილია ბენზოლის სავალენტო იზომერები- ე.წ. **CH-ანულენები** (ზოგიერთი მათგანი უკვე სინთეზირებულია):

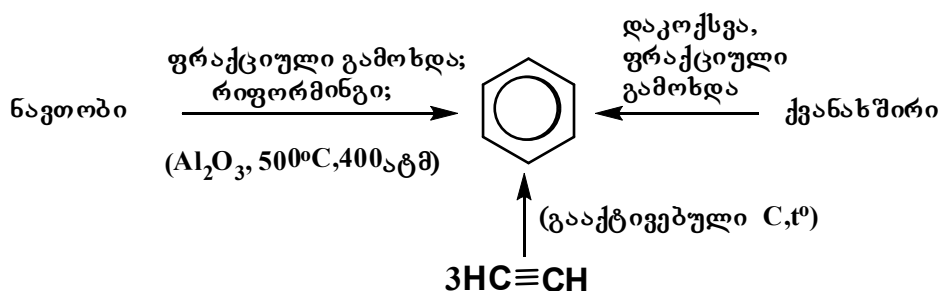


სქემა 52

**ლაბორატორიული მეთოდები**



**სამრეწველო მეთოდები**



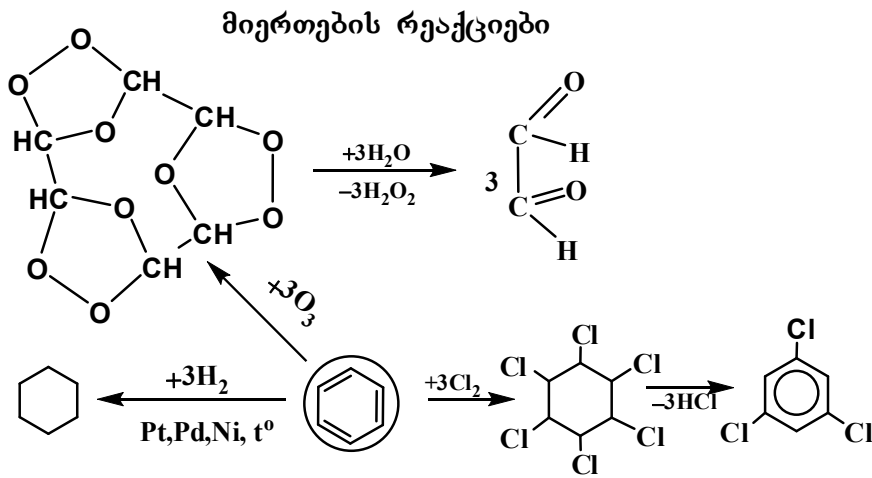
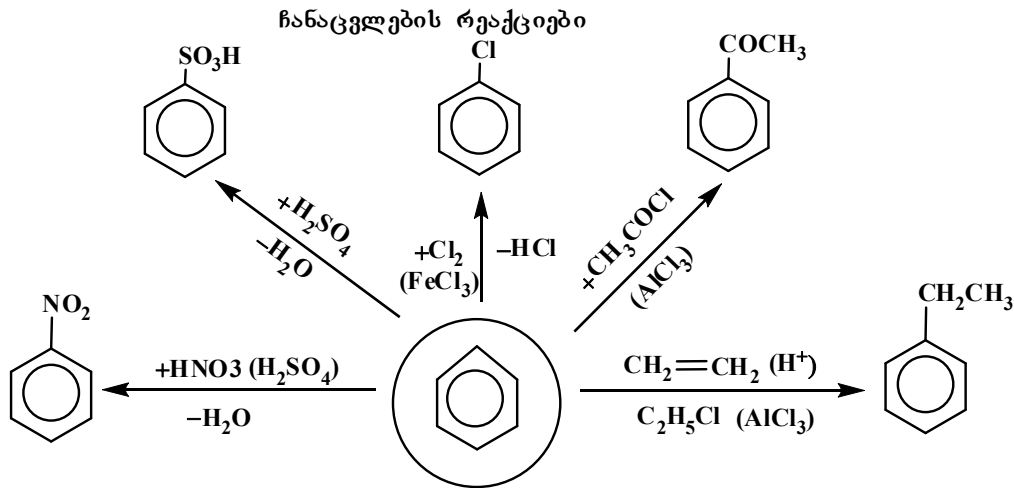
**ფიზიკური თვისებები**

ბენზოლი უფერო, სასიამოვნო სუნის მქონე სითხეა. ის წყალზე მსუბუქი და წყალში უხსნადია. მისი დუღილის ტემპერატურაა **80,1°C** ლღობის ტემპერატურა - **5,5°C**.

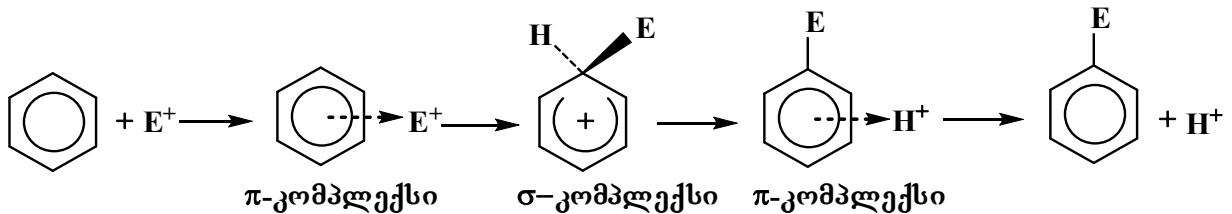
**ქიმიური თვისებები**

ბენზოლის თვისებებიდან პირველ რიგში აღსანიშნავია ჩანაცვლების რეაქციები, მას ახასიათებს მიერთების რეაქციებიც. ბენზოლის ქიმიური თვისებები მოცემულია 53-ე სქემაზე.

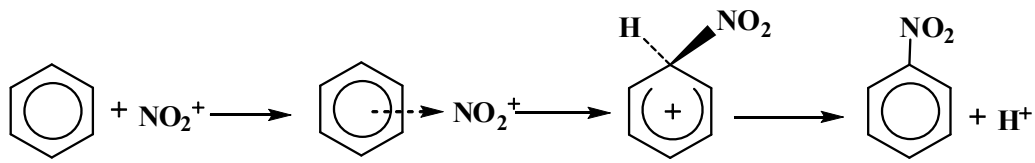
სქემა 53



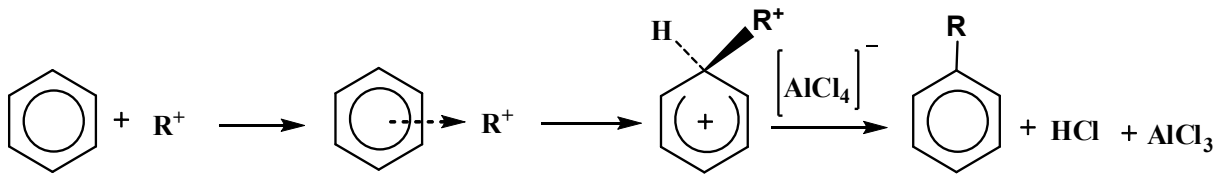
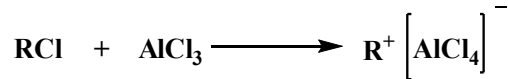
ბენზოლის ბირთვში ჩანაცვლების რეაქციებიდან პირველ რიგში აღსანიშნავია ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციები, რომლებიც მიმდინარეობს იონური მექანიზმით შუალედური  $\sigma$ -კომპლექსის წარმოქმნით:



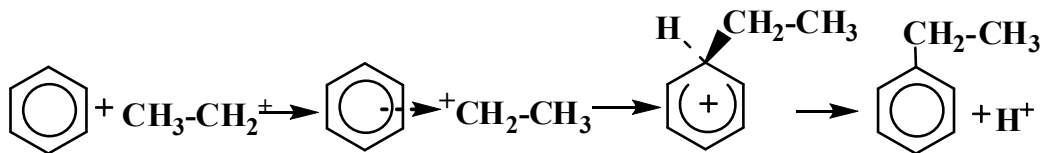
კერძოდ, ნიტრირება მიმდინარეობს შემდეგი მექანიზმით:



ალკილირება ფრიდელ-კრაფტის მიხედვით:



ალკილირება ალკენით ძლიერ მჟავა არეში:



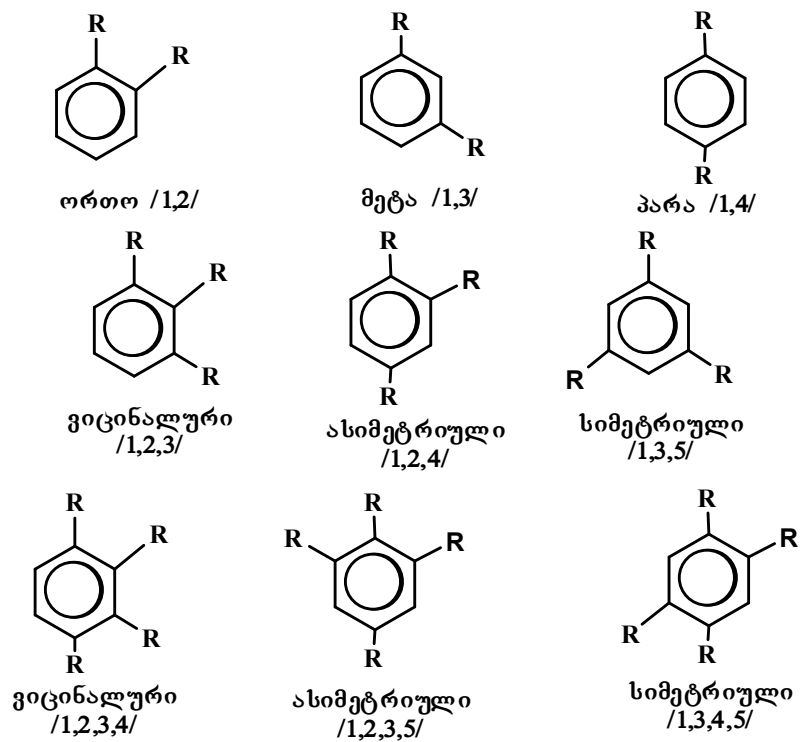
$\sigma$ -კომპლექსი არაარომატული კატიონია, რომელშიც ხუთი  $p$ -ელექტრონი დელოკალიზებულია ბირთვის  $sp^2$ -ჰიბრიდულ ხუთ ნახშირბად ტომზე.  $\sigma$ -კომპლექსის წარმოქმნისას მეექვსე ნახშირბადატომი გადადის  $sp^3$ -ჰიბრიდულ მდგომარეობაში და მასთან დაკავშირებული ელექტროფილი და წყალბადატომი განლაგებულია ბირთვის სიბრტყის პერპენდიკულარულ სიბრტყეში.

### გამოყენება

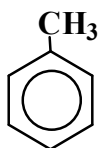
ბენზოლი გამოიყენება გამხსნელად, აგრეთვე, რეაგენტად მრავალრიცხოვან ორგანულ სიმთეზებში: საღებრების, სამკურნალო პრეპარატების, პლასტმასების და სხვათა წარმოებაში.

## 24.2. ბენზოლის ჰომოლოგები

ბენზოლის ჰომოლოგებში გვხვდება სტრუქტურული იზომერიის სამი ტიპი: რადიკალების რაოდენობით და ურთიერთმდებარეობით გამოწვეული იზომერია, ჩანაცვლებული რადიკალის ნახშირბადოვანი ჯაჭვის - ე.წ. გვერდითი ჯაჭვის იზომერია (იხ. ზემოთ ციკლოალკანებთან). ბირთვის სიმეტრიული აღნაგობის (ე.წ.  $D_{6h}$  სიმეტრიის) გამო ერთ-, ხუთ- და ექვსჩანაცვლებულ ბენზოლებს არ გააჩნიათ იზომერები. ორ-, სამ- და ოთხჩანაცვლებული ბენზოლები არსებობენ სამ-სამი იზომერის სახით (კერნერის წესი):

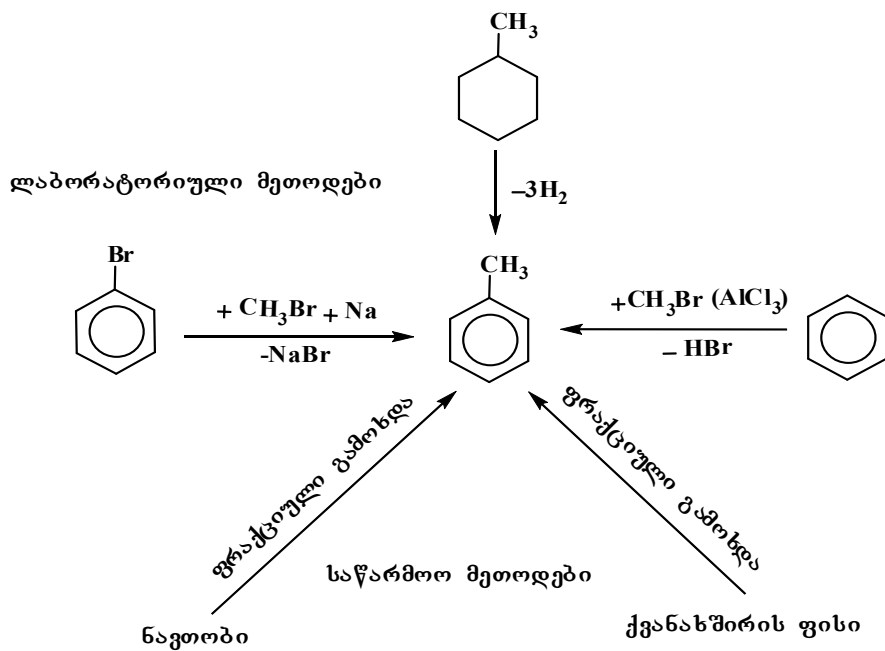


ტოლუოლი - მეთილბენზოლი - ბენზოლის ჰომოლოგების პირველი წარმომადგენელია. მისი სტრუქტურული ფორმულაა



ტოლუოლის მიღების მეთოდები:

სქემა 54

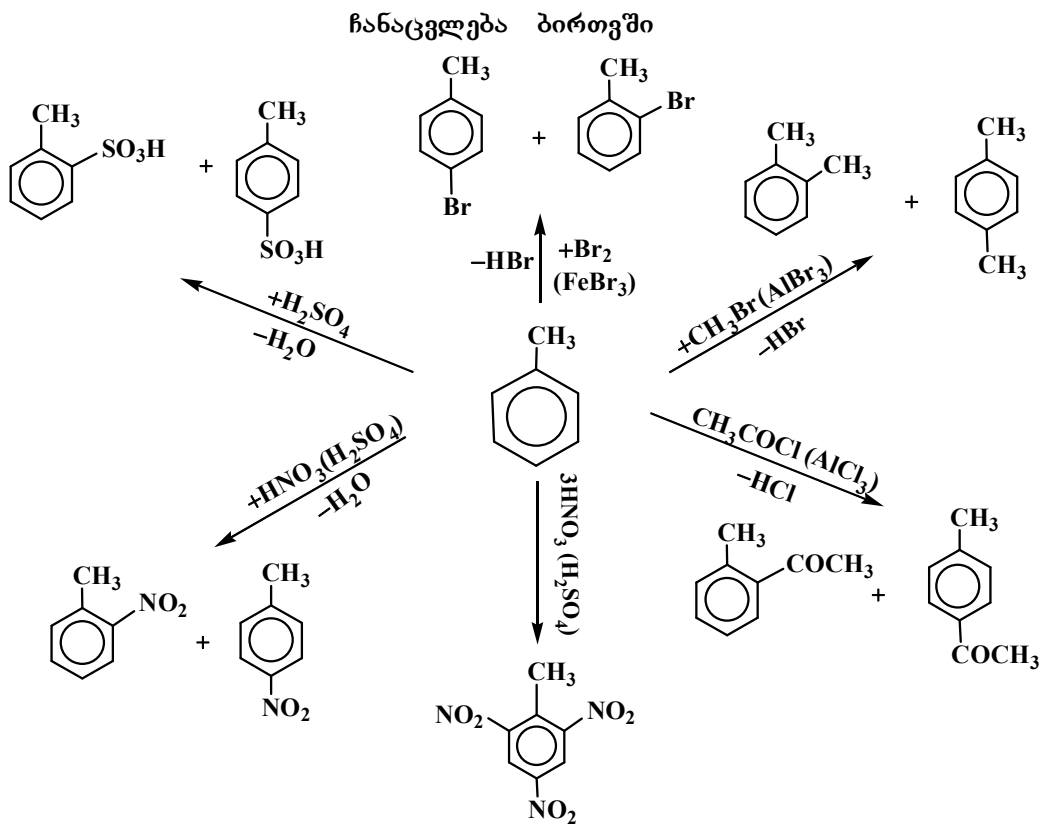
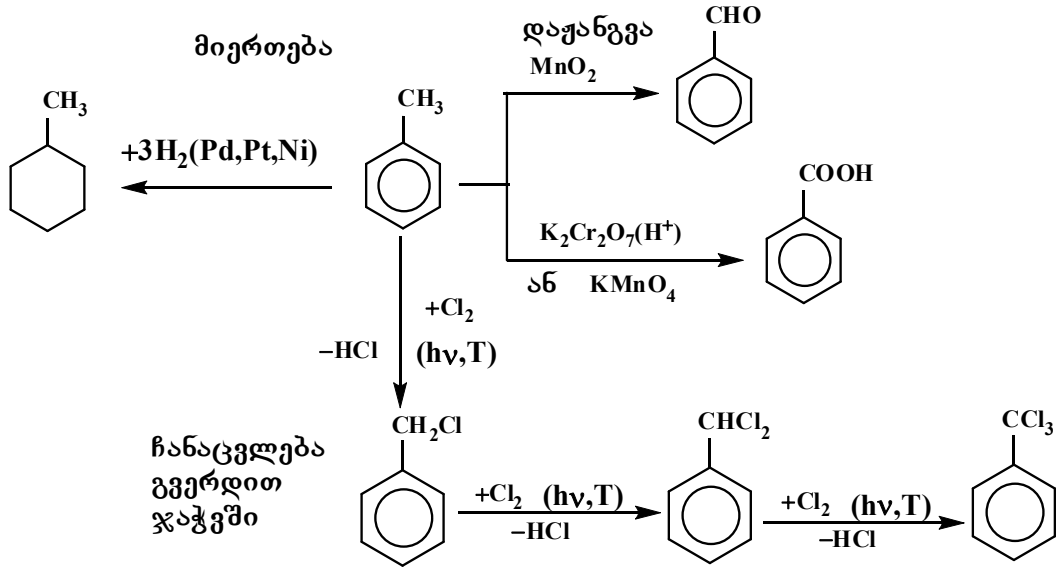


### ფიზიკური თვისებები

ტოლუოლი უფერო, თავისებური სუნის, წყალზე მსუბუქი და წყალში უხსნადი სითხეა. მისი დუღილის ტემპერატურაა **110,6°C**; ღვობის ტემპერატურა - **95,0°C**.

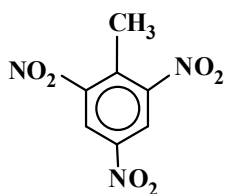
### ქიმიური თვისებები

სქემა 55

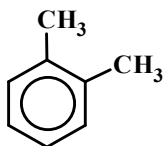


### ტოლუოლის გამოყენება

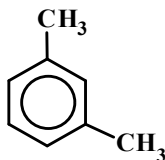
ტოლუოლი გამოიყენება გამხსნელად და რეაგენტად ორგანულ სინთეზებში, ფეთქებადი ნივთიერების ტროტილის (2,4,6-ტრინიტროტოლუოლის) დასამზადებლად და სხვ.



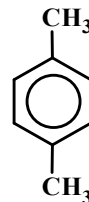
ქსილოლები - დიმეთილბენზოლები არსებობენ სამი სტრუქტურული იზომერის სახით:



ორთო-ქსილოლი,  
1,2-დიმეთილბენზოლი



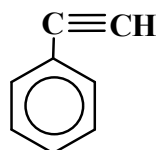
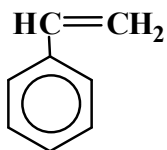
მეტა-ქსილოლი,  
1,3-დიმეთილბენზოლი



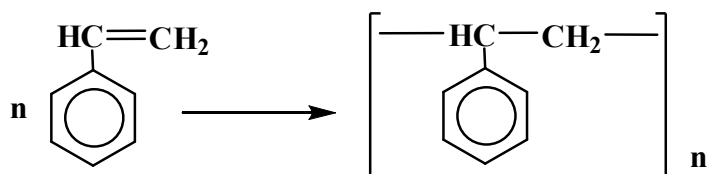
პარა-ქსილოლი,  
1,4-დიმეთილბენზოლი

ქსილოლები, ტოლუოლთან და სხვა ალკილბენზოლებთან ერთად, გვხვდება ნავთობში. წარმოებაში ქსილოლებს იღებენ ქვანახშირის დაკოქსვისა და ნავთობის არომატიზაციის პროცესში. ისინი უფერო, არომატული სუნის მქონე, წყალში მცირედ ხსნადი ნივთიერებებია. გამოიყენებიან გამხსნელებად, ბენზინის მაღალოქტანურ დანამატებად და რეაგენტებად ორგანულ სინთეზებში. პ-ქსილოლი გამოიყენება სინთეზური ბოჭკოს წარმოებაში.

უჯერი არომატული ნახშირწყალბადების ძირითადი წარმომადგენლებია **სტიროლი** ანუ ვინილბენზოლი და **ფენილაცეტილენი**:



სტიროლის პოლიმერიზაციით მიიღება პოლისტიროლი, რომელიც ერთ-ერთი ყველაზე გამოყენებადი პოლიმერია:



## 25. არომატულ ბირთვში ჩანაცვლების ორიენტაციის წესი

არომატული ნაერთები განსაკუთრებულ თავისებურებას ავლენენ ჩანაცვლების რეაქციებში. კერძოდ, ბენზოლის ნანარმების რეაქციისუნარიანობას და ჩანაცვლების მიმართულებას განსაზღვრავს ბირთვში უკვე არსებული ჯგუფები. კანონზომიერებებს, რომლებიც განსაზღვრავენ ჩანაცვლების რეაქციის მიმართულებას ბენზოლის ბირთვში ჩანაცვლების ორიენტაციის წესი ეწოდება.

ჩამნაცვლებლები იყოფა ორ ჯგუფად:

- ა. პირველი რიგის ჩამნაცვლებლები - აქტივატორები, ორთო-პარა-ორიენტანტები,
- ბ. მეორე რიგის ჩამნაცვლებლები - დეზაქტივატორები, მეტა-ორიენტანტები.

პირველი რიგის ჩამნაცვლებლებს მიეკუთვნება ელექტრონდონორები, ანუ ატომთა ჯგუფები, რომლებსაც აქვთ ელექტრონების გაცემის უნარი. ეს ჯგუფები - აქტივატორები - ამაღლებენ ბენზოლის ბირთვის ელექტრონულ სიმკვრივეს და, შესაბამისად, ზრდიან მის რეაქციის უნარიანობას ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციებში. ეს ჯგუფები - ორთო-პარა-ორიენტანტები - ელექტროფილურ ჩანაცვლებას წარმართავენ ორთო - და პარა-მდგომარეობაში. პირველი რიგის ჩამნაცვლებლებია:



მეორე რიგის ჩამნაცვლებლებს მიეკუთვნება ელექტრონაქცეპტორები, ანუ ჯგუფები, რომლებსაც აქვთ ელექტრონების თავისკენ გადაწევის უნარი. ეს ჯგუფები - დეზაქტივატორები - ამცირებენ ბენზოლის ბირთვის ელექტრონულ სიმკვრივეს და, შესაბამისად, ამცირებენ მის რეაქციისუნარიანობას ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციებში. ეს ჯგუფები - მეტა-ორიენტანტები - ელექტროფილურ ჩანაცვლებას წარმართავენ მეტა-მდგომარეობაში. მეორე რიგის ჩამნაცვლებლებია:

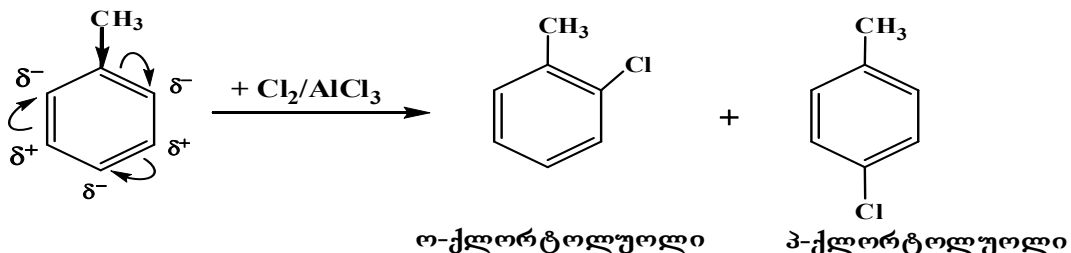


აღსანიშნავია, რომ ანილინის, ბენზოლის, ნიტრობენზოლის რეაქციის უნარიანობათა თანაფარდობა შესაბამისად  $\sim 10^6 : 1 : 10^{-6}$  შეადგენს.

განსაკუთრებული მდგომარეობა უკავიათ ჰალოგენებს, რომლებიც უარყოფითი ინდუქციური ეფექტის გამო ამცირებენ ბენზოლის ბირთვის ელექტრონულ სიმკვრივეს (დეზაქტივატორები), ხოლო ძლიერი მეზომერული ეფექტის გამო ელექტროფილურ ჩანაცვლებას წარმართავენ ორთო- და პარა-მდგომარეობაში (ორთო-პარა-ორიენტანტები).

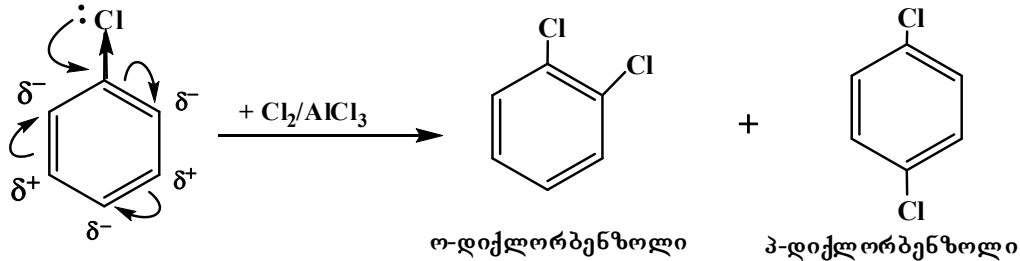
ორივე რიგში ჩამნაცვლებლები განლაგებულია მათი აქტიურობის შემცირების მიხედვით.

ჩანაცვლების მიმართულება დამოკიდებულია ორ ეფექტზე: ინდუქციურ და მეზომერულ (შეუღლების) ეფექტებზე. თუ ეს ორი ფაქტორი მოქმედებს ერთი მიმართულებით, მაშინ ისინი აძლიერებენ ერთმანეთს, ხოლო თუ მოქმედებენ სხვადასხვა მიმართულებით, მაშინ განმსაზღვრელია მეზომერული ეფექტი. განვიხილოთ მაგალითები: ტოლუოლის, ქლორბენზოლის და ნიტრობენზოლის ჰალოგენირება. ტოლუოლის შემთხვევაში რეაქციის მიმართულებას განსაზღვრავს მეთილის ჯგუფის დადებითი ინდუქციური ეფექტი, რის გამოც ბირთვში იზრდება ელექტრონული სიმკვრივე, განსაკუთრებით კი, ორთო- და პარა-მდგომარეობებში. შესაბამისად, ამ რეაქციის პროდუქტებია ო-ქლორტოლუოლი და პ-ქლორტოლუოლი

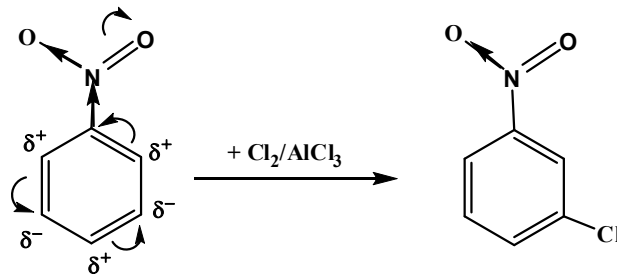




ქლორბენზოლის შემთხვევაში ხდება შემდეგი: ქლორის ატომის უარყოფითი ინდუქციური ეფექტის გამო მცირდება ბენზოლის ბირთვის ელექტრონული სიმკვრივე და ძნელდება ელექტროფილური ჩანაცვლება. ხოლო ძლიერი დადებითი მეზომერული ეფექტის გამო ჩამნაცვლებული ნარიმართება ორთო- და პარა-მდგომარეობებში. მიიღება შესაბამისი პროდუქტები - ო-დიქლორბენზოლი და პ-დიქლორბენზოლი. ანუ სუბსტრატის რეაქციის უნარიანობას განსაზღვრავს ჰალოგენის ინდუქციური ეფექტი, ხოლო ჩანაცვლების მიმართულებას - მეზომერული ეფექტი.

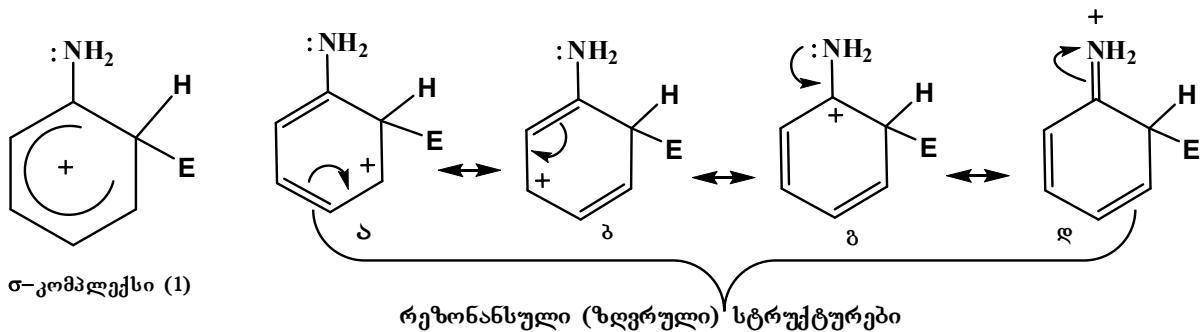


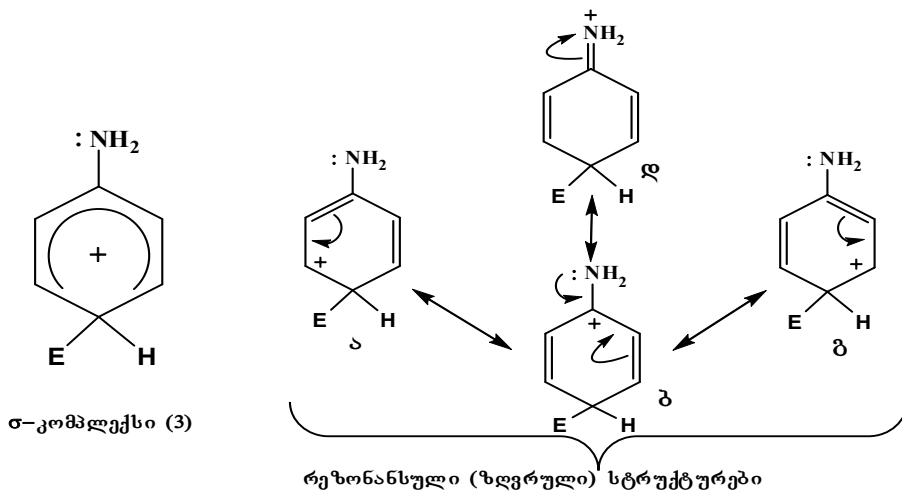
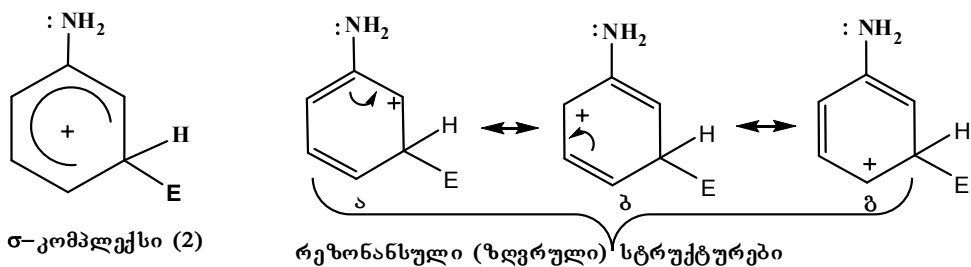
ნიტრობენზოლში, როგორც ინდუქციური, ისე მეზომერული ეფექტი უარყოფითია და ორივე მოქმედებს ერთი მიმართულებით, ელექტრონული სიმკვრივე ბირთვიდან გადაწეულია ნიტროჯგუფისაკენ, რის გამოც ბირთვში ელექტრონული სიმკვრივე მცირდება, განსაკუთრებით ორთო- და პარა- მდგომარეობებში, შესაბამისად ჩანაცვლება ნარიმართება მეტა-მდგომარეობაში და მიიღება მ-ნიტროქლორბენზოლი. რეაქციის უნარიანობა ბენზოლთან შედარებით მცირდება მილიონჯერ.



ელექტროფილური ჩანაცვლების მიმართულების განმსაზღვრელი ფაქტორია ჩამნაცვლებლის გავლენა შუალედური  $\sigma$ -კომპლექსის მდგრადობაზე: ძირითადად მიიღება ის პროდუქტები, რომელთა შესაბამისი შუალედური  $\sigma$ -კომპლექსები უფრო მდგრადებია ალტერნატიულებთან შედარებით.

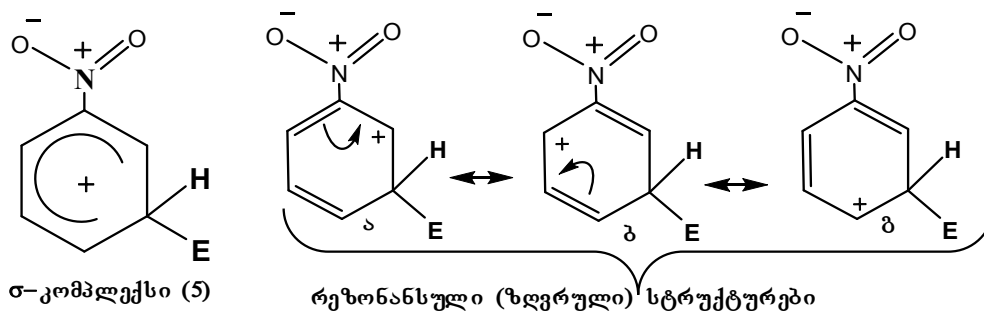
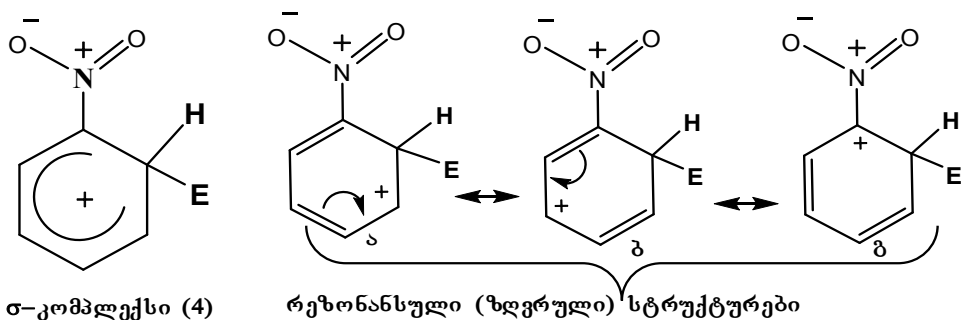
მაგალითისათვის განვიხილოთ  $\sigma$ -კომპლექსების მდგრადობა.  
პირველი რიგის ჩამნაცვლებლის შემთხვევაში:

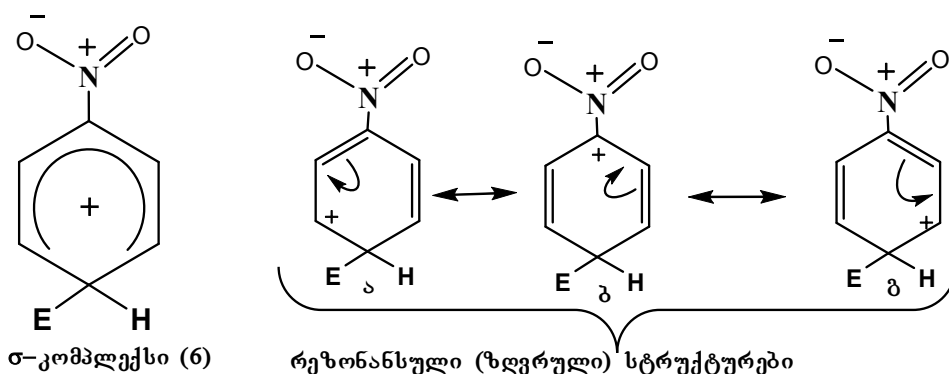




(1-3) σ-კომპლექსების შედარება გვიჩვენებს, რომ **ორთო-(1)** და **პარა-(3)** σ-კომპლექსები წარმოადგენენ ოთხ-ოთხი რეზონანსული (ზღვრული) სტრუქტურის ჰიბრიდს. ამ კომპლექსების სტაბილიზაციაში ყველაზე მეტი წვლილი შეაქვთ **(1დ)** და **(3დ)** სტრუქტურებს, რომლებშიც **(+)** მუხტის დელოკალიზაციაში უშუალოდ მონაწილეობს აზოტის ატომის თავისუფალი ელექტრონული წყვილი. ამის გამო ეს σ-კომპლექსები უფრო მდგრადებია **მეტა-(2)** σ-კომპლექსთან შედარებით, რომელიც მხოლოდ სამი რეზონანსული (ზღვრული) სტრუქტურის ჰიბრიდს წარმოადგენს.

მეორე რიგის ჩამნაცვლებლის შემთხვევაში:





**(4-6) σ-კომპლექსების** შედარება გვიჩვენებს, რომ სამივე წარმოადგენს სამ-სამი რეზონანსული სტრუქტურის ჰიბრიდს. ამასთან, **(4ა)** და **(6ბ)** სტრუქტურები, რომლებშიც **(+)** მუხტი ლოკალიზებულია ორ მეზობელ ატომზე (**N** და **C**), ინვევენ **(4)** და **(6)** σ-კომპლექსების დესტაბილიზაციას. რის გამოც **(4)** და **(6)** σ-კომპლექსები უფრო უმდგრადებია მეტა σ-კომპლექსთან **(5)** შედარებით, რომელშიც ანალოგიური სტრუქტურა არ წარმოიქმნება.

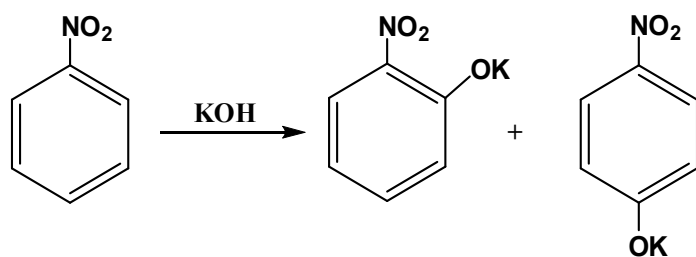
ამ ჯგუფების გავლენა საპირისპირო ხდება ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციებში, რომელთა შუალედური σ-კომპლექსი უარყოფითად დამუხტული არაარომატული ანიონია, რომელშიც ექვსი π-ელექტრონი დელოკალიზებულია ბირთვის  $sp^2$ -ჰიბრიდულ ხუთ ატომზე. მეექვსე ნახშირბადატომი  $sp^3$ -ჰიბრიდულ მდგომარეობაშია და მასთან დაკავშირებული ნუკლეოფილი და წყალბადატომი განლაგებულია ბირთვის სიბრტყის პერპენდიკულარულ სიბრტყეში.

აღსანიშნავია, რომ ანიონური σ-კომპლექსები ყველა შემთხვევაში გაცილებით უმდგრადებია კატიონურ σ-კომპლექსებთან შედარებით, რაც ერთ-ერთი იმ მიზეზთაგანია, რომელთა გამოც არომატული ნაერთები გაცილებით ძნელად შედიან ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციებში. ბენზოლი საერთოდ არ რეაგირებს ნუკლეოფილურ რეაგენტებთან.

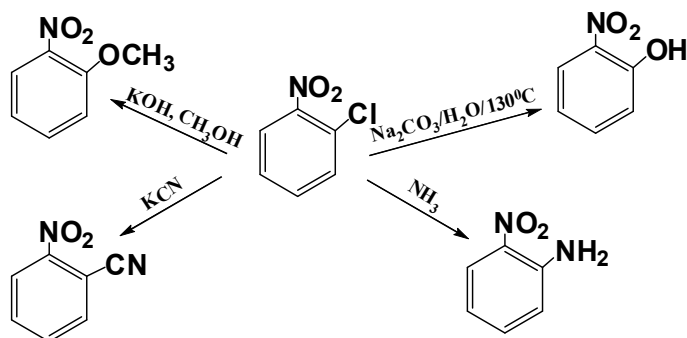
პირველი რიგის ჩამნაცვლებლები - ელექტრონდონორები - ამაღლებენ ბენზოლის ბირთვის ელექტრონულ სიმკვრივეს და, შესაბამისად, ხელს უშლიან ნუკლეოფილურ ჩანაცვლებას.

მეორე რიგის ჩამნაცვლებლები - ელექტრონაქცეპტორები - ამცირებენ ბენზოლის ბირთვის ელექტრონულ სიმკვრივეს და, შესაბამისად, ზრდიან მის რეაქციის უნარიანობას. ეს ჯგუფები, ეხლა უკვე აქტივატორები, ხელს უწყობენ ნუკლეოფილურ ჩანაცვლებას, განსაკუთრებით - ორთო - და პარამდგომარეობაში.

ნიტრობენზოლისა და გაფხვიერებული **KOH**-ის ნარევის გაცხელებით მიიღება ო- და პ-ნიტროფენოლატების ნარევი:

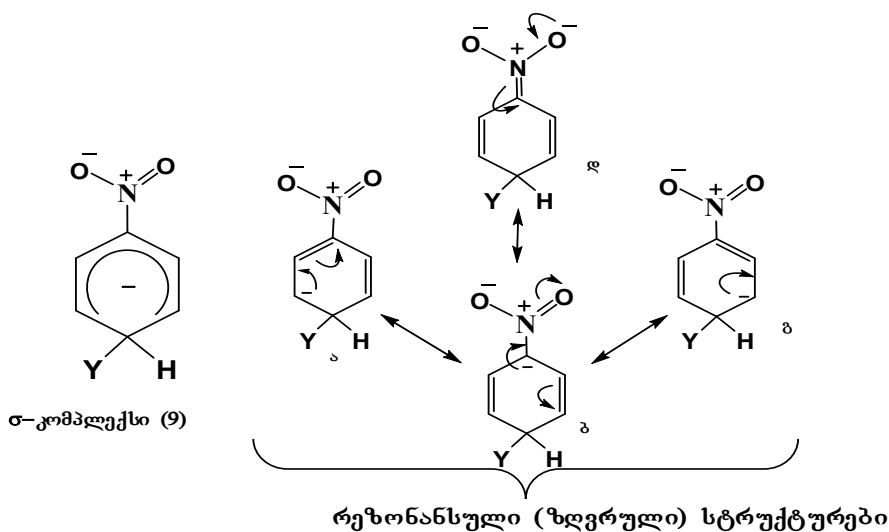
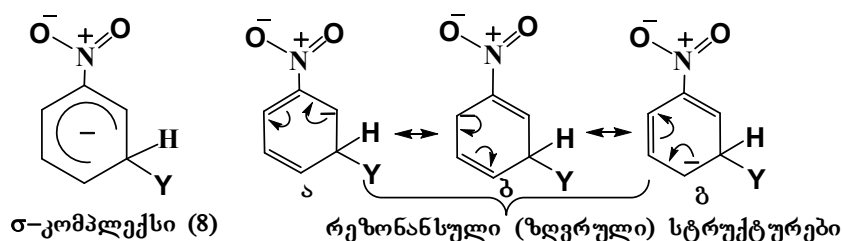
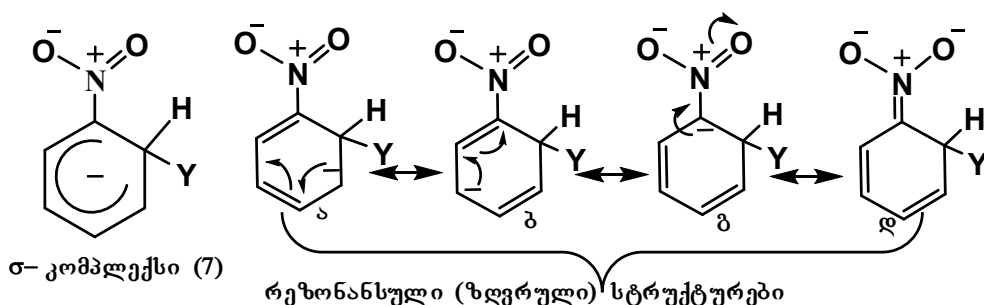


ნიტრო-ჯგუფის ძლიერი ელექტრონაქცეპტორული გავლენით საგრძნობლად აქტიურდება ო- და პ-მდგომარეობაში განლაგებული ატომები და ატომთა ჯგუფები. მათთვის დამახასიათებელია ჰალოგენის, ჰიდროქსი-, ალკოქსი-, ამინო-, სულფო- და სხვათა ნუკლეოფილური ჩანაცვლება:



ნიტრობენზოლის ნაწარმებში ორთო- და პარა-მდგომარეობაში მყოფი ჩამნაცვლების გააქტიურება გამოწვეულია ნიტრო-ჯგუფის თანმხვედრი უარყოფითი ინდუქციური და მეზომერული ეფექტებით, რის გამოც საგრძნობლად მცირდება ბირთვის ელექტრონული სიმკვრივე, განსაკუთრებით კი, ორთო - და პარამდგომარეობაში.

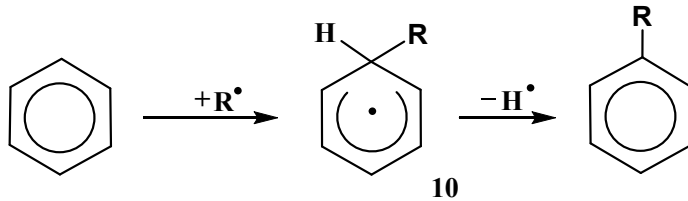
განვიხილოთ შესაბამისი  $\sigma$ -კომპლექსები:



(7-9)  $\sigma$ -კომპლექსების შედარება გვიჩვენებს, რომ ორთო-(7) და პარა-(9)  $\sigma$ -კომპლექსები წარმოადგენენ ოთხ-ოთხი რეზონანსული (ზღვრული) სტრუქტურის ჰიბრიდს. ამ კომპლექსების სტაბილიზაციაში ყველაზე მეტი წვლილი შეაქვთ (7დ) და (9დ) სტრუქტურებს, რომლებშიც (-)

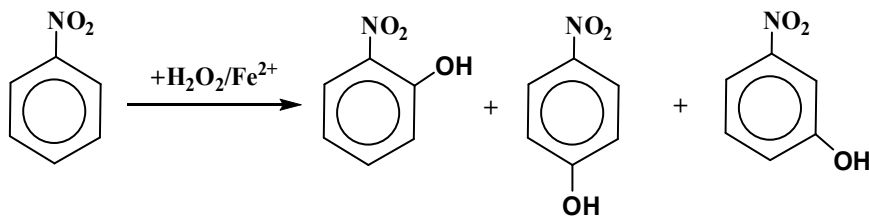
მუხტის დელოკალიზაციაში უშუალოდ მონაწილეობს ნიტრო-ჯგუფის აზოტისა დაჟანგბადის ატომები. ამიტომ ეს  $\sigma$ -კომპლექსები გაცილებით მდგრადებია მეტა-(8)  $\sigma$ -კომპლექსთან შედარებით, რომელიც მხოლოდ სამი რეზონანსული (ზღვრული) სტრუქტურის ჰიბრიდს წარმოადგენს.

არომატული ნაერთები შედიან აგრეთვე რადიკალური ჩანაცვლების რეაქციებში, რომელთა შუალედური ნაერთი  $\sigma$ -კომპლექსის მსგავსი უმუხტო არაარომატული რადიკალია (10), რომელშიც ხუთი p-ელექტრონი დელოკალიზებულია ბირთვის  $sp^2$ -ჰიბრიდულ ხუთ ატომზე. მეექვსე ნახშირბადატომი  $sp^3$ -ჰიბრიდულ მდგომარეობაშია და მასთან დაკავშირებული რადიკალი და წყალბადატომი განლაგებულია ბირთვის სიბრტყის პერპენდიკულარულ სიბრტყეში:

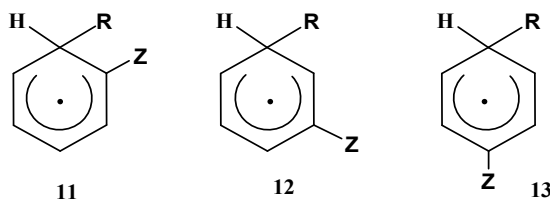


სადაც  $R^\bullet$  შეიძლება იყოს  $\dot{C}H_3$ ;  $\dot{C}_6H_5$ ;  $\dot{Br}$ ;  $\dot{OH}$ ; და სხვა

რადიკალური ჩანაცვლების კარგი მაგალითია ნიტრობენზოლის ჰიდროქსილირება წყალბადის პეროქსიდით  $Fe^{2+}$  იონების თანაობისას. მიიღება სამივე შესაძლო პროდუქტის ნარევი, უპირატესად o- და p-ნიტროფენოლები.

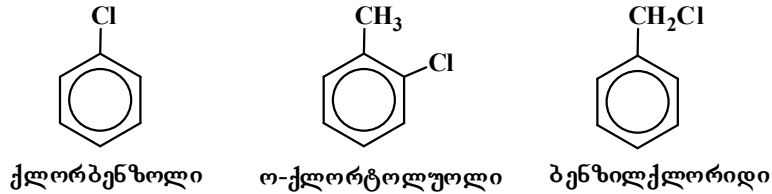


ბენზოლის ნაწარმები ბენზოლთან შედარებით გაცილებით ადვილად შედიან რადიკალური ჩანაცვლების რეაქციებში. ბირთვს ააქტიურებს როგორც პირველი, ისე მეორე რიგის ნებისმიერი ჩამნაცვლებლი, რაც დასტურდება ექსპერიმენტით და ქვანტურ-ქიმიური გათვლებით. ამავე გათვლებით დადასტურებულია, რომ შუალედური თავისუფალი რადიკალი (12), რომელიც მეტა მდგომარეობიდან მიიღება, ყველა შემთხვევაში ნაკლებად სტაბილურია დანარჩენ ორთან შედარებით.

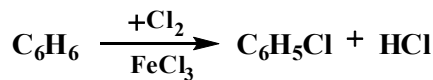


## 26. არომატული ჰალოგენწარმოებულები

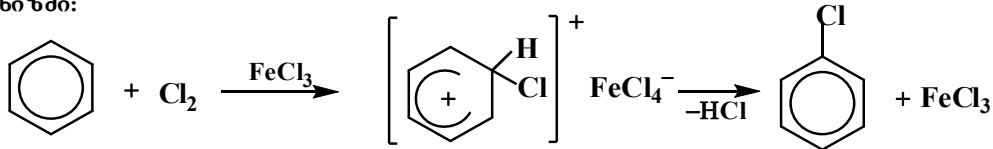
არომატული ჰალოგენწარმოებულები არის ორი ტიპის: 1. ჰალოგენი დგას არომატულ ბირთვში (წმინდა არომატული ჰალოგენწარმოებული) და 2. ჰალოგენი დგას გვერდით ჯაჭვში (ცხიმოვან-არომატული ჰალოგენწარმოებული). ქვემოთ მოყვანილია მათი ზოგიერთი წარმომადგენელი და მათი სახელწოდებები:



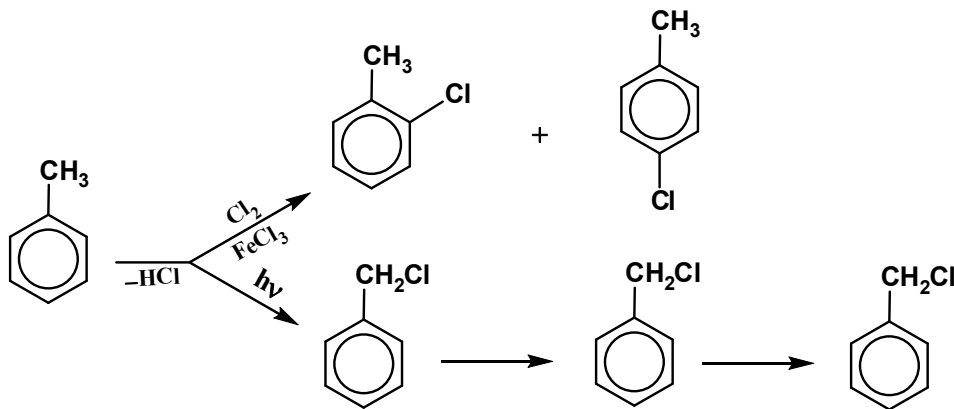
არომატული ჰალოგენწარმოებულების იღებენ ძირითადად არომატული ნახშირწყალბადების პირდაპირი ჰალოგენირებით კატალიზატორების თანდასწრებით:



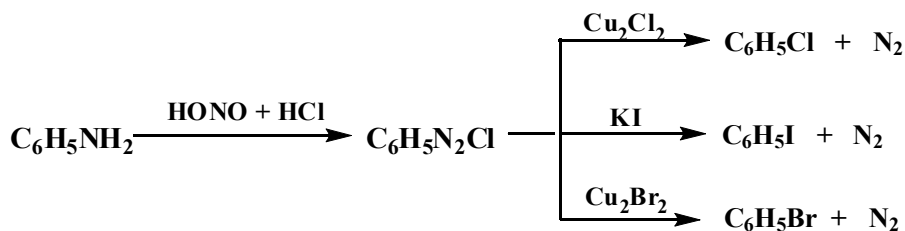
მექანიზმი:



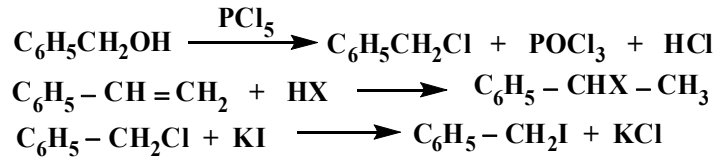
ბენზოლის ჰომოლოგების ჰალოგენირება კატალიზატორების თანდასწრებით ბირთვში მიმდინარეობს, ხოლო უკატალიზატოროდ, სინათლეზე ან გაცხელებით - გვერდით ჯაჭვში (ამ კანონზომიერებას ბაილშტაინის წესი ეწოდება):



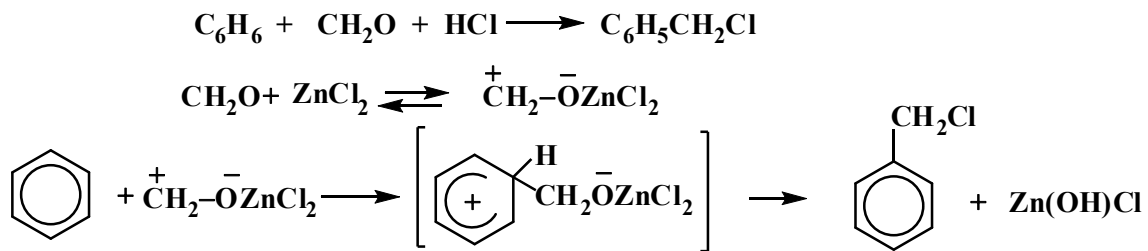
არომატული ჰალოგენწარმოებულების მიღების შემდეგ მეთოდს წარმოადგენს ამინოჯგუფის შეცვლა ჰალოგენით (ზანდმაიერის რეაქცია) სპილენძის კატალიზატორის თანდასწრებით. ეს მეთოდი შესაძლებლობას იძლევა მიღებულ იქნას ნებისმიერი ჰალოგენწარმოებული, მათ შორის ფთორწარმოებულებიც:



გვერდით ჯაჭვში ჰალოგენშემცველი ნაერთების მისაღებად გამოიყენება ნაჯერი (ცხიმოვანი) რიგის ჰალოგენნარმოებულების მიღების ყველა მეთოდი: ჰიდროქსილის ჩანაცვლება ჰალოგენით, ჰალოგენწყალბადის მიერთება უჯერ ნახშირწყალბადებთან, ჰალოგენის მიმოცვლით და ა.შ.:



გარდა ამ მეთოდებისა ასეთი ნაერთების მიღებისათვის არსებობს სპეციფიკური მეთოდი - ქლორმეთილირების მეთოდი. არომატულ ნაერთებზე ფორმალდეჰიდის და ქლორწყალბადის მოქმედებით კატალიზატორის ( $\text{ZnCl}_2$ ) თანდასწრებით ხდება წყალბადის ჩანაცვლება ქლორმეთილის ჯგუფით:

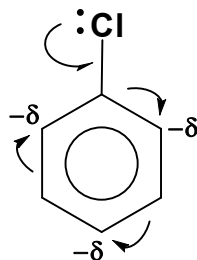


### ფიზიკური თვისებები

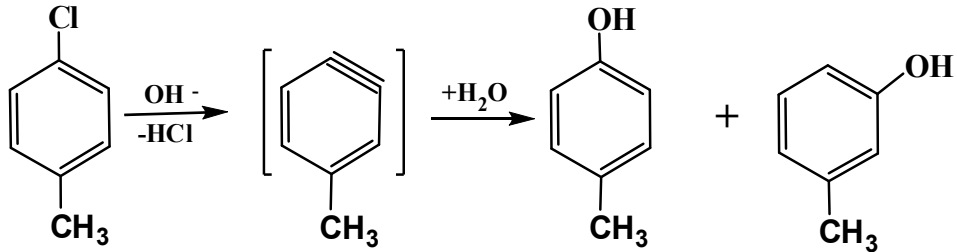
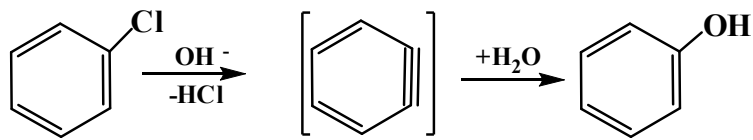
ბენზოლის და მისი ჰომოლოგების ჰალოგენნარმოებულები თხევადი ან კრისტალური ნივთიერებებია. მაგალითად, პ-დიქლორბენზოლი კრისტალურია (ლღ. ტემპ.  $53^\circ\text{C}$ ). ბენზოლის ჰალოგენნარმოებულების სიმკვრივე ერთზე მეტია; დუღილის ტემპერატურა იზრდება ფორნარმოებულებიდან იოდნარმოებულებისაკენ. წმინდა ჰალოგენნარმოებულებს აქვთ სასიამოვნო „არომატული“ სუნი, ხოლო თუ ჰალოგენი დგას გვერდით ჯაჭვში, ასეთ ნერთებს აქვთ გამაღაზიანებელი სუნი, ინვევენ ცრემლდენას (ლაკრიმატორებია).

### ქიმიური თვისებები

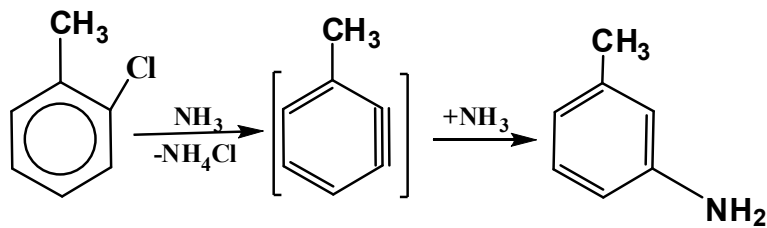
ალკილჰალოგენიდებისაგან განსხვავებით, მარტივი არილჰალოგენიდები, ვინილჰალოგენიდების ანალოგიურად, დაბალი რეაქციისუნარიანობით ხასიათდებიან ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციებში. ეს გამოწვეულია ჰალოგენის თავისუფალი ელექტრონული წყვილის შეუღლებით არომატულ ბირთვთან:



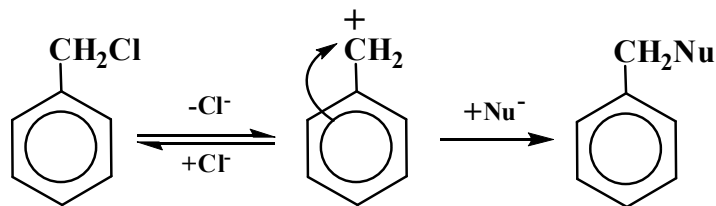
მკაცრ პირობებში ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციები მიმდინარეობს ორსაფეხურიანი მექანიზმით: ნუკლეოფილური აგენტების მოქმედებით პირველ საფეხურზე ხდება დეჰიდროჰალოგენირება რეაქციისუნარიანი დეჰიდრობენზოლის წარმოქმნით, რომელიც მეორე საფეხურზე სწრაფად იერთებს მოქმედ ნუკლეოფილურ რეაგენტს მიერთების პროდუქტის წარმოქმნით:



ეს მექანიზმი ცალსახად მტკიცდება იმით, რომ ნუკლეოფილური ჯგუფი ხშირად იკავებს არა მხოლოდ იმ ადგილს, რომელსაც ანთავისუფლებს ჰალოგენი, არამედ ორიენტირდება ერთ-ერთ მეზობელ ნახშირბადატომთან. მაგალითად, **პ**-ქლორტოლუოლის ჰიდროლიზით მიიღება არა მხოლოდ **პ**-კრეზოლი, არამედ **პ**- და **მ**-კრეზოლების ნარევი 50-50% გამოსავლიანობით. ხოლო, **ო**-ქლორტოლუოლის ამინირებისას წარმოიქმნება მხოლოდ **მ**-ტოლუიდინი:

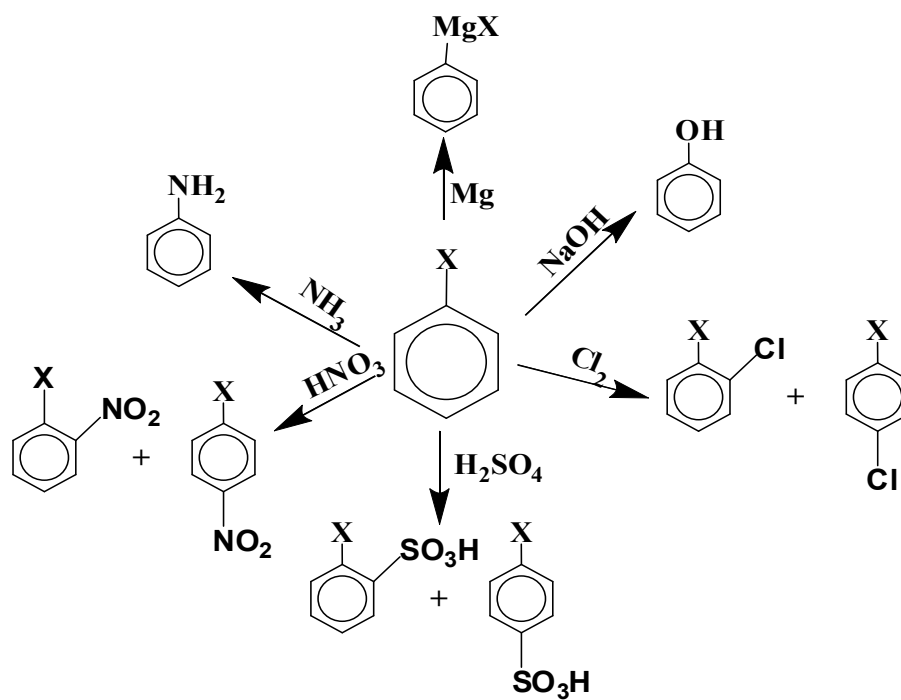


ცხიმოვან-არომატული ჰალოგენწარმოებულები კი, პირიქით, ხასიათდებიან მაღალი რეაქციისუნარიანობით. ეს აიხსნება იმით, რომ პირველ საფეხურზე წარმოქმნილი შუალედური კარბკატიონი მდგრადია, ვინაიდან მისი მუხტის დელოკალიზაციაში მონაწილეობს ბირთვის არომატული  $\pi$ -სექსტეტი (შეადარე ალილჰალოგენიდს):



ჰალოგენწარმოებულები ხასიათდებიან აგრეთვე ბირთვში ელექტროფილური ჩანაცვლების უნარით. ჰალოგენის ატომი, როგორც პირველი რიგის ჩამნაცვლებელი, ახალ ჯგუფს მიმართავს ორთო- და პარა-მდგომარეობებში.





### გამოყენება

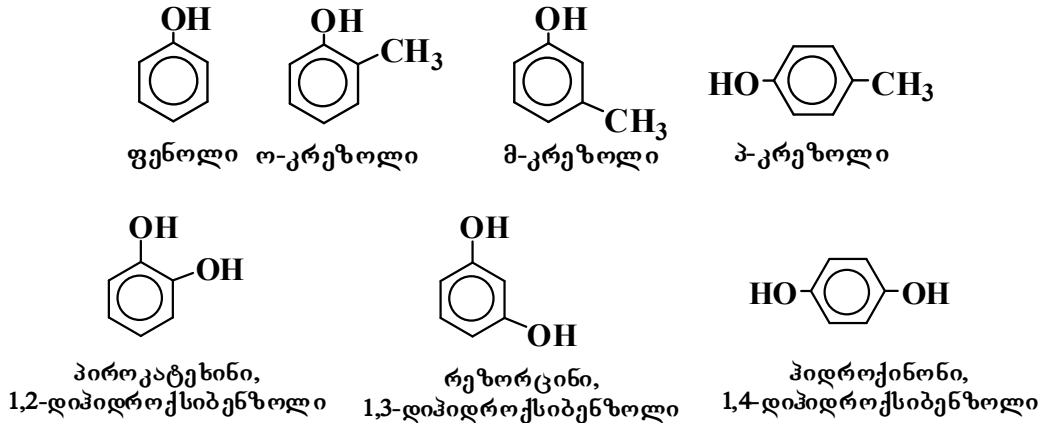
არილჰალოგენიდები ძირითადად გამოიყენება ფენოლის, ანილინის, ბენზილის სპირტის და სხვა ორგანული ნაერთების მისაღებად.

## 27. არომატული ჰიდროქსინაერთები

არომატულ ჰიდროქსინაერთებს მიეკუთვნება ფენოლები და არომატული სპირტები. ფენოლები ეწოდება ისეთ არომატულ სპირტებს, რომლებშიც ჰიდროქსილის ჯგუფი ან ჯგუფები უშუალოდ ბენზოლის ბირთვთან არის დაკავშირებული. არომატული სპირტები ჰიდროქსილის ჯგუფს გვერდით ჯაჭვში შეიცავენ.

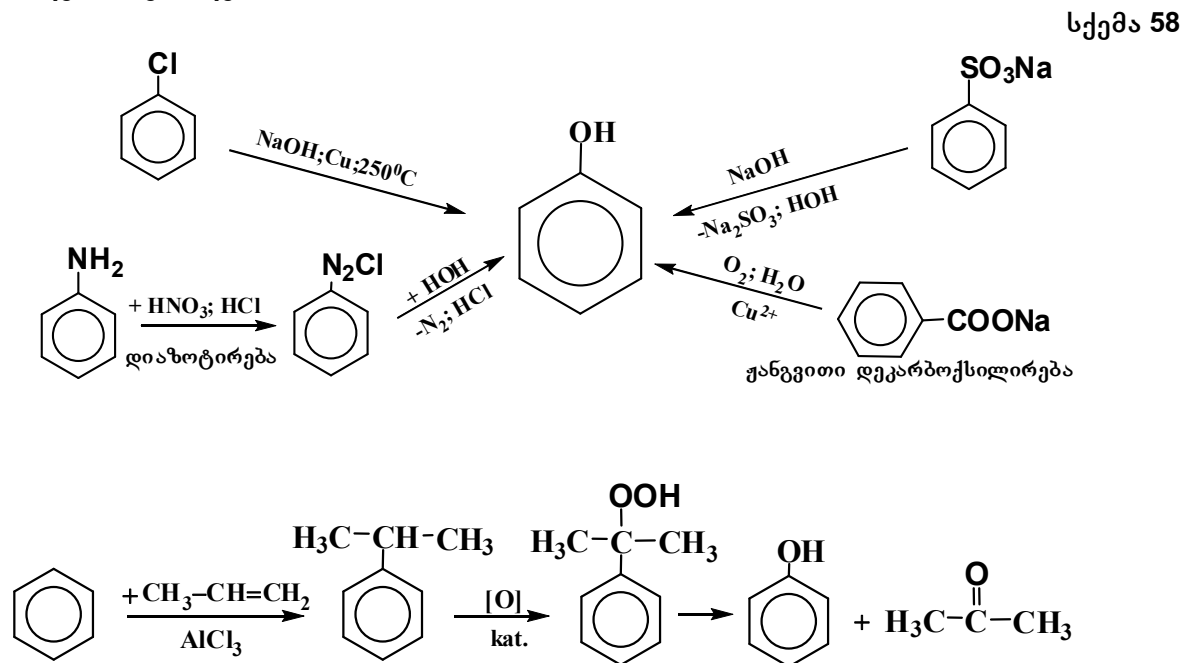
### 27.1. ერთატომიანი ფენოლები

ქვემოთ მოყვანილია ფენოლების ზოგიერთი წარმომადგენელი და მათი სახელწოდებები:



ფენოლების ჰომოლოგიური რიგის უმარტივესი წარმომადგენელია ფენოლი - რომელსაც კარბოლის მჟავასაც უწოდებენ, მისი მჟავა ბუნების გამო.

#### მიღების მეთოდები

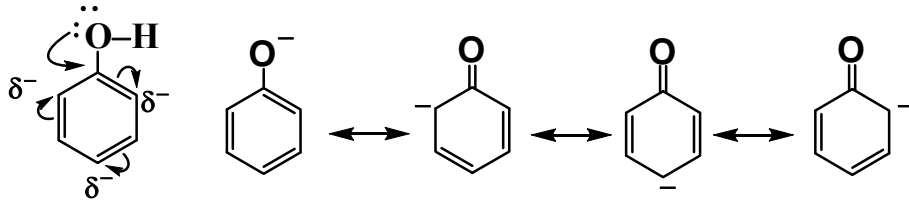


#### ფიზიკური თვისებები

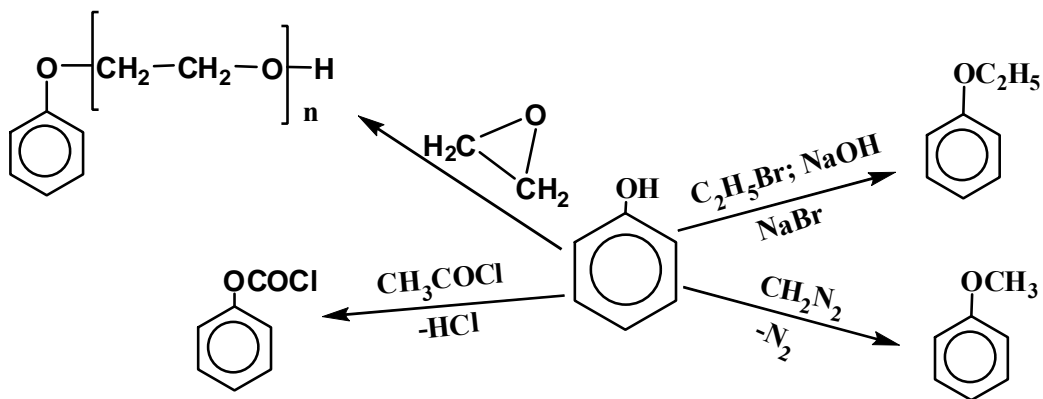
ფენოლი თავისებური სუნის მქონე, თეთრი ფერის, მწვავე ნივთიერებაა. მისი ლღობის ტემპერატურაა 42°C.

### ქიმიური თვისებები

ფენოლი უფრო მჟავური ბუნების ნაერთია, ვიდრე ნაჯერი სპირტები. ფენოლის მოლეკულაში ჟანგბადატომის თავისუფალი ელექტრონული წყვილი შეუღლებულია ბირთვის  $\pi$ -ელექტრონულ სექსტეტთან ( $p-\pi$  შეუღლება). ამის გამო იზრდება **O-H**-ბმის პოლარიზაციის ხარისხი და წყალბადატომი უფრო მოძრავი (პროტონიზირებადი) ხდება. წარმოქმნილი ფენოლატ-ანიონი გაცილებით მდგრადია ნაჯერ ალკოჰოლატ-ანიონებთან შედარებით, რასაც მისი მუხტის დელოკალიზია განაპირობებს:

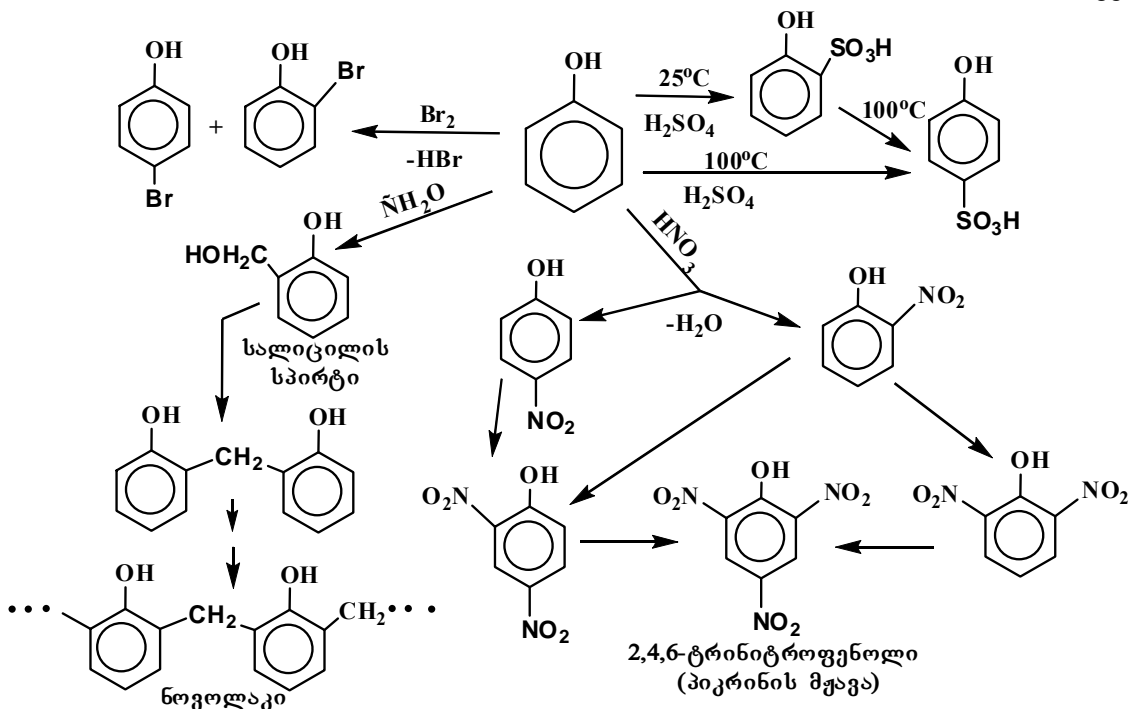


სქემა 59



ფენოლში ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციები მიდის ბევრად უფრო ადვილად, ვიდრე ბენზოლში, მასთან ჩანაცვლება ხდება ორთო- და პარამდგომარეობებში (პირველი რიგის ჩამნაცვლებელი):

სქემა 60



## გამოყენება

ფენოლი დიდი რაოდენობით გამოიყენება ფენოლფორმალდეჰიდური პლასტმა-სების დასამზადებლად. ფენოლის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაწარმია მისი ფორმალდეჰიდთან კონდენსაციის პროდუქტი – სილიცილის სპირტი. ფენოლის ურთიერთქმედებით ჭარბ ფორმალდეჰიდთან მიიღება პოლიკონდენსაციის პროდუქტები – ფენოლფორმალდეჰიდური ფისები – ნრფივი (ნოვოლაკი) და სივრცითი აღნაგობის (ბაკელიტი და რეზიტი).

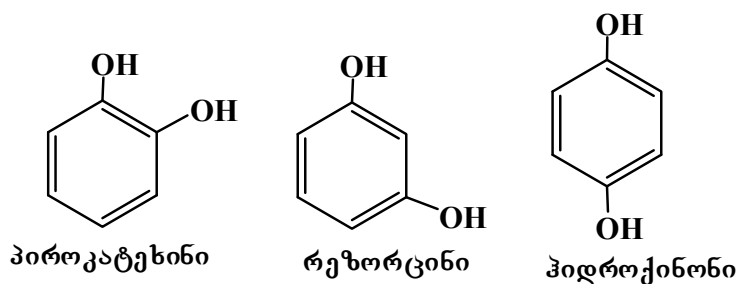
ფენოლს იყენებენ მედიცინაში სადეზინფექციო ხსნარის სახით, სამკურნალო პრეპარატების (სალიცილის მჟავა და მისი წარმოებულები), საღებრების, ასაფეთქებელი ნივთიერებების მისაღებად. მისი მეთილ- (ანიზოლი) და ეთილ- (ფენეტოლი) ეთერები ფართოდ გამოიყენება საღებრების და სურნელოვანი ნივთიერებების მისაღებად.

კრეზოლები გამოიყენება პლასტიკური მასების, საღებრების მისაღებად.

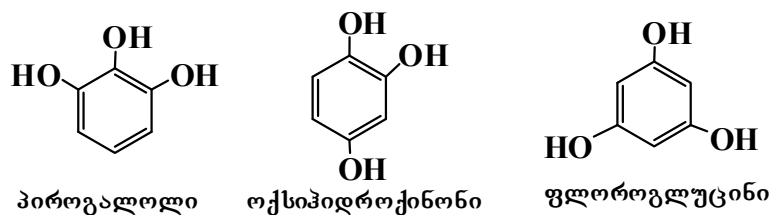
ფენოლის ერთერთი მნიშვნელოვანი ნაწარმი პიკრინის მჟავა - 2,4,6-ტრინიტროფენოლი - მიიღება ფენოლის ნიტრირებით (განზავებული აზოტმჟავით). სამი ნიტრო-ჯგუფის თანხვედრი ძლიერი -M და -I ეფექტების გავლენით იგი წარმოადგენს ძლიერ მჟავას. ყვითელი ფერის საღებარი და ფეთქებადი ნივთიერებაა. მის მარილებს პიკრატები ეწოდება.

## 27.2. მრავალატომიანი ფენოლები

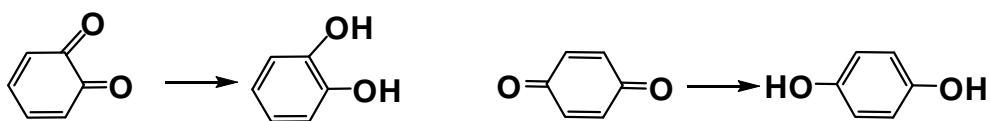
ორატომიანი ფენოლების წარმომადგენლებია პიროკატეხინი, რეზორცინი და ჰიდროქინონი:



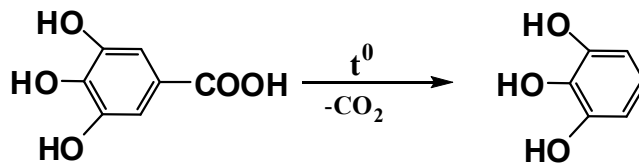
სამატომიანი ფენოლების წარმომადგენლებია პიროგალოლი, ოქსიჰიდროქინონი და ფლოროგლუცინი:



მრავალატომიანი ფენოლები მიიღება ერთატომიანი ფენოლების მიღების იგივე საერთო მეთოდებით, მაგრამ არსებობს მათი მიღების სპეციფიკური მეთოდებიც. მაგალითად, პიროკატეხინი და ჰიდროქინონი მიიღება შესაბამისი ო- და პ-ქინონების აღდგენით:

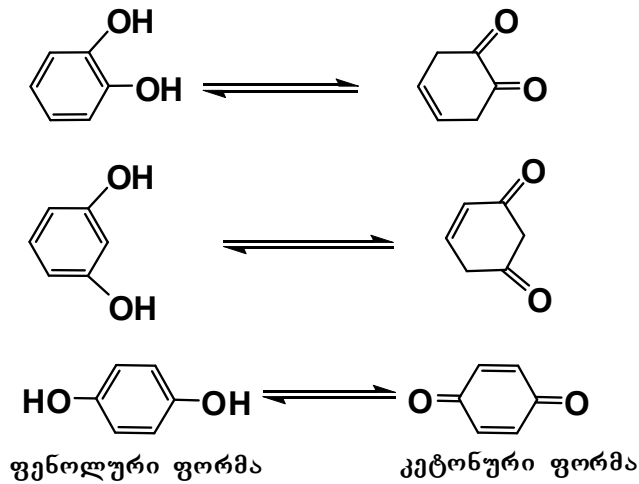


პიროგალოლს ძირითადად იღებენ ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული გალუს მჟავას პიროლიზით (აქედან დაერქვა სახელიც):

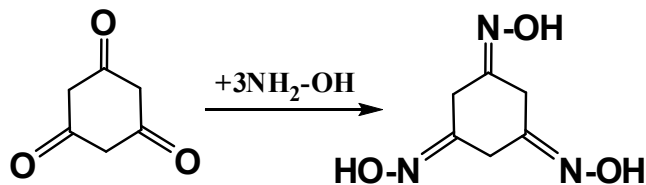


### ქიმიური თვისებები

მრავალატომიანი ფენოლები ამჟღავნებენ ერთატომიანი ფენოლების თვისებებს, მაგრამ ფენოლებთან შედარებით უფრო ნაკლებ არომატულ ბუნებას ამჟღავნებენ. მათ ტაუტომერიის მკვეთრად გამოხატული უნარი აქვთ:



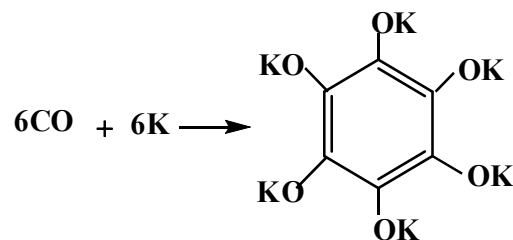
კეტონური ფორმით ფლოროგლუცინი ურთიერთქმედებს ჰიდროქსილამინთან ტრიოქსიმის წარმოქმნით;



### გამოყენება

მრავალატომიანი ფენოლები ძირითადად გამოიყენება საღებრების და სხვადასხვა მედიკამენტის მისაღებად. პიროკატეხინს და პიროგალოლს ფართოდ იყენებენ ფოტოგრაფიაში.

პოლიოქსიბენზოლებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია ჰექსაოქსიბენზოლი, რომელიც მიიღება ნახშირბადის (II) ოქსიდის ურთიერთქმედებით მეტალურ კალიუმთან;

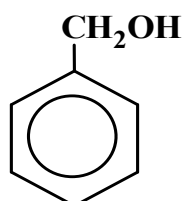


### 27.3. არომატული სპირტები

არომატული სპირტები ეწოდება არომატული ნახშირწყალბადების ისეთ ნაწარმებს, რომლებშიც ჰიდროქსილის ჯგუფი დგას გვერდით ჯაჭვში. ჰიდროქსილის ჯგუფის ბენზოლის ბირთვთან მდებარეობის მიხედვით არჩევენ  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - და ა.შ. სპირტებს.

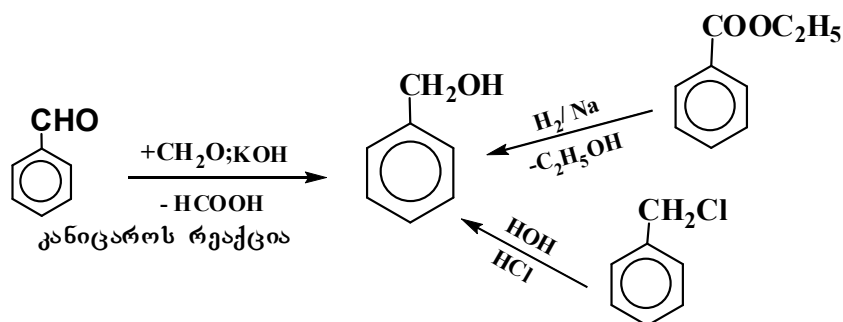
არომატული სპირტები ფართოდ არის გავრცელებული ბუნებაში, როგორც თავისუფალი, ისე სხვადასხვა ეთერებისა და ბალზამების სახით.

არომატული სპირტების უმარტივესი წარმომადგენელია ბენზოლის სპირტი:



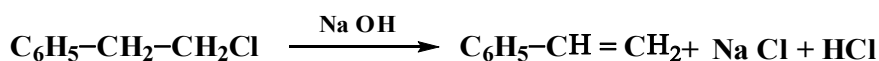
მიღება

სქემა 61



$\beta$ - და  $\gamma$ -სპირტებისათვის არსებობს სპეციფიკური რეაქციები.

$\beta$ -სპირტების მიღება შესაბამისი ჰალოგენწარმოებულებიდან არ შეიძლება, რადგან ხდება დეჰიდროჰალოგენირება და არა ჰიდროლიზი:



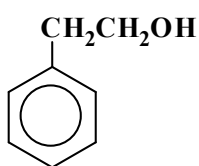
ფიზიკური თვისებები

ბენზოლის სპირტი უფერო, დამახასიათებელი სუნის მქონე, წყალში ძნელად ხსნადი სითხეა.

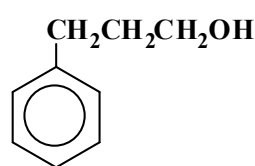
ქიმიური თვისებები

ბენზოლის სპირტს გააჩნია როგორც ნაჯერი ერთატომიანი სპირტების, ისე ბენზოლის ბირთვისთვის დამახასიათებელი თვისებები.

სხვა არომატული სპირტებიდან მნიშვნელოვანია:

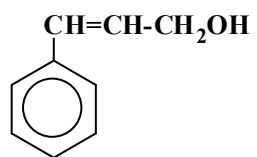


$\beta$ -ფენილეთილის სპირტი,  
2-ფენილეთანოლი



$\gamma$ -ფენილპროპილის სპირტი,  
3-ფენილპროპანოლი

უფერი არომატული სპირტებიდან მნიშვნელოვანია დარიჩინის სპირტი:



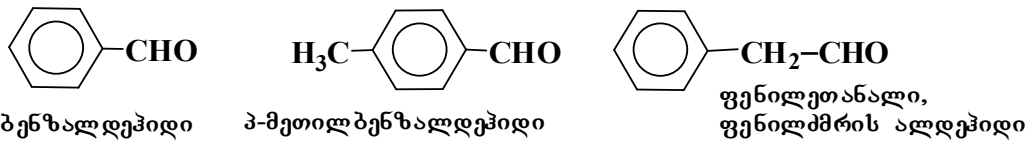
დარიჩინის სპირტი,  
3-ფენილ-2-ენ-პროპანოლ-1

### გამოყენება

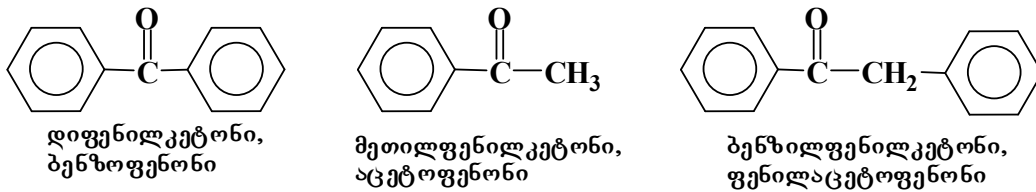
არომატული სპირტები და მათი ეთერები ფართოდ გამოიყენება პარფიუმერიაში.

## 28. არომატული ოქსონაერთები

არომატულ ალდეჰიდებში **CHO** ალდეჰიდის ფუნქციური ჯგუფი დაკავშირებულია უშუალოდ ბენზოლის ბირთვთან ან გვერდით ჯაჭვთან. მაგალითად:



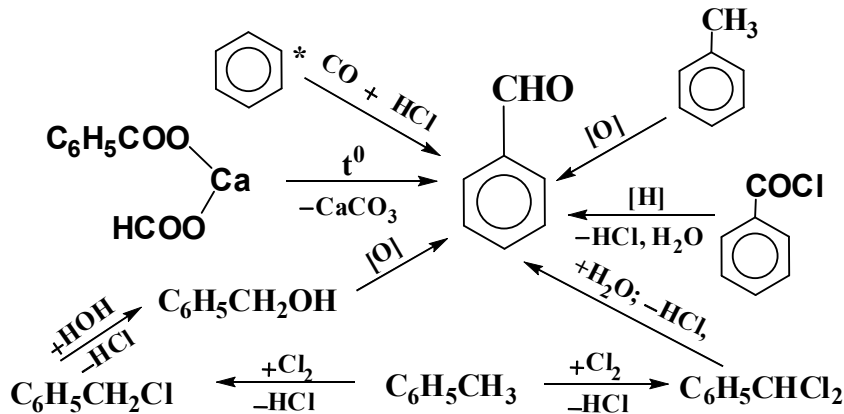
არსებობს არომატული კეტონები მაგ.: დიფენილკეტონი და შერეული ტიპის კეტონები - ალკილ-ლარომატული (ცხიმოვან-არომატული), მაგ.: მეთილფენილკეტონი და ბენზილფენილკეტონი, უჯერი ფრაგმენტის შემცველი - ალკენილფენილკეტონები, ალკინილფენილკეტონები და სხვ.:



მიღება

სქემა 62

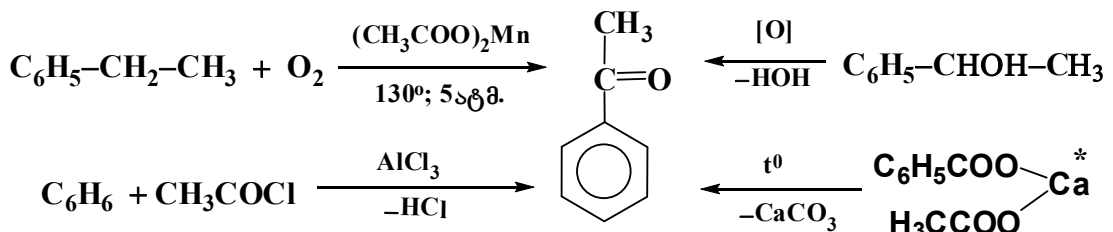
არომატული ალდეჰიდების მიღების მეთოდები



\* გატერმან-კოხის რეაქცია. ბენზოლი ამ რეაქციაში ძნელად შედის, ჰომოლოგები - უფრო ადვილად და მაღალი გამოსავლიანობით.

სქემა 63

არომატული კეტონების მიღების მეთოდები



\* თუ ორივე მუავას ნაშთი არომატულია ( $(C_6H_5COO)_2Ca$  - მაშინ მიიღება არომატული კეტონი (შეადარე, გვ. 195).



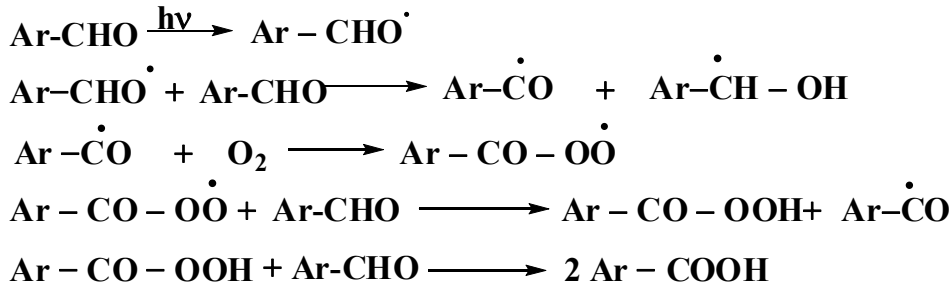
### ფიზიკური თვისებები

არომატული ალდეჰიდები, უმეტეს შემთხვევაში, წყალში უხსნადი დამახასიათებელი მძაფრი ნუშის სუნის მქონე სითხეებია. არომატული კეტონები ყვავილების სასიამოვნო სუნის მქონე სითხეები ან მყარი ნივთიერებებია.

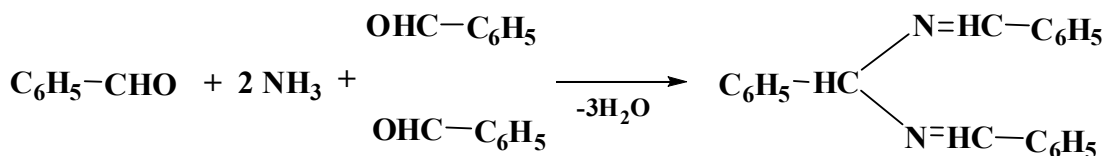
### ქიმიური თვისებები

არომატული ალდეჰიდებსა და კეტონებს გარდა არომატული ბირთვის და კარბონილის ჯგუფის თვისებებისა ახასიათებთ განსაკუთრებული თვისებები. ეს თვისებებია:

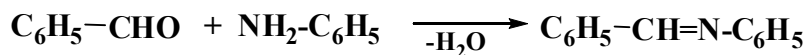
არომატული ალდეჰიდები შენახვისას განიცდიან თავისთავად დაჟანგვას - აუტოოქსიდაციას და შუალედური ჰიდრობეჟანგის საფეხურის გავლით იძლევიან შესაბამის მჟავებს:



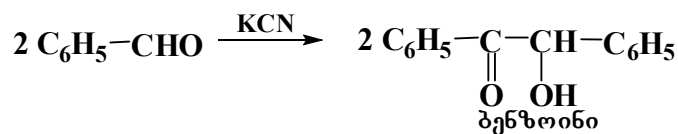
არომატული ალდეჰიდები ამიაკთან რეაგირებენ 3:2 თანაფარდობით და იძლევიან ჰიდრობენზამიდებს:



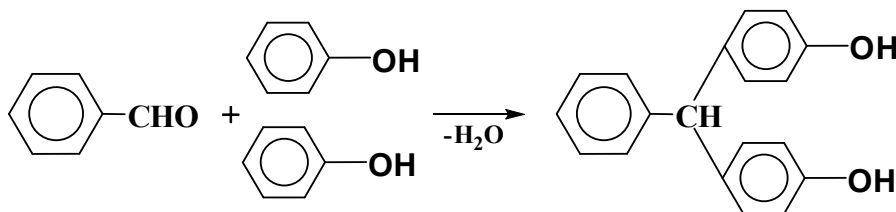
არომატული ალდეჰიდები შედიან კონდენსაციის რეაქციაში არომატულ ამინებთან და იძლევიან შიფის ფუძეებს:

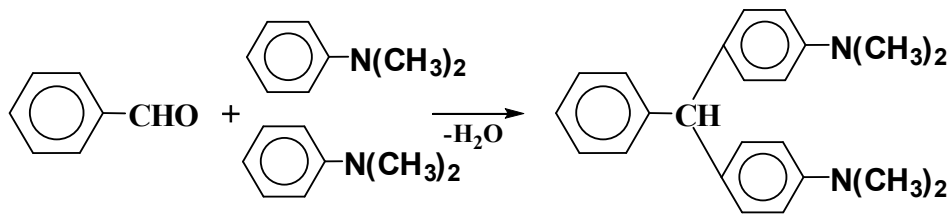


არომატული ალდეჰიდების სპეციფიკურ რეაქციას წარმოადგენს ბენზოინური კონდენსაცია ციანწყალბადმჟავას მარილების თანდასწრებით:



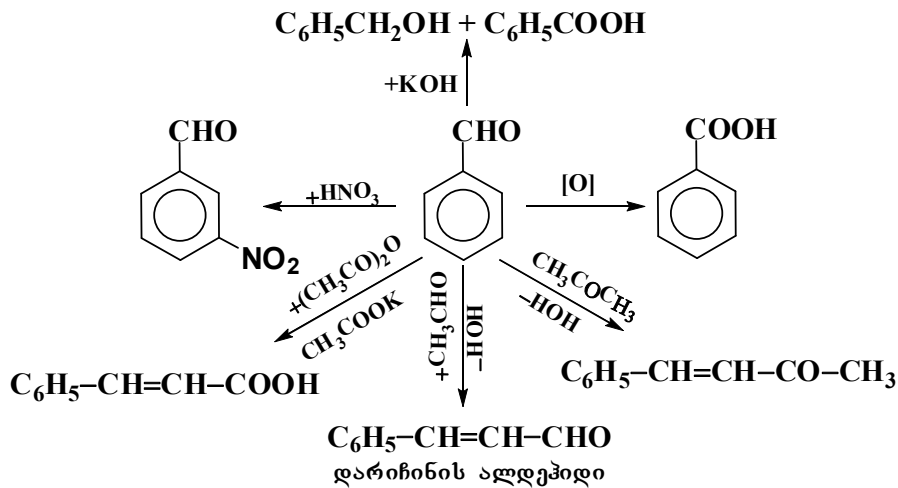
არომატული ალდეჰიდები ადვილად შედიან კონდენსაციის რეაქციებში აქტივირებულ არომატულ ნაერთებთან - ფენოლებთან და არომატულ ამინებთან ტრიფენილმეთანის ჯგუფის საღებრების წარმოქმნით:





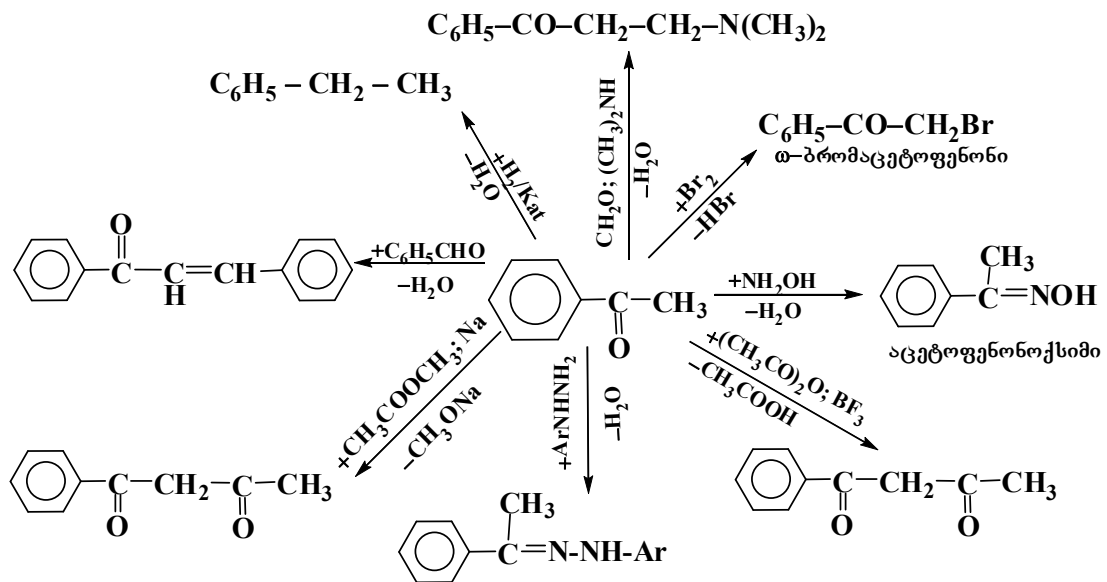
არომატული ალდეჰიდების სხვა ქიმიური თვისებები მოყვანილია მე-64 სქემაზე.

სქემა 64



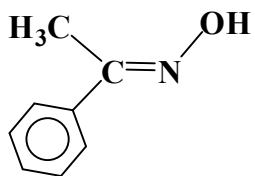
არომატული კეტონების ქიმიური თვისებები მოყვანილია 65-ე სქემაზე:

სქემა 65

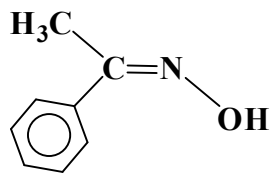


არომატული კეტონები ნაკლებად რეაქციისუნარიანებია, ვიდრე ალიფატური რიგის კეტონები.

არასიმეტრილი არომატული კეტოქსიმები არსებობენ ორი გეომეტრიული იზომერის (სინდა ანტი-) სახით. ამასთან, ანტიიზომერი უფრო მდგრადია:



სინ-აცეტოფენონოქსიმი



ანტი-აცეტოფენონოქსიმი

### გამოყენება

აცეტოფენონი და ბენზოფენონი გამოიყენება პარფიუმერიაში, ორგანულ სინთეზებში და სხვ.

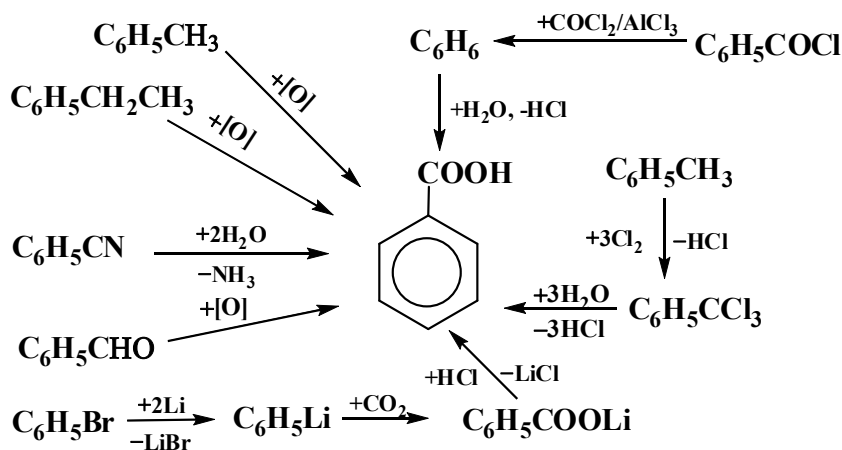
## 29. არომატული კარბონმჟავები

არომატულია მჟავა, რომელშიც კარბოქსილის ჯგუფი უშუალოდ ბენზოლის ბირთვთან არის დაკავშირებული. არომატული მჟავების უმარტივესი წარმომადგენლებია ბენზოის მჟავა - **C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH** და ტოლუოლმჟავა **CH<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>COOH**. არსებობს შერეული ტიპის მჟავები, რომლებიც კარბოქსილის ჯგუფს გვერდით ჯაჭვში შეიცავენ, ზოგადად მათ ცხიმოვან-არომატულ მჟავებს უწოდებენ. მაგ.: ტოლუოლმჟავას იზომერი - ფენილმმარმჟავა - **C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>2</sub>COOH**, უჯერ-არომატული დარიჩინის მჟავა - **C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH=CHCOOH** და სხვ.

### მიღება

ცხიმოვან-არომატული მჟავების მიღების მეთოდები ნაჯერი მჟავების მიღების მეთოდების ანალოგიურია. წმინდა არომატული მჟავების მიღებისათვის არსებობს რამდენიმე სპეციფიკური მეთოდი, რომელიც მოყვანილია 66-ე სქემაზე.

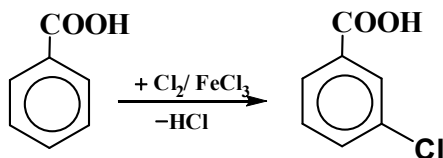
სქემა 66



### ქიმიური თვისებები

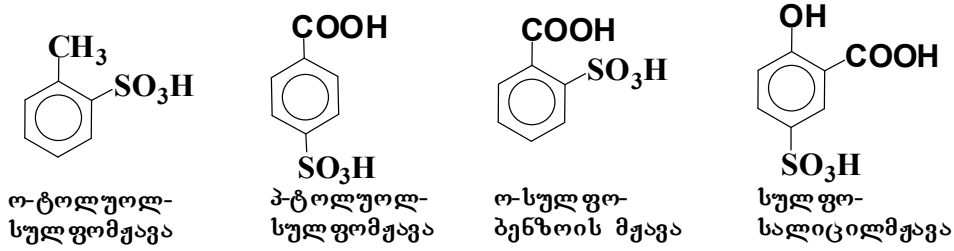
არომატული მჟავები მყარი კრისტალური ნივთიერებებია და გააჩნიათ ნაჯერი კარბონ-მჟავების ყველა თვისება. ამასთანავე, არომატული მჟავები უფრო ძლიერი მჟავებია, ვიდრე ნაჯერი კარბონმჟავები.

არომატული მჟავას ბირთვში მიმდინარე ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციებში კარბოქსილის ჯგუფი (მეორე რიგის ჩანაცვლებელი) მეტაორიენტანტი და დეზაქტივატორია. შესაბამისად ელექტროფილურ ჩანაცვლებას წარმართავს მეტამდგომარეობაში, მაგალითად:

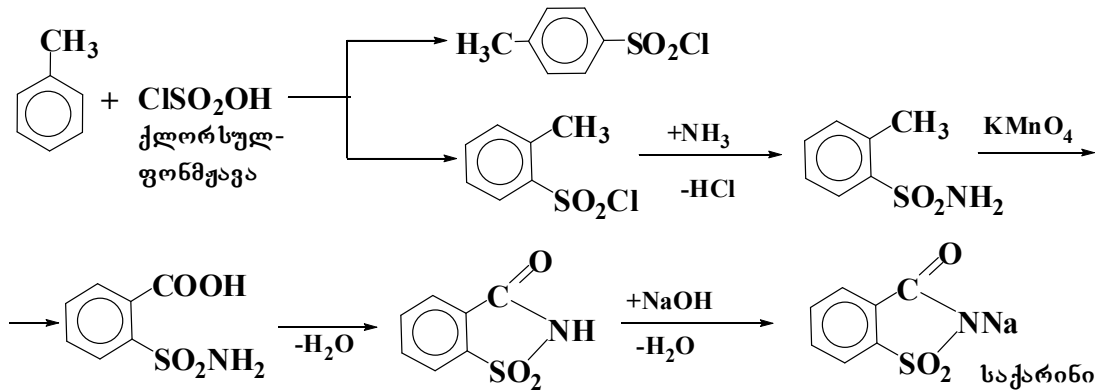


არომატული მჟავას ბენზოლის ბირთვში არსებული ელექტრონაქცეპტორული ჩანაცვლებები ზრდიან, ხოლო ელექტრონდონორული ამცირებენ მის სიძლიერეს. ეს გავლენა განსაკუთრებით საგრძნობია ორთო- და პარამდგომარეობიდან. მაგ., ჰალოგენ- და ნიტრობენზოის მჟავები გაცილებით ძლიერია ბენზოის მჟავასთან შედარებით. ბენზოის მჟავას ნიტრირებით (მანიტრირებელი ნარევი) მიიღება სამივე იზომერული ნიტრობენზოის მჟავების ნარევი: მეტა-იზომერი 78%, ორთო – 20%, პარა – 2%.

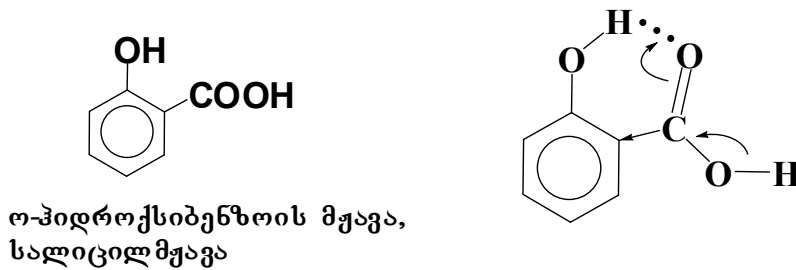
არმატული სულფომჟავებიდან აღსანიშნავია ბენზოლსულფომჟავა, *o*- და *p*-ტოლუოლ-სულფომჟავები და *o*-სოლფობენზოის მჟავა, აგრეთვე სულფოსალიცილის მჟავა.



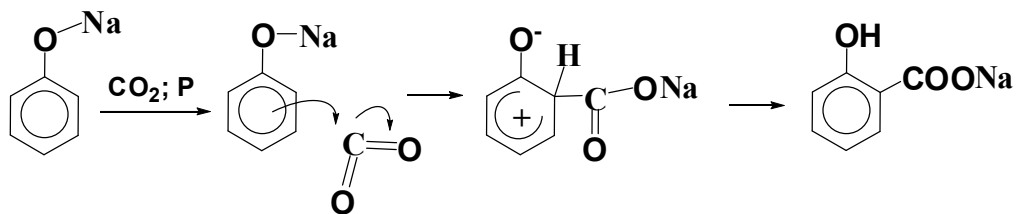
*o*-სოლფობენზოის მჟავას ამიდის ნატრიუმის მარილი – საქარინი საქაროსაზე 500-ჯერ ტკბილია. ის გამოიყენება კვების მრეწველობაში.



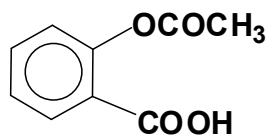
არმატული ჰიდროქსიმჟავებიდან პირველ რიგში აღსანიშნავია *o*-ჰიდროქსიბენზოის მჟავა – სალიცილის მჟავა. ამ ნაერთებისა და მათი მარტივი ეთერების მჟავური ბუნება შემცირებულია ბენზოის მჟავასთან შედარებით, რაც გამომწვეულია ელექტრონდონორული ჩამნაცვლებლების გავლენით. გამონაკლისია სალიცილის მჟავა, რომელიც შიგამოლეკულური წყალბადური ბმის გავლენით დაახლოებით 20-ჯერ ძლიერია ბენზოის მჟავაზე:



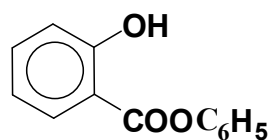
სალიცილის მჟავას იღებენ ნატრიუმის ფენოლატის კარბოქსილირებით (კოლბე-შმიდტის რეაქცია) მაღალი წნევის პირობებში:



სალიცილის მჟავას ზოგიერთი ნაწარმი გამოიყენება მედიცინაში. მაგ. საყოველთაოდ ცნობილი სიცხის დამწვევი საშუალება – ასპირინი (აცეტილსალიცილის მჟავა), დეზინფექციის საშუალება – სალოლი (სალიცილის მჟავას ფენილესტერი) და სხვ.

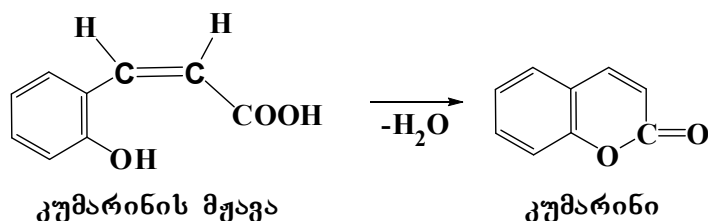


ასპირინი



სალთლი

საინტერესოა ო-ჰიდროქსიდარიჩინის მჟავა. ამ ნაერთის ერთ-ერთი გეომეტრიული იზომერი – კუმარინის მჟავა (ცის-ო-ჰიდროქსიდარიჩინის მჟავა) არსებობს მხოლოდ მარილების სახით, რომელთა ხსნარების შემჟავებისას მიიღება ლაქტონი – კუმარინი:



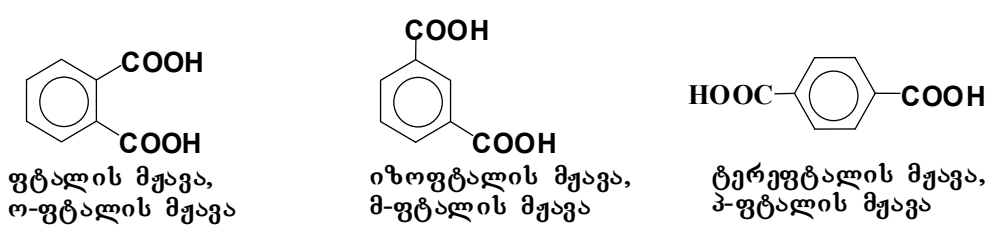
კუმარინის მჟავა

კუმარინი

კუმარინის ბირთვის შემცველი ნაერთები ბუნებრივი სურნელოვანი ნივთიერებების ერთერთი ყვლაზე გავრცელებული ჯგუფია.

საინტერესოა 3,4-დიჰიდროქსიბენზოის მჟავა – კატექინებისა და ანტოციანების ძირითადი სტრუქტურული შემადგენელი, აგრეთვე 3,4,5-ტრიჰიდროქსიბენზოის მჟავა – გალუს მჟავა – მისი გლიკოზიდები გვხვდება მრავალი ბუნებრივი მთრიმლავი ნივთიერებების შედგენილობაში. ამ მჟავების პიროლიზის პროდუქტებია შესაბამისად პიროკატექინი და პიროგალოლი (იხ. თავი 27.2 მრავალატომიანი ფენოლები).

ბენზოლდიკარბონმჟავები – ორფუძიანი არომატული მჟავების უმარტივესი წარმომადგენლები – არსებობენ სამი იზომერის სახით:

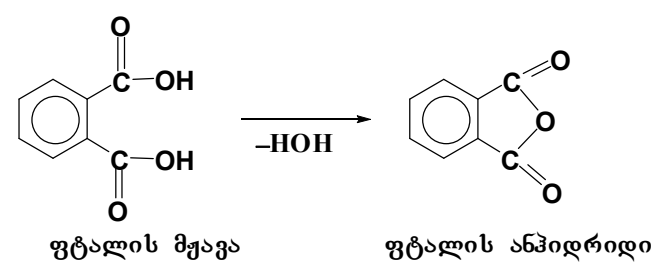


ფტალის მჟავა, ო-ფტალის მჟავა

იზოფტალის მჟავა, მ-ფტალის მჟავა

ტერეფტალის მჟავა, პ-ფტალის მჟავა

ორფუძიან არომატულ კარბონმჟავებს გააჩნიათ ორფუძიანი მჟავების ყველა თვისება. ისინი წარმოქმნიან ნაწარმების ორ რიგს. ამ სამი იზომერდან გამოირჩევა ფტალის მჟავა, რომელიც წარმოქმნის ციკლურ ანჰიდრიდს - ფტალის ანჰიდრიდს:

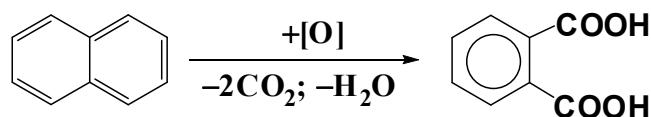


ფტალის მჟავა

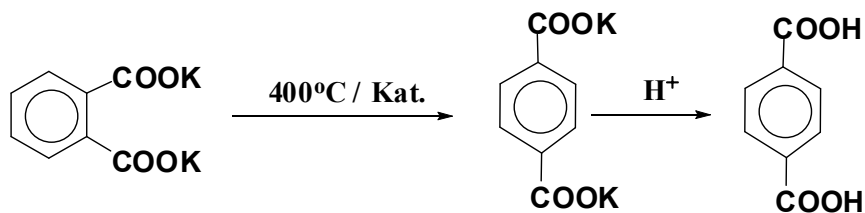
ფტალის ანჰიდრიდი

ორფუძიანი არომატული მჟავების მიღება შეიძლება არომატული მჟავების მიღების ყველა მეთოდით.

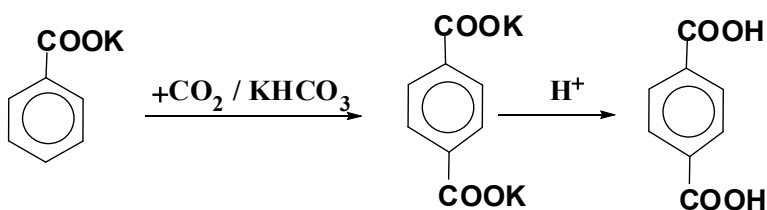
არსებობს სპეციფიკური მეთოდებიც. მაგალითად, ფტალის მჟავას იღებენ ნაფთალინის დაჟანგვით:



ტერეფტალის მჟავას - ფტალის მჟავას კალიუმის მარილის იზომერიზაციით:

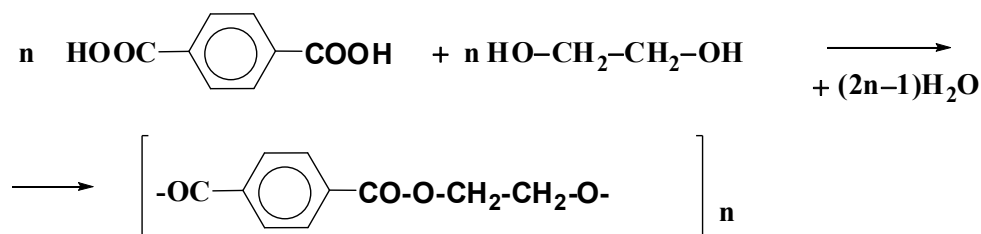


და ბენზოის მჟავას კალიუმის მარილის კარბოქსილირებით:



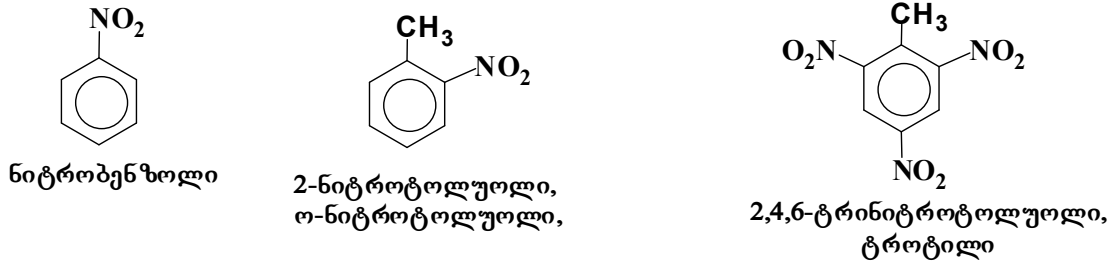
### გამოყენება

ფტალის მჟავა ძირითადად გამოიყენება ანჰიდრიდის სახით, გლიფტალური ფისების, საღებრების (ფენოლფტალეინი, ფლუორესცეინი) მისაღებად და სხვ. ტერეფტალის მჟავისა და ეთილენგლიკოლისაგან ამზადებენ პოლიამიდურ და პოლიესტერულ სინთეზურ ბოჭკოს, მაგ. ლავსანს (ტერილენი, დაკრონი):



### 30. არომატული ნიტრონაერთები

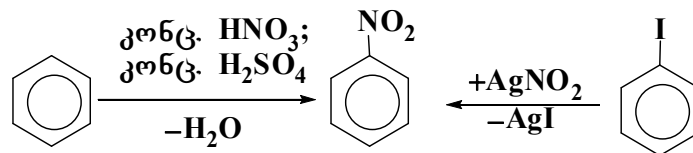
არომატული ნიტრონაერთები ორგანული ნაერთებია, რომლებიც ნიტროჯგუფს შეიცავენ ან უშუალოდ არომატულ ბირთვში, ან გვერდით ჯაჭვში. ქვემოთ მოყვანილია რამდენიმე უმარტივესი არომატული ნიტრონაერთის ფორმულა და სახელწოდებები:



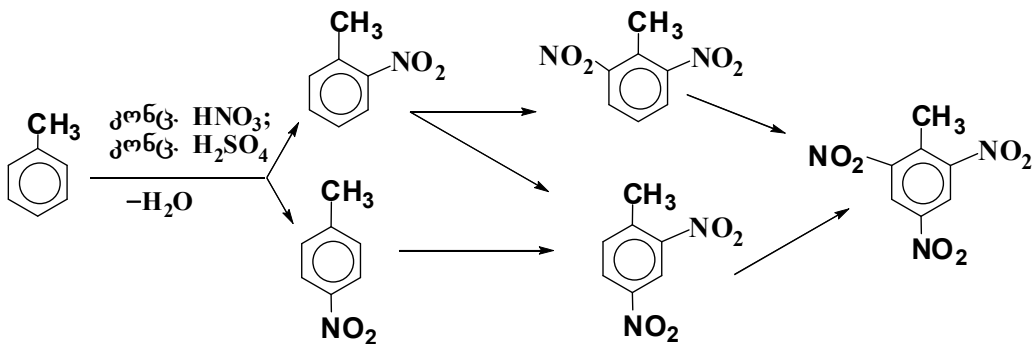
მიღება

სქემა 67

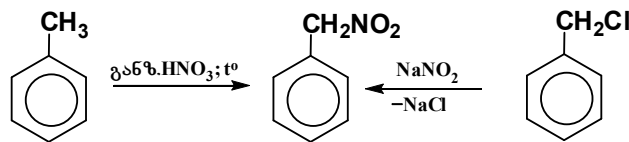
ნიტრობენზოლის:



ნიტროტოლუოლების



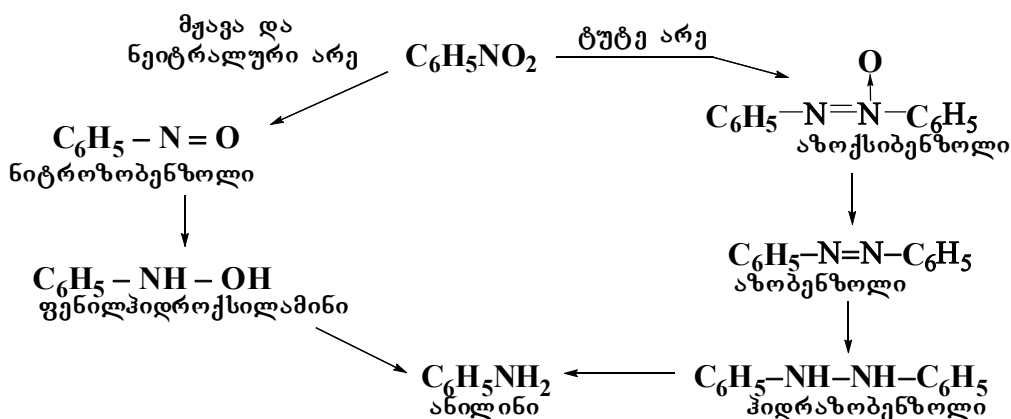
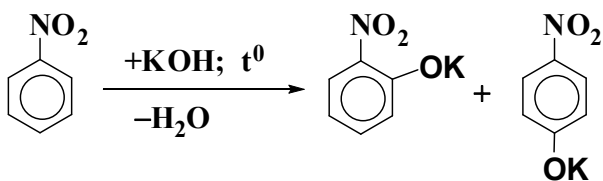
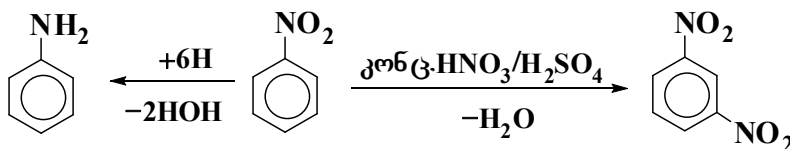
ო-ნიტროტოლუოლის (ფენილნიტრომეთანის)



ქიმიური თვისებები

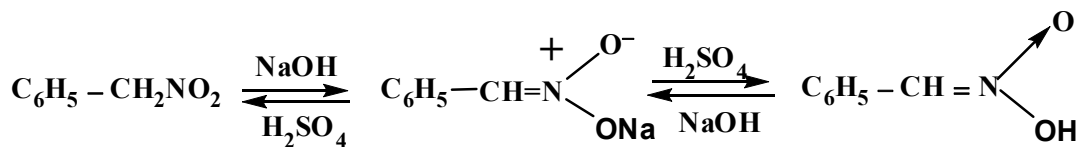
არომატული ნიტრონაერთების თვისებები (ნიტრობენზოლის მაგალითზე) მოყვანილია 68-ე სქემაზე.



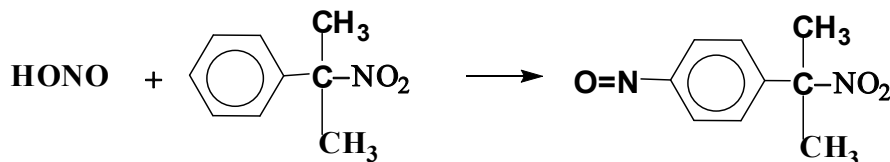


ანალოგიურ თვისებებს ამჟღავნებენ ცხიმოვან-არომატული ნიტრონაერთებიც.

პირველადი და მეორეული ნიტროალკანების მსგავსად ამ შემთხვევაშიც ხდება აცი-ფორმების წარმოქმნა, მაგრამ მათგან განსხვავებით არომატული ნიტრონაერთების აცი-ფორმა იმდენად მდგრადია, რომ შესაძლებელია მისი თავისუფალი სახით გამოყოფა:



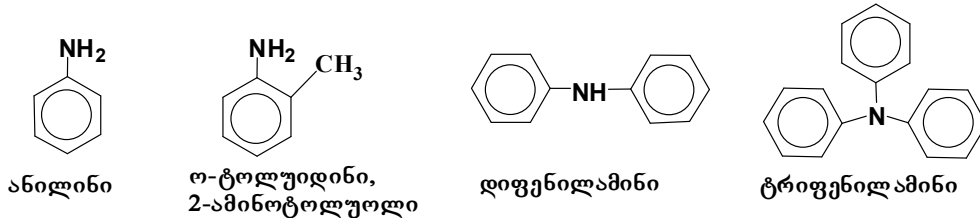
გამსხვავებულია აზოტოვანი მუავას მოქმედება მესამეულ ნიტრონაერთებზე (მესამეული ნიტროალკანები არ შედიან ამ რეაქციაში), რომელიც მიმდინარეობს არომატული ბირთვის C-ნიტროზირებით პარა-მდგომარეობაში:



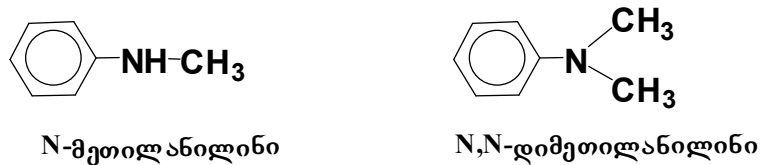
### 31. არომატული ამინები

არომატული ამინები ორგანული რადიკალის სახით შეიცავენ ბენზოლს ან მის ჰომოლოგებს. ისეთ მეორეულ ან მესამეულ ამინებს, რომლებიც შეიცავენ როგორც არომატულ, ისე ცხიმოვან (ნაჯერ) რადიკალებს, ცხიმოვან-არომატული ეწოდებათ. ქვემოთ მოყვანილია ამ ნაერთთა ზოგიერთი წარმომადგენელი და მათი სახელწოდება:

#### არომატული ამინები



#### ცხიმოვან-არომატული ამინები



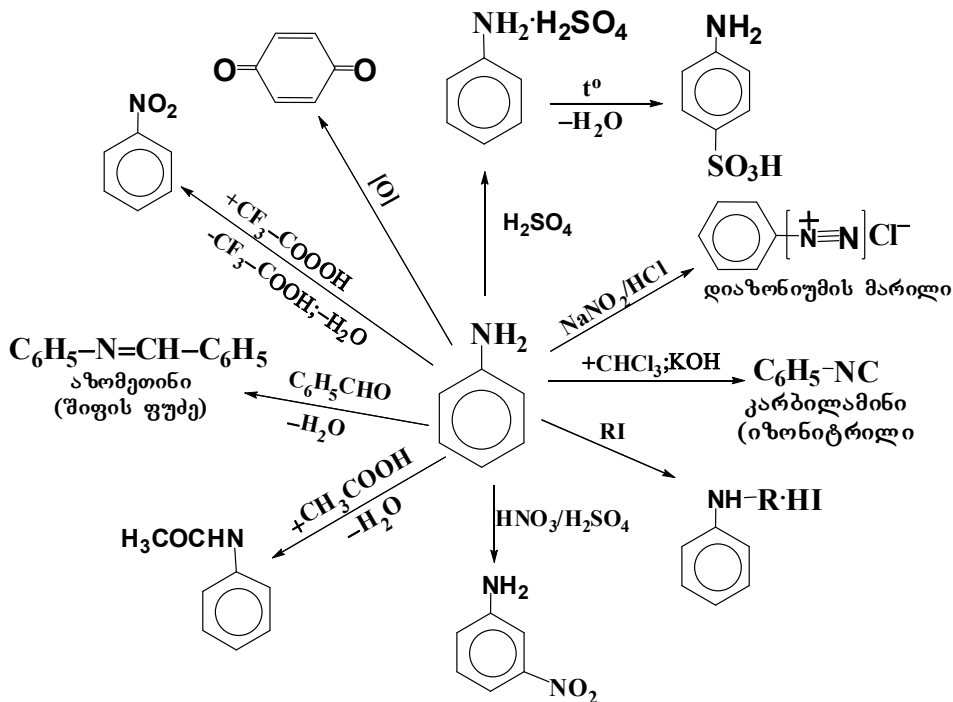
#### მიღება

არომატული ამინების მიღების ზოგადი მეთოდები ცხიმოვანი ამინების მიღების მეთოდების ანალოგიურია. ანილინის მიღების სამრეწველო მეთოდია ნიტრობენზოლის აღდგენა (იხ. სქემა 68).

#### ქიმიური თვისებები

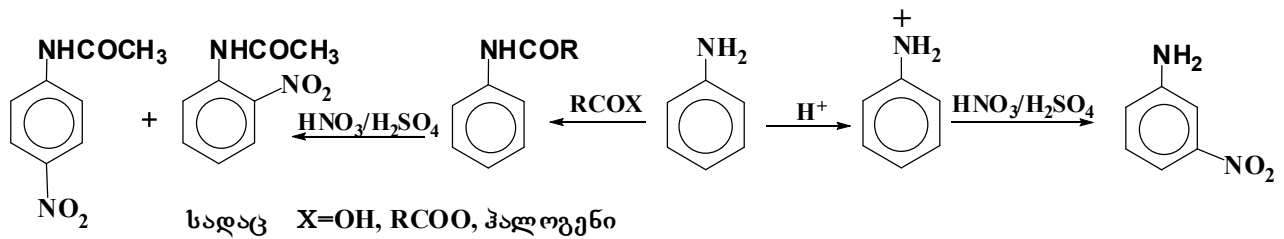
არომატული ამინები უფრო სუსტი ფუძეებია, ვიდრე ცხიმოვანი ამინები. ცხიმოვანი რადიკალის შეყვანა ზრდის ამინის ფუძე ბუნებას. ქიმიური თვისებებით არომატულ ამინებს ცხიმოვანი ამინების მსგავსი თვისებები აქვთ. არომატული ამინების თვისებები (ანილინის მაგალითზე) მოცემულია 69-ე სქემაზე:

სქემა 69

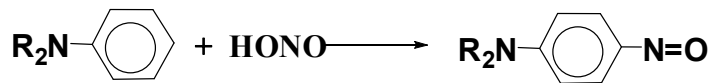


ანილინის და ალკილანილინების ნიტრირებით შეუძლებელია ო- და პ-ნიტროანილინების მიღება, ვინაიდან მჟავა არეში მიმდინარეობს აზოტის ატომის პროტონირება. პროტონირებული ამინო-ჯგუფი კი, არა დონორი, არამედ მძლავრი აქცეპტორია (იხილე ჩამნაცვლებლების რიგი თავი 25), რომელიც ამცირებს ბირთვის ელექტრონულ სიმკვრივეს. ამის გამო ნიტრირების რეაქცია ძნელდება. შედეგად დაბალი გამოსავლიანობით მიიღება მხოლოდ მ-ნიტროანილინი და დაჟანგვის პროდუქტები. ო- და პ-ნიტროანილინები მიიღება შემოვლითი გზით. ზემოთ აღწერილი არასასურველი პროცესების ასაცილებლად ახდენენ ამინოჯგუფის დაცვას აცილირებით. ამ მიზნით ყველაზე ხშირად იყენებენ ძმარმჟავას ან მის ანჰიდრიდებს (სქემა 70). აცილამინო-ჯგუფი პირველი რიგის ჩამნაცვლებელია (აქტივატორი და ო-პ-ორიენტატორი). ამ გზით ძირითადად პ-იზომერი მიიღება - 92%.

სქემა 70



განსხვავებულად მოქმედებს აზოტოვანი მჟავა მესამეულ ცხიმოვან-არომატულ ამინებთან (დიალკილანილინებთან). ამ შემთხვევაშიც, მესამეული ცხიმოვან-არომატული ნიტრონაერთების მსგავსად, რეაქცია მიმდინარეობს არომატული ბირთვის **C-ნიტროზირებით** პარამდგომარეობაში:



### გამოყენება

არომატული ამინები გამოიყენება პლასტმასების, საღებარების, სამკურნალო ნივთიერებების და სხვა წარმოებაში.

### 32. არომატული დიაზო- და აზონაერთები

არომატული დიაზო- და აზონაერთები შეიცავენ აზოტის ორი ატომისაგან შემდგარ დაჯგუფებას - აზოჯგუფს (**-N=N-**). დიაზონაერთებში აზოჯგუფი დაკავშირებულია ერთ არომატულ რადიკალთან და ერთ მჟავას ნაშთთან (ან ჰიდროქსილის ჯგუფთან); მათი ზოგადი ფორმულაა: **Ar-N=N-X**.

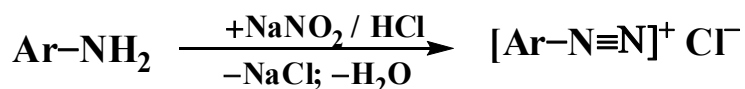
აზონაერთებში აზოჯგუფი დაკავშირებულია ორ არომატულ რადიკალთან და მათი ზოგადი ფორმულაა: **Ar-N=N-Ar**.

დიაზონაერთები მიიღებიან პირველად ამინებიდან აზოტოვანი მჟავას მოქმედებით. ამ რეაქციას დიაზოტირების რეაქცია ეწოდება.

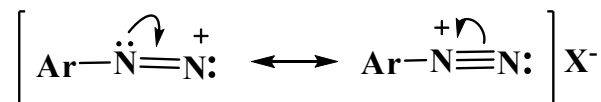
დიაზონაერთები, თავის მხრივ, იყოფა ორ ჯგუფად:

1. საკუთრივ დიაზონაერთები **Ar-N=N-X**

2. დიაზონიუმის მარილები **[Ar-N≡N]<sup>+</sup>X<sup>-</sup>**. დიაზონიუმის მარილები მიიღება პირველადი არომატულ ამინებიდან დიაზოტირების რეაქციით:



დიაზოკატიონი - არის შეუღლებული იონი, რომელშიც თითოეულ აზოტის ატომზე არის დადებითი მუხტი:



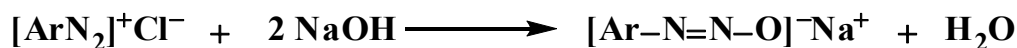
დიაზომარილები ტუტეების მოქმედებით გარდაიქმნებიან დიაზოჰიდრატებად:



დიაზოჰიდრატები თავისუფალი სახით არ არსებობენ. მჟავების მოქმედებით იძლევიან დიაზონიუმის მარილებს, ხოლო ტუტეების მოქმედებით დიაზოტატებს:



ამრიგად, დიაზონიუმის მარილების ურთიერთქმედების სქემა შეჯამებულად ასე გამოიხატება:



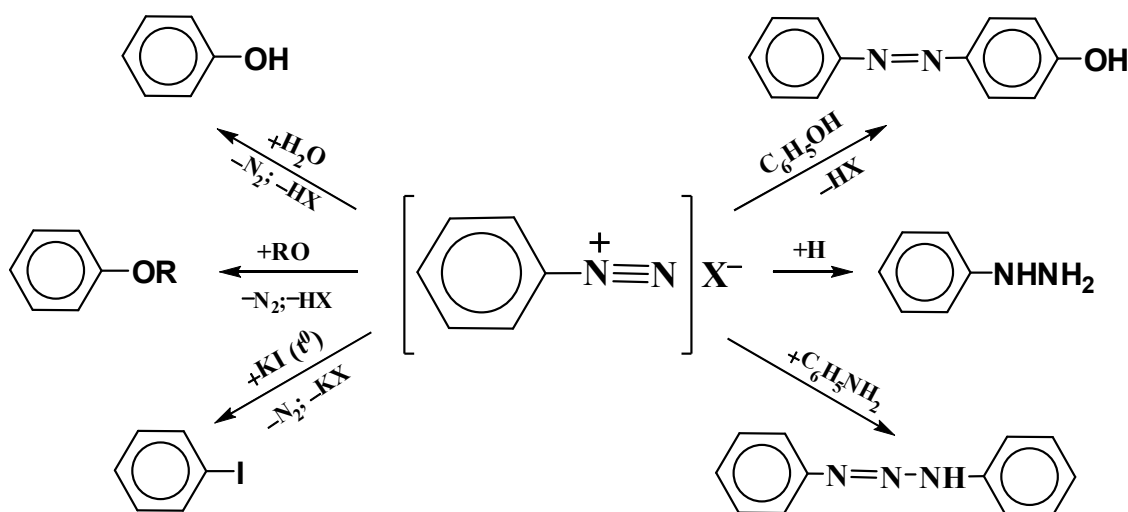
დიაზონიუმის მარილები კრისტალური, ძალზე ფეთქებადი ნივთიერებებია.

ქიმიური თვისებები

დიაზონიუმის მარილებს ახასიათებთ ორი ტიპის რეაქციები:

1. რეაქციები აზოტის გამოყოფის გარეშე - აზოშეუღლებების რეაქციები
2. რეაქციები აზოტის გამოყოფით

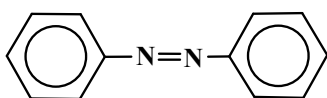
დიაზონიუმის მარილების ქიმიური თვისებები მოცემულია 71-ე სქემაზე.



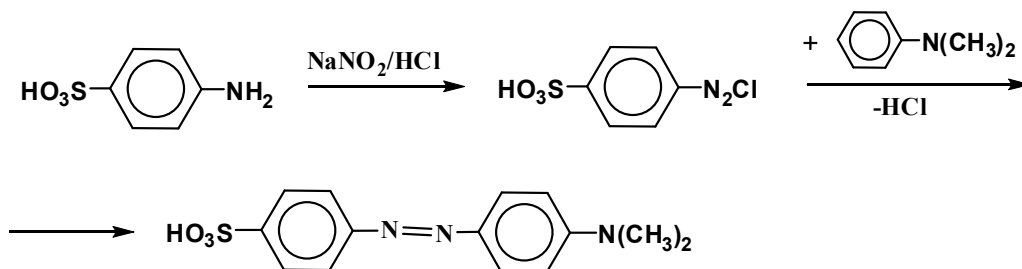
აზოტის გამოყოფით მიმდინარე რეაქციები

აზოტის გამოყოფის გარეშე მიმდინარე რეაქციები

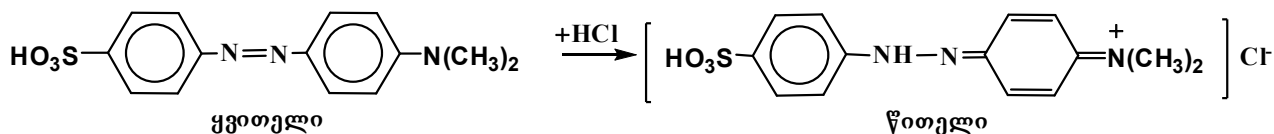
დიაზონიუმის მარილები შედიან აზოშეუღლების რეაქციებში აქტივირებული არომატული ბირთვის შემცველ ნაერთებთან - ფენოლებთან და არომატულ ამინებთან, აგრეთვე მოძრავი წყალბადატომის მქონე ნაერთებთან. შედეგად მიიღება აზონაერთები -  $Ar-N=N-R$ , მათ შორის აზოსაღებარები, რომლებშიც  $R$ - არომატული ან ჰეტეროციკლური რადიკალია. ამრიგად, უმარტივესი აზოსაღებარების საფუძველს წარმოადგენს აზობენზოლის სტრუქტურა:



მაგალითად, მეთილნარინჯს იღებენ სულფანილის მჟავას დიაზოტირებით მიღებული დიაზონიუმის მარილის აზოშეუღლებით დიმეთილანილინთან:



მეთილნარინჯი წარმოადგენს ინდიკატორს. ნეიტრალურ და ტუტე არეში ( $pH \geq 7$ ) იგი ყვითელია, მჟავე არეში ( $pH < 7$ ) - წითელი. ფერის ასეთი ცვლილების მიზეზი ისაა, რომ მჟავე არეში ამ მოლეკულაში დიმეთილამინო ჯგუფის აზოტის ატომის პროტონირების შემდეგ ბენზოლის ბირთვი ქინოიდურ სტრუქტურას იძენს:



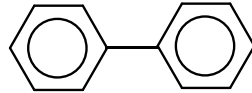
### 33. მრავალბირთვიანი არომატული ნაერთები

არსებობს ორის ტიპის მრავალბირთვიანი არომატული ნახშირწყალბადები: არაკონდენსირებული ბირთვებით და კონდენსირებული ბირთვებით.

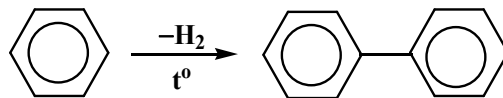
#### 33.1. არომატული ნახშირწყალბადები არაკონდენსირებული ბირთვებით.

არაკონდენსირებული არომატული ნახშირწყალბადების მთავარი ტიპებია: ბიფენილის (დიფენილის), დიფენილმეთანის, ტრიფენილმეთანის და ტეტრაფენილმეთანის .

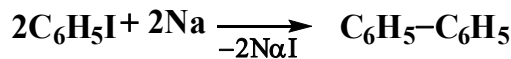
**ბ ი ფ ე ნ ი ლ ს ( დ ი ფ ე ნ ი ლ ს )** შემდეგი აგებულება აქვს:



ბიფენილი მრეწველობაში მიიღება ქვანახშირის კუპრიდან ან ბენზოლის გატარებით გავარვარებულ რკინის მილში (ბენზოლის პიროლიზი):

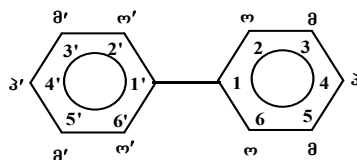


ბიფენილის მიღება ლაბორატორიაში ხდება იოდბენზოლზე მეტალური ნატრიუმის ან სპილენძის მოქმედებით:

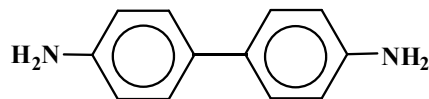


ბიფენილი უფერო კრისტალებია; ლღობის ტემპერატურა 70°C, დუღილის ტემპერატურა 254 °C.

ჩამნაცვლების ადგილი ბიფენილში აღინიშნება ციფრებით ან ტერმინებით ორთო - 2,6,2',6', მეტა - 3,5,3',5', პარა - 4,4':

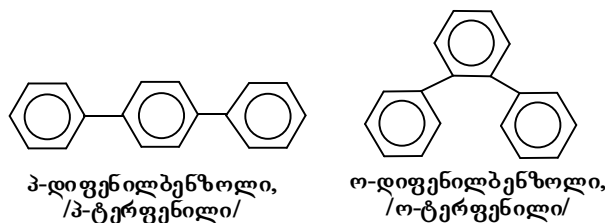


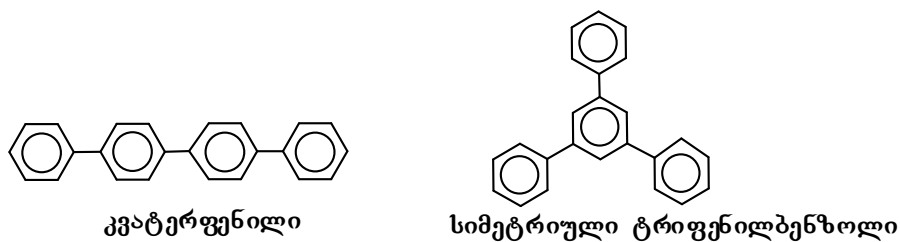
ბიფენილის უმნიშვნელოვანეს ნაწარმს წარმოადგენს ბენზიდინი - 4,4'-დიამინოდიფენილი:



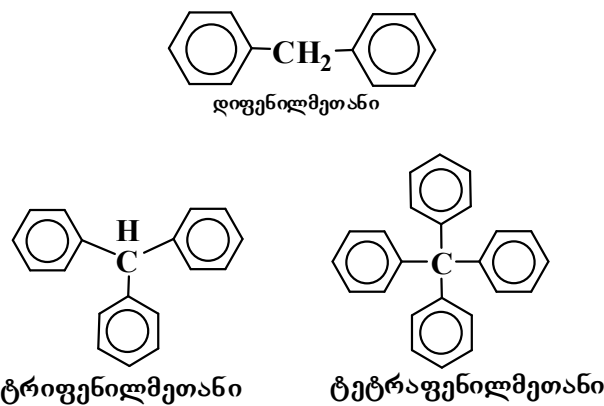
რომელიც ფართოდ გამოიყენება აზოსაღებრების წარმოებაში.

ქვემოთ მოყვანილია ზოგიერთი მრავალბირთვიანი დიფენილის ტიპის ნახშირწყალბადების - პოლიფენილების აღნაგობა:

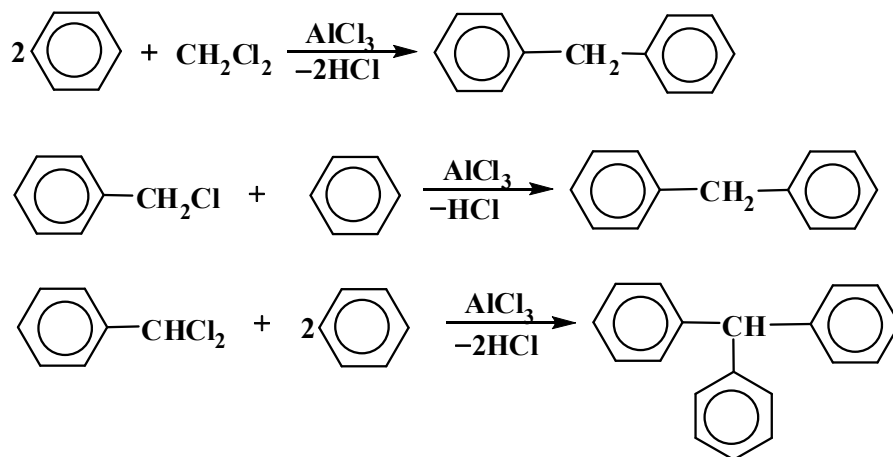




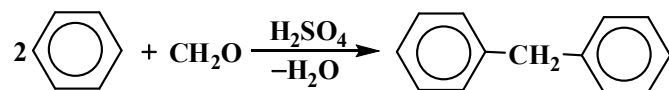
ქვემოთ მოყვანილია დი-, ტრი- და ტეტრაფენილმეთანის აღნაგობა:



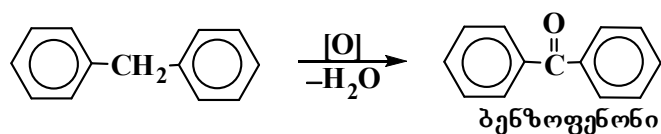
პოლიფენილმეთანები მიიღება ფრიდელ-კრაფტსის რეაქციით. მაგ.: დიფენილმეთანი:



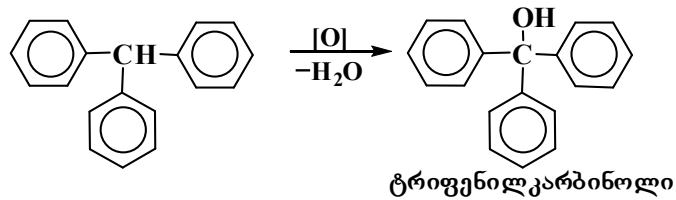
ან კონდენსაციის რეაქციით:



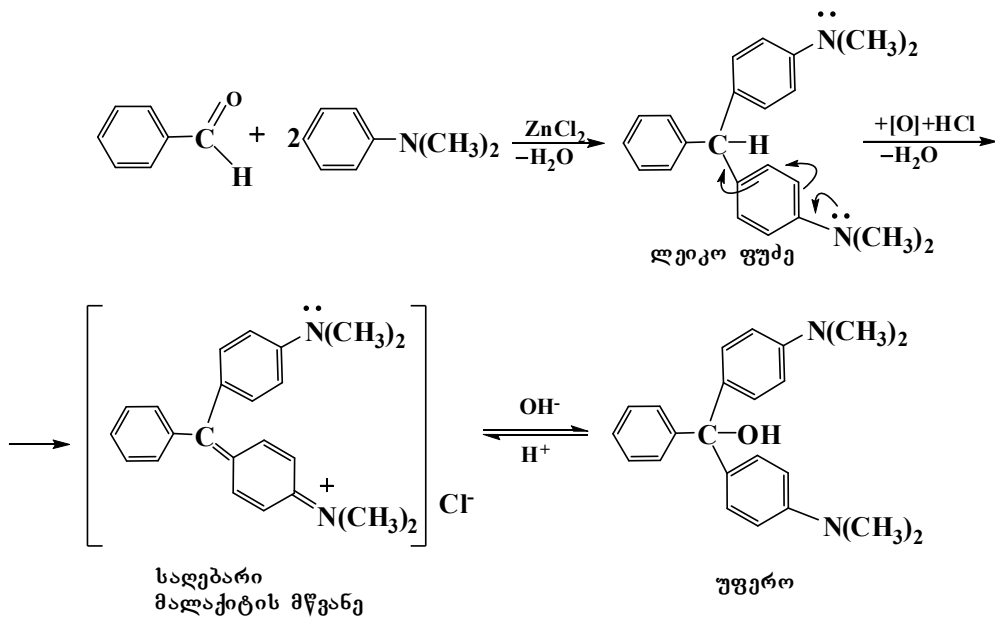
დი- და პოლიარილმეთანებს ახასიათებთ არომატული ნაერთების ყველა თვისება. გარდა ამისა, ცენტრალურ ატომთან დაკავშირებული წყალბადატომები მაღალი ძვრადობით გამოირჩევიან - ადვილად შედიან ჩანაცვლების და დაჟანგვის რეაქციებში, რაც შესაბამისი შუალედური ნაწილაკების მდგრადობით არის განპირობებული. მაგ.: დიფენილმეთანის დაჟანგვით მიიღება ბენზოფენონი,



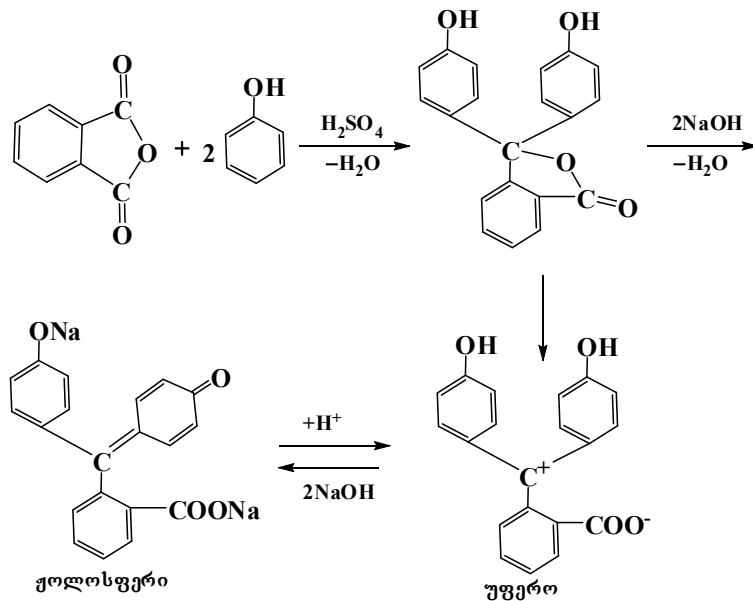
ხოლო ტრიფენილმეთანის დაჟანგვით – ტრიფენილკარბინოლი:



ტრიფენილკარბინოლში და მის ნაწარმებში ძალიან ადვილია ჰიდროქსილის ჯგუფის მოხლერა ანიონის ან რადიკალის სახით. მოხლერის შედეგად წარმოქმნილი ტრიფენილმეთანის რადიკალი ან კატიონი საკმაოდ მდგრადი ნაწილაკებია, რომელთა სტაბილიზაციაში მონაწილეობას იღებენ ბენზოლის ბირთვები, განსაკუთრებით მაშინ თუ პარა მდგომარეობაში შეიცავენ ამინო ჯგუფს ან ჟანგბადატომს. ამის მაგალითებია ტრიფენილმეთანის საღებარები, მაგალითად მალაქიტის მწვანე და ფენოლფტალეინი:

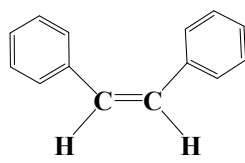


ფტალის ანჰიდრიდის კონდენსაციით ფენოლთან მიიღება ინდიკატორი ფენოლფტალეინი, რომელიც ფუძე არეში ჟოლოსფერი საღებარია – შეფერილობა ამ შემთხვევაშიც ერთერთი ბირთვის ქინოიდური მდგომარეობით არის გამოწვეული – მჟავა არეში კი უფერო ლაქტონურ ფორმას იბრუნებს:

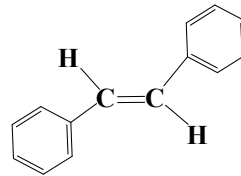




არომატულ ნაერთთა ერთ-ერთ საინტერესო ჯგუფს შეადგეს დიფენილეთანი, დიფენილეთენი და მათი ნაწარმები. განსაკუთრებით აღსანიშნავია 1,2-დიფენილეთენი, ანუ სტილბენი, რომელიც ორი გეომეტრიული იზომერის სახით არსებობს:

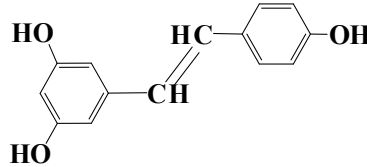


ცის-სტილბენი



ტრანს-სტილბენი

ტრანს-სტილბენის ნაწარმი – რეზვერატროლი – ერთერთი ყველაზე ძლიერი ანტიოქსიდანტია, სხვა პოლიფენოლებთან ერთად ის დიდი რაოდენობით გვხვდება ნითელ ღვინოში

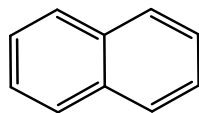


რეზვერატროლი

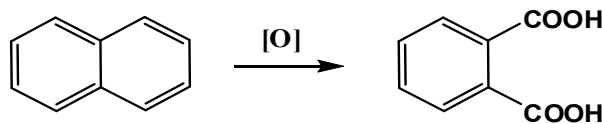
### 33.2. არომატული ნახშირწყალბადები კონდენსირებული ბირთვებით.

#### 33.2.1. ნაფთალინი

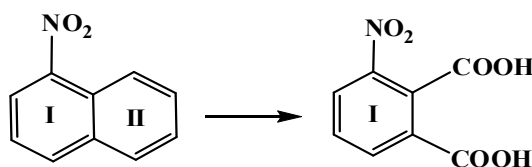
კონდენსირებული არომატული ნახშირწყალბადების უმარტივესი წარმომადგენელია ნაფთალინი  $C_{10}H_8$ . იგი აღმოჩენილია 1818წ. ჰარდენისა და ბრანდის მიერ (ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად). სახელწოდება წარმოიქმნა სიტყვა „ნაფტასაგან“, რაც ნავთობის აქროლად ნაწილს ნიშნავს. ნაფთალინის შედგენლობა დაადგინა ა.ვოსკრესენსკიმ 1858 წ., ხოლო აგებულება - ერლენმეიერმა 1866 წ.



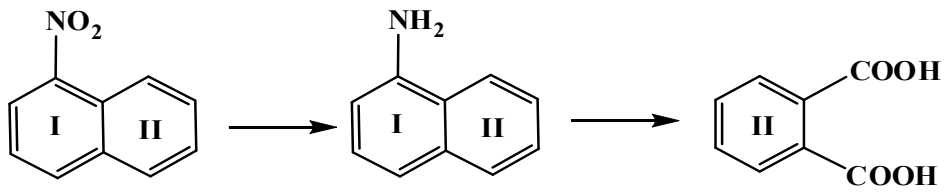
ნაფთალინში ორი ბენზოლის ბირთვის არსებობა მტკიცდება შემდეგნაირად: ნაფთალინის დაჟანგვის შედეგად მიიღება ფთალის მჟავა, რაც, ნაფთალინში ერთი ბენზოლის ბირთვის არსებობას ამტკიცებს:



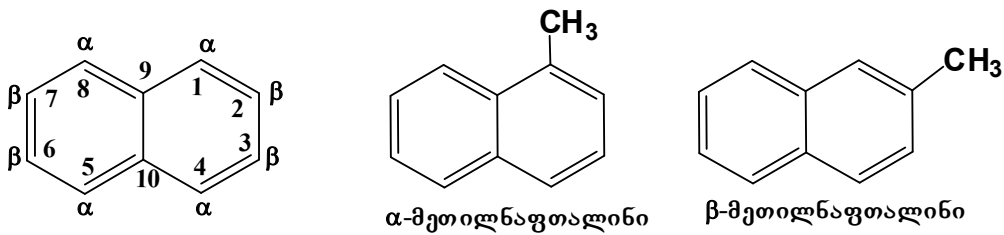
ნაფთალინის ნიტრირებით ადვილად მიიღება  $\alpha$ -ნიტრონაფთალინი, რომლის დაჟანგვის შედეგად წარმოიქმნება 3-ნიტროფთალის მჟავა. მაშასადამე, ნიტროჯგუფის შემცველი ბირთვი არის ბენზოლის.



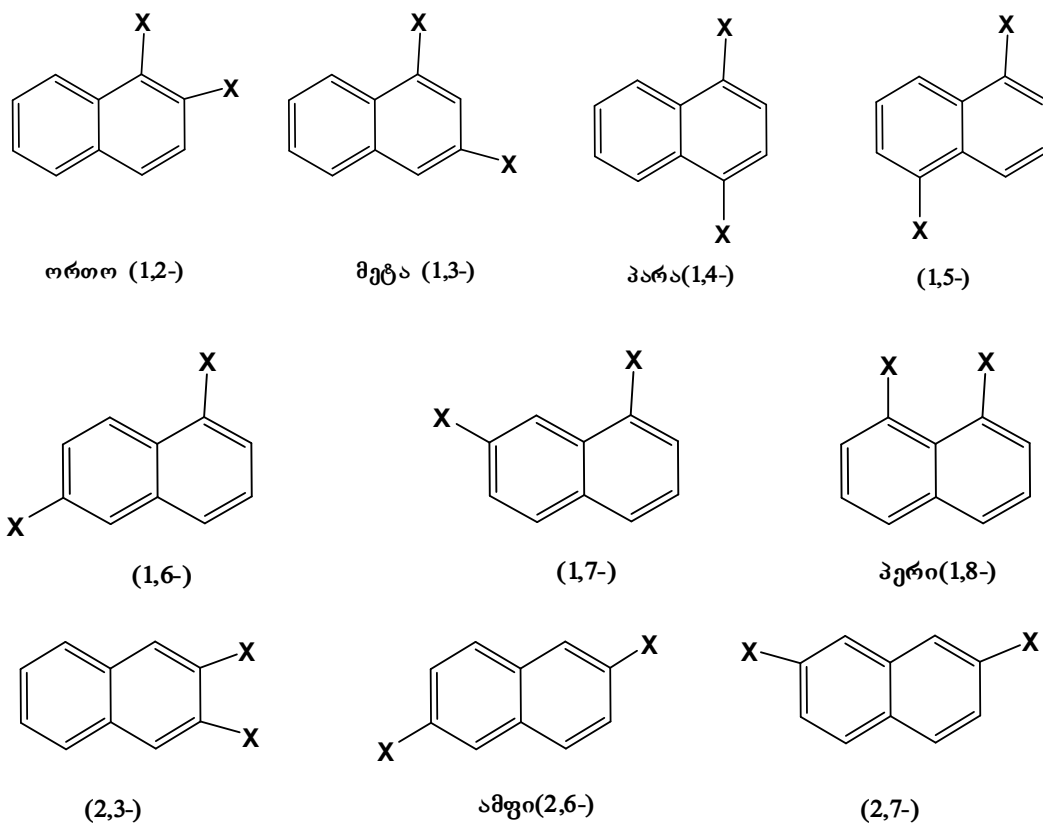
$\alpha$ -ნიტრონაფთალინის აღდგენით მიიღება  $\alpha$ -ნაფთილამინი, რომლის დაჟანგვით მიიღება ფტალის მჟავა. ამ შემთხვევაში ირღვევა ის ბირთვი, რომელიც ადრე (აღდგენამდე) შეიცავდა ნიტროჯგუფს. ამით დასტურდება, რომ მეორე ბირთვიც ბენზოლისაა:



ე.ი. ნაფთალინის მოლეკულა შეიცავს ორ კონდენსირებულ ბენზოლის ბირთვს. ერთნაწილობრივი ნაფთალინები, ბენზოლისგან განსხვავებით, არსებობენ ორი იზომერის სახით:  $\alpha$ -(1,4,5,8) და  $\beta$ -(2,3,6,7):

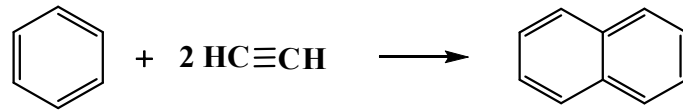


ორნაწილობრივი ნაფთალინებისათვის შესაძლებელია 10 იზომერის არსებობა. ზოგიერთ მათგანს აქვს სპეციფიური სახელი:

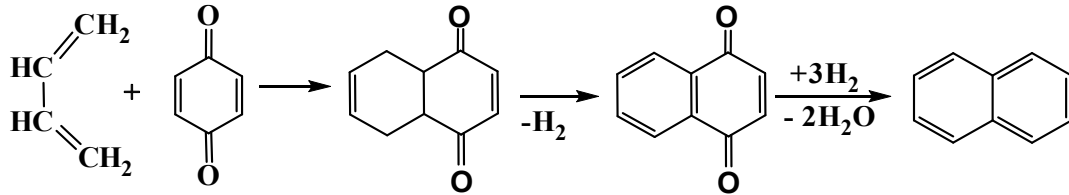


სანარმოო მეთოდით ნაფთალინს იღებენ ქვანახშირის კუპრიდან და ნავთობის პიროლიზის პროდუქტებიდან. ლაბორატორიაში მას იღებენ შემდეგი მეთოდებით:

ბენზოლის და აცეტილენის ორთქლის გატარებით გავარვარებულ მილში:



დივინილის ქინონთან ციკლოკონდენსაციის შედეგად მიღებული ადუქტის დეჰიდრირებით და შემდგომი აღდგენით:

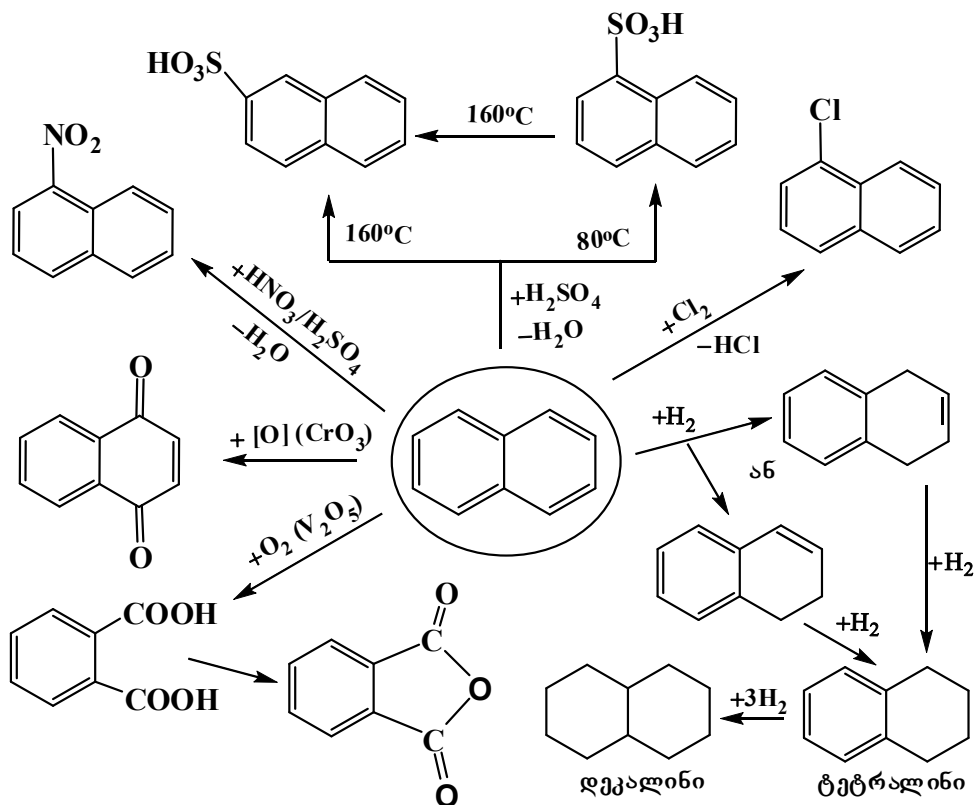


ნაფთალინი მზინავი კრისტალური, სპეციფიკური სუნის, ძალზე აქროლადი ნივთიერებაა. მისი ლღობის ტემპერატურაა  $80^\circ\text{C}$ , დუღილის ტემპერატურა  $-218^\circ\text{C}$ .

ნაფთალინი ბენზოლზე ადვილად შედის ჩანაცვლების რეაქციებში. ჩანაცვლებელი როგორც წესი ორიენტირდება  $\alpha$ -მდგომარეობაში, ვინაიდან შესაბამისი  $\sigma$ -კომპლექსი (41,8კჯ/მ) უფრო მდგრადია ალტერნატიულ,  $\beta$ -მდგომარეობის,  $\sigma$ -კომპლექსთან შედარებით.

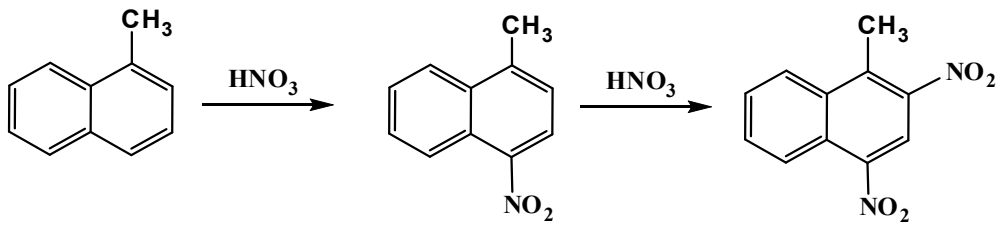
ნაფთალინის ქიმიური თვისებები მოყვანილია 72-ე სქემაზე

სქემა 72

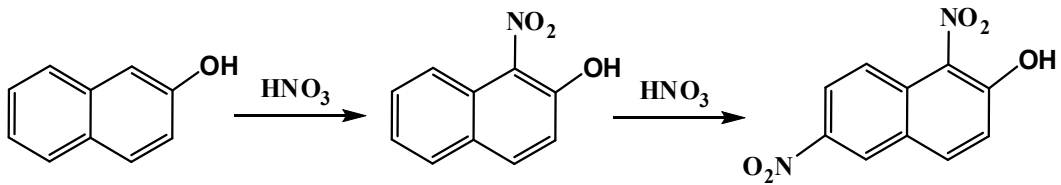


ნაფთალინის ბირთვში ჩანაცვლების ორიენტაციის წესი ბენზოლის ბირთვში ორიენტაციის წესის ანალოგიურია. გარკვეული თავისებურება შეაქვს მეორე ბირთვისა და არატოლფასი ქიმიური ბმების არსებობას. ჩანაცვლების მიმართულებას განსაზღვრავს პირველი ჩანაცვლებლის ორიენტაციული გავლენა და ბირთვის  $\alpha$ - და  $\beta$ -მდგომარეობების განსხვავებული რეაქციის უნარიანობა.

1. თუ პირველი რიგის ჩანაცვლებელი განლაგებულია  $\alpha$ -ნახშირბადატომთან - მიიღება  $\beta$ -ჩანაცვლების პროდუქტი, შემდგომი ჩანაცვლება ხდება იმავე ბირთვის  $\alpha$ -მდგომარეობაში:

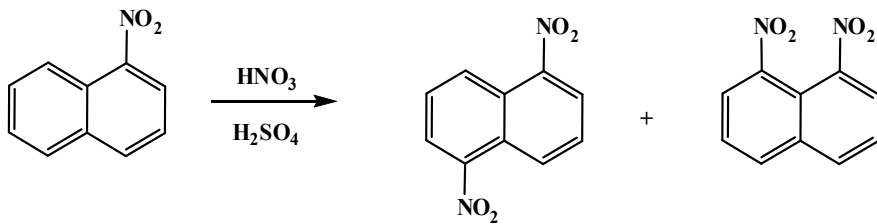


2. თუ პირველი რიგის ჩამნაცვლებელი განლაგებულია  $\beta$ -ნახშირბადატომთან - მიიღება  $\alpha$ -ჩანაცვლების ( $\alpha$ -მდგომარეობაში) პროდუქტი, შემდგომი ჩანაცვლება ხდება მეორე ბირთვის მე-6 მდგომარეობაში:

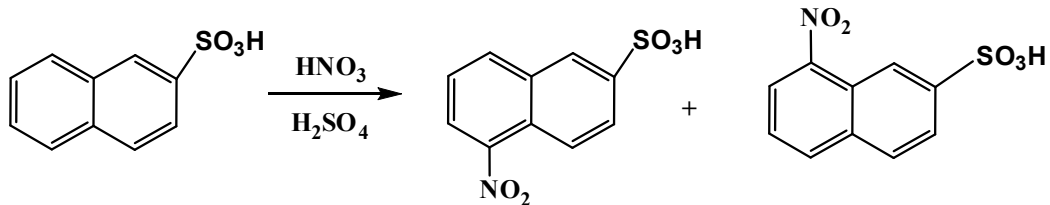


3. ბირთვი, რომელიც შეიცავს მეორე რიგის ჩამნაცვლებელს, დეზაქტივირებულია ელექტროფილური ჩანაცვლების მიმართ და ახალი ჩამნაცვლებელი წარიმართება მეორე ბირთვში.

4. თუ მეორე რიგის ჩამნაცვლებელი განლაგებულია  $\alpha$ -ნახშირბადატომთან - მიიღება მე-5 მდგომარეობაში და პერი-ჩანაცვლების პროდუქტები:

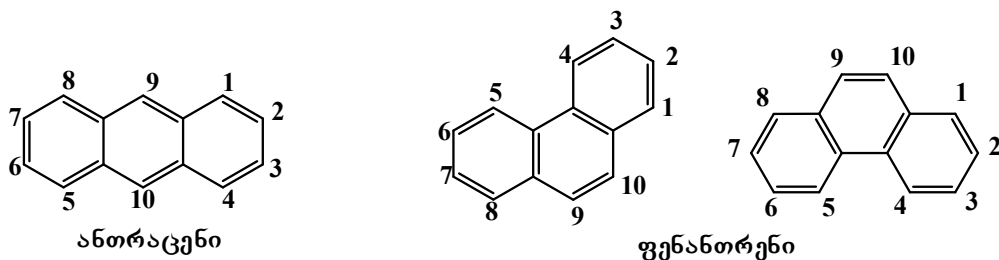


5. თუ მეორე რიგის ჩამნაცვლებელი განლაგებულია  $\beta$ -ნახშირბადატომთან მიიღება მე-5 და მე-8 მდგომარეობაში ჩანაცვლების პროდუქტები:



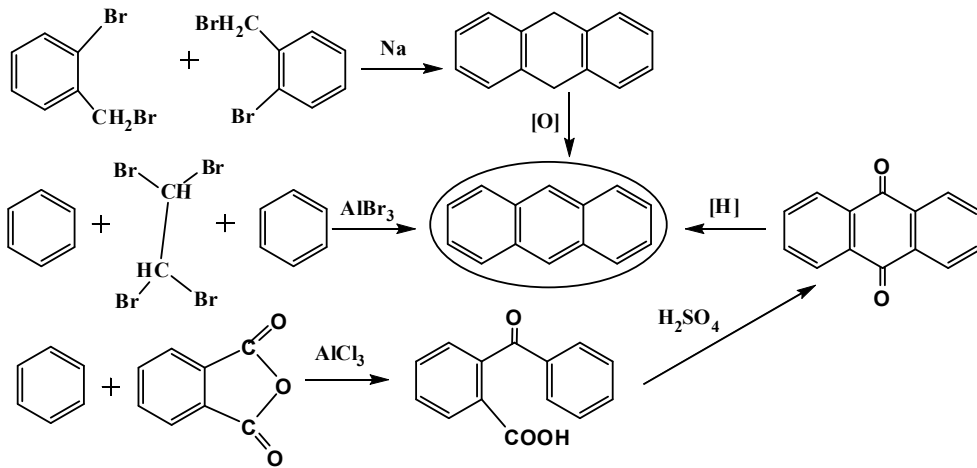
### 33.2.2. ანთრაცენი და ფენანთრენი

ანთრაცენისა და ფენანთრენის მოლეკულური ფორმულაა  $C_{14}H_{10}$ . ორივე შეიცავს ბენზოლის სამ ბირთვს, იმ განსხვავებით, რომ ანთრაცენი წრფივად კონდენსირებული (წრფივი აღნაგობის) ნაერთია, ხოლო ფენანთრენი კუთხურად კონდენსირებული (ანგულარული აღნაგობის) ნაერთია:

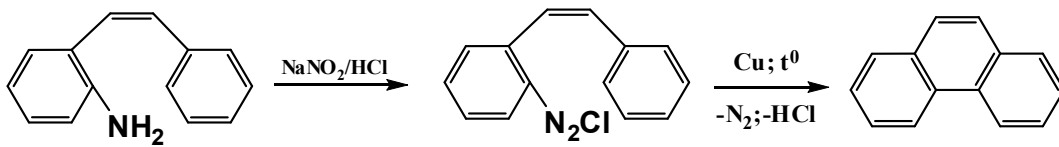


ანთრაცენს და ფენანთრენს იღებენ ქვანახშირის კუპრიდან. ორივე უფერო კრისტალური ნივთიერებაა, ანთრაცენის ლღობის ტემპერატურაა  $217^{\circ}\text{C}$ , ფენანთრენის -  $101^{\circ}\text{C}$ . ანთრაცენის მიღების ხერხები მოცემულია 73-ე სქემაზე:

სქემა 73

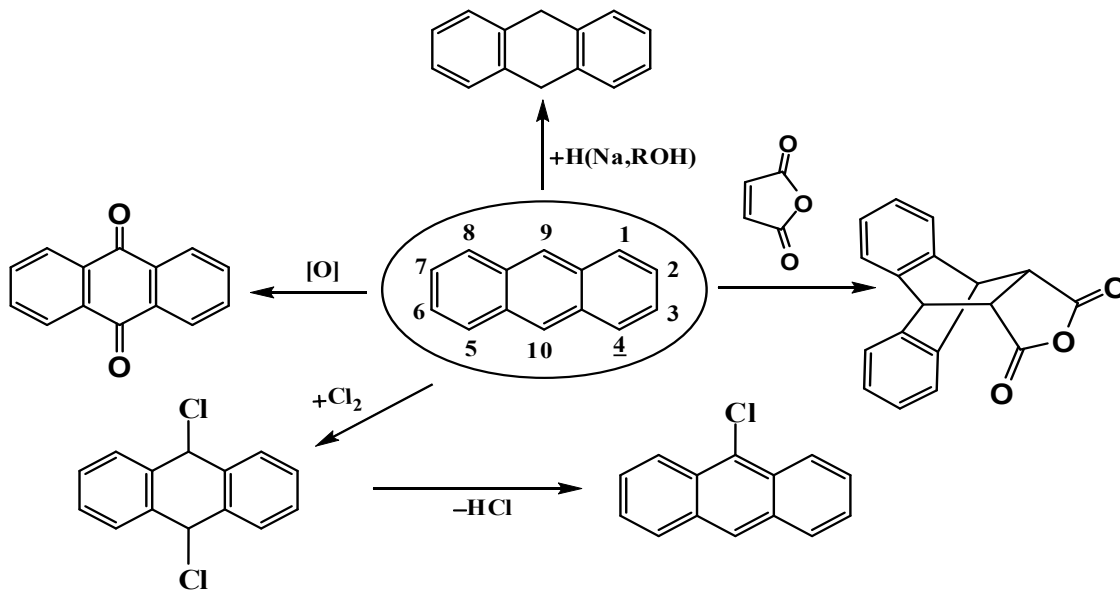


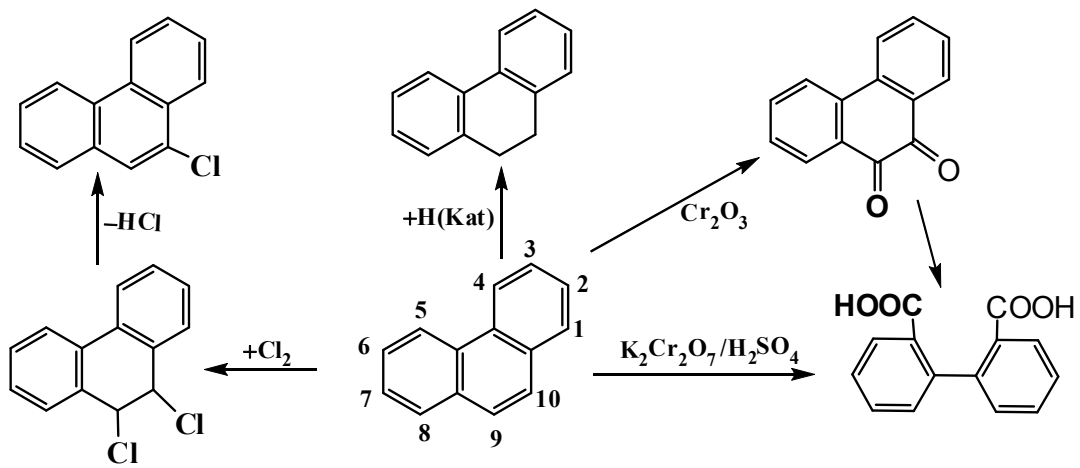
ფენანთრენი მიიღება ცის-2-ამინოსტილბენის დიაზოტირებით და წარმოქმნილი დიაზონაერთის გაცხელებით:



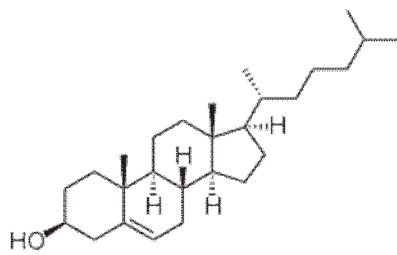
ანთრაცენისა და ფენანთრენის ქიმიური თვისებები მოყვანილია 74-ე სქემაზე. აღსანიშნავია, რომ ანთრაცენსა და ფენანთრენში აქტიურია მე-9 და 10 მდგომარეობები. ამასთან, ეს ნაერთები უჯერ ბუნებასაც ამჟღავნებენ.

სქემა 74

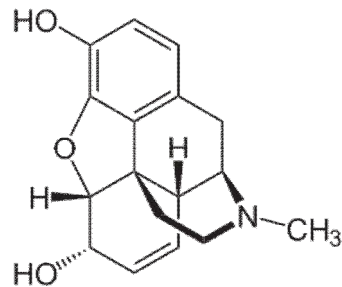




ანთრაცენი და ფენანთრენი გამოიყენება საღებრების ქიმიაში. ფენანთრენის ბირთვი შედის მრავალი ბუნებრივი პროდუქტის შედგენილობაში. ესენია: სტეროიდები, ჰორმონები, ალკალოიდები.



ქოლესტერინი

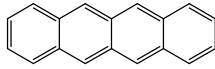


მორფინი

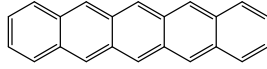
### 34. უმაღლესი პოლიციკლური ნახშირწყალბადები

უმაღლესი პოლიციკლური ნახშირწყალბადები შესაძლებელია დაიყოს სამ ჯგუფად: 1. წრფივი მრავალბირთვიანი ნახშირწყალბადები, 2. ანგულარული აგებულების მრავალბირთვიანი ნახშირწყალბადები, 3. სამი და მეტი ნახშირბადატომებით კონდენსირებულ მრავალბირთვიან ნახშირწყალბადები.

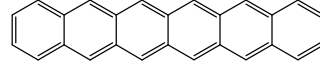
წრფივი მრავალბირთვიანი ნახშირწყალბადების წარმომადგენლებია ტეტრაცენი, პენტაცენი და ჰექსაცენი:



**ტეტრაცენი  
(ნაფტაცენი)**



**პენტაცენი**

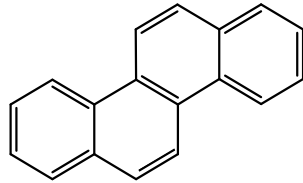


**ჰექსაცენი**

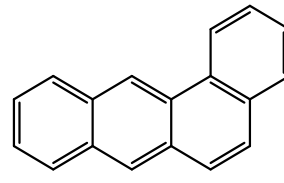
ბირთვების რიცხვის ზრდასთან ერთად ხდება ფერის გაღრმავება და ნახშირწყალბადების მდგრადობის შემცირება. ანთრაცენი უფეროა, ტეტრაცენი - ნარინჯისფერი, პენტაცენი - ლურჯი, ჰექსაცენი - მწვანე.

პენტაცენის ბირთვს შეიცავს ზოგიერთი ბუნებრივი ანტიბიოტიკი.

ანგულარული აგებულების ნახშირწყალბადების მნიშვნელოვანი წარმომადგენლებია ქრიზენი და ბენზანთრაცენი:



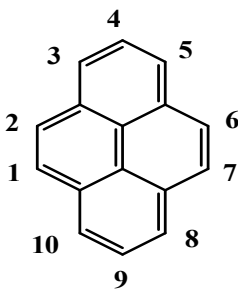
**ქრიზენი**



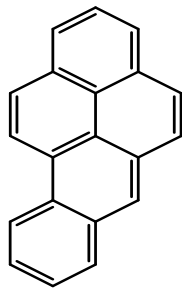
**ბენზანთრაცენი**

ისინი ნაკლებ რეაქციისუნარიანებია, ვიდრე იზომერული ტეტრაცენი (ნაფტაცენი). ეს განსაკუთრებით ქრიზენს ეხება.

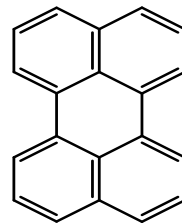
სამი და მეტი ნახშირბადატომებით კონდენსირებული მრავალბირთვიანი ნახშირწყალბადების მნიშვნელოვანი წარმომადგენლებია პირენი, პერილენი და კორონენი:



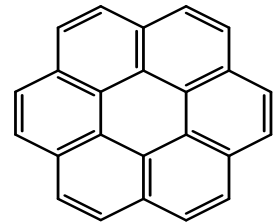
**პირენი**



**ბენზპირენი**



**პერილენი**



**კორონენი**

ამ ნაერთებს გააჩნიათ მკაფიოდ გამოხატული არომატული ბუნება.

მრავალბირთვიანი (პოლიციკლური) ნახშირწყალბადები, განსაკუთრებით ანგულარული აღნაგობის, ხასიათდებიან მაღალი კანცეროგენული აქტიურობით. ამ მხრივ გამოირჩევა დიბენზანთრაცენი და ბენზპირენი. კანცეროგენული მოქმედების მექანიზმი ბოლომდე არ არის დადგენილი.

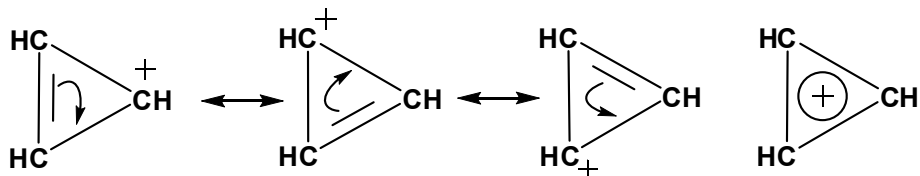
### 35. არომატული თვისებების მქონე არაბენზოიდური კარბოციკლური ნაერთები

არაბენზოიდურ არომატულ სისტემებს მიეკუთვნება ისეთი ციკლური სისტემები, რომლებიც არ შეიცავენ ბენზოლის ბირთვს, მაგრამ აკმაყოფილებენ არომატულობის კრიტერიუმებს.

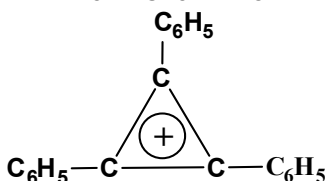
ასეთ სისტემებს მიეკუთვნება ორ-, ექვს- და უფრო მეტი- $\pi$ -ელექტრონიანი ნაერთები: ციკლოპროპენილკატიონი, ციკლოპენტადიენილანიონი, ტროპილის კატიონი, აზულენი და სხვ.

#### 35.1. ორ $\pi$ -ელექტრონიანი არომატული სისტემები

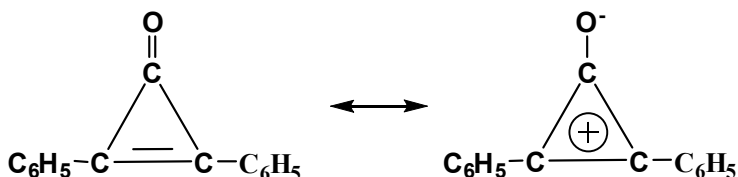
ციკლოპროპენილკატიონი ამ რიგის იზოციკლური არომატული სისტემაა:



1958 წელს დ. კურსანოვის, მ. ვოლპინის და ერთდროულად დერინგის მიერ სინთეზირებულ იქნა ტრიფენილციკლოპროპენილკატიონი, რომელიც დიდი მდგრადობით გამოირჩევა - არ იერთებს ბრომს და წყალბადს, არ ახასიათებს ციკლის გახსნით მიმდინარე რეაქციები:

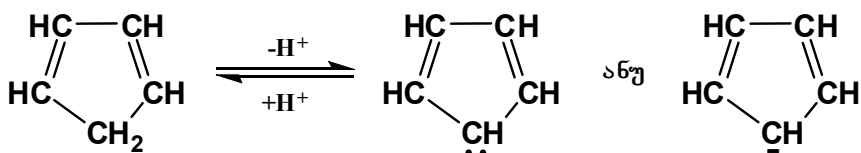


არომატულია ასევე დიფენილციკლოპროპენონი:



#### 35.2. ექვს $\pi$ -ელექტრონიანი არომატული სისტემები

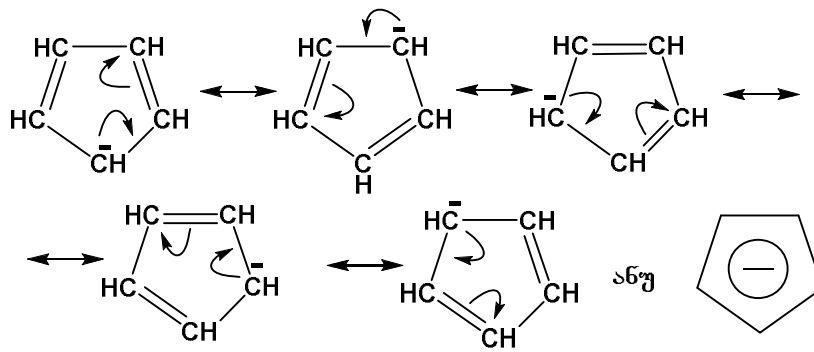
ციკლოპენტადიენილანიონს ექვს  $\pi$ -ელექტრონიან არაბენზოიდურ არომატულ სისტემებს შორის ყველაზე მარტივი სტრუქტურა აქვს. იგი ადვილად მიიღება ერთი პროტონის მოხლეჩით ციკლოპენტადიენიდან, რომელიც მოიპოვება ნავთობის პიროლიზის პროდუქტებისა და ქვანახშირის ფისის ბენზოლურ ფრაქციაში:



ციკლოპენტადიენის  $-CH_2-$  ჯგუფის წყალბადატომები გაცილებით მეტი მჟავური ბუნებით ხასიათდებიან, ვიდრე აცეტილენური წყალბადატომები ერთნაირად ცვლებულ ალკინებში და მით უფრო ალკანებში. ეს აიხსნება იმით, რომ ციკლოპენტადიენიდან წარმოქმნილი ანიონი სტაბი-

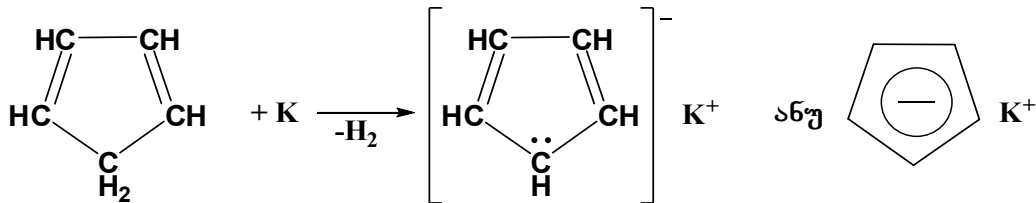


ლურია. მისი აგებულება შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ენერგეტიკულად ეკვივალენტური ხუთი რეზონანსული სტრუქტურით:

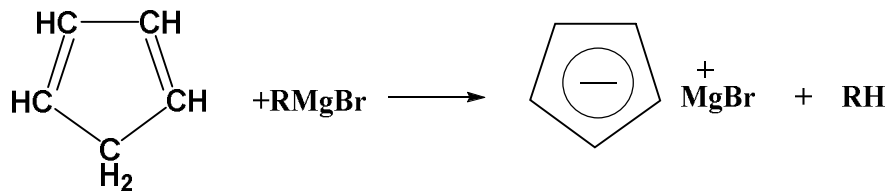


ამგვარად, თავისუფალი ელექტრონული წყვილი დელოკალიზებულია ხუთ ნახშირბადატომს შორის. ასეთი დელოკალიზებული ანიონი გაცილებით მდგრადია, რეზონანსულ სტრუქტურებთან შედარებით.

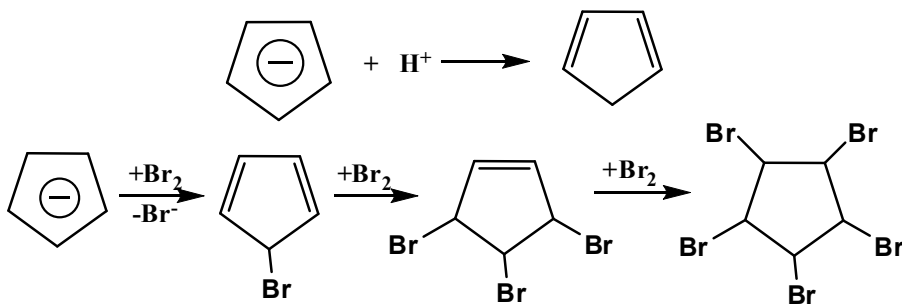
ჯერ კიდევ თილემ 1901 წელს დაადგინა, რომ ციკლოპენტადიენი, როგორც მჟავური ბუნების მქონე წყალბადატომების შემცველი უჯერი ნახშირწყალბადი, რეაგირებს ლითონურ კალიუმთან ციკლოპენტადიენილკალიუმის წარმოქმნით:



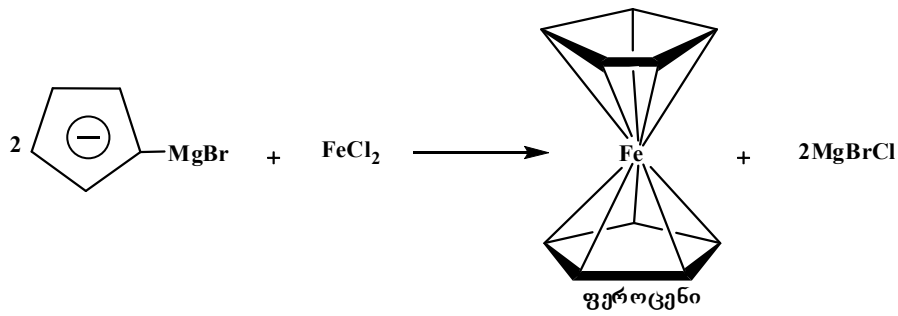
იგივე შედეგს მივიღებთ ციკლოპენტადიენზე ძლიერი ფუძეების (ნატრიუმის ამიდი, გრინიარის რეაქტივი) მოქმედებით:



თუმცა ციკლოპენტადიენილანიონი წარმოადგენს არაალტერნატიულ არომატულ სისტემას, მასში ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციებზე ლაპარაკი არ შეიძლება, რადგან აქ საქმე ეხება დამუხტულ მოლეკულას - ანიონს და, რასაკვირველია, ნებისმიერი ელექტროფილური რეაგენტი შეუტევს მოლეკულას, რომელსაც აქვს ჭარბი ელექტრონი. ელექტროფილი უერთდება ხუთი ნახშირბად ატომიდან ერთ-ერთს და არღვევს რა სისტემის არომატულობას, ციკლოპენტადიენილანიონს გარდაქმნის ჩანაცვლებულ ციკლოპენტადიენად:

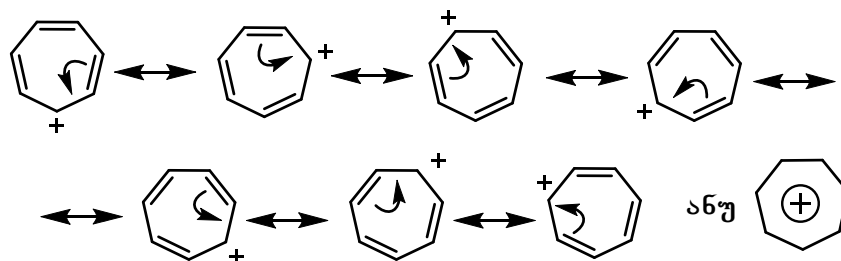


ციკლოპენტადიენილანიონი საინტერესო ნაერთს იძლევა რკინის ქვეჯგუფის ლითონებთან (რკინა, კობალტი, ნიკელი, მანგანუმი, მანგანუმი და ქრომი)

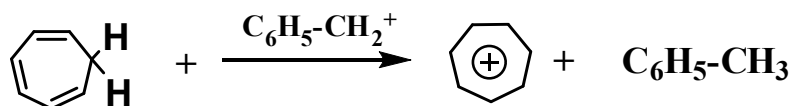


**ფეროცენი** მუქი ნარინჯისფერი კრისტალური ნივთიერებაა, იხსნება ორგანულ გამხსნელებში, წყალში უხსნადია. აქვს არომატული ბუნება. შედის ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციებში - ადვილად სულფირების და აცილირების რეაქციებში, ჯერ ერთი, შემდეგ მეორე ბირთვით. ფეროცენი არ შედის ნიტრირების და ჰალოგენირების რეაქციებში. მეტალოცენები, ისევე, როგორც ფეროცენი, შეფერილი, ძალიან მდგრადი ნივთიერებებია, გამოხდისას არ იშლებიან, აქვთ არომატული ბუნება. რენდგენსტრუქტურული ანალიზით დადგენილია, რომ ფეროცენში და ზოგადად მეტალოცენებში, ორივე ციკლოპენტადიენილანიონი განლაგებულია ერთმანეთის პარალელურად, ისე როგორც პურის ორი ნაჭერი სენდვიჩში, მათ შორის მოთავსებულია რკინის (მეტალის) იონი. ასეთ სტრუქტურას „სენდვიჩურს სტრუქტურას“ უწოდებენ.

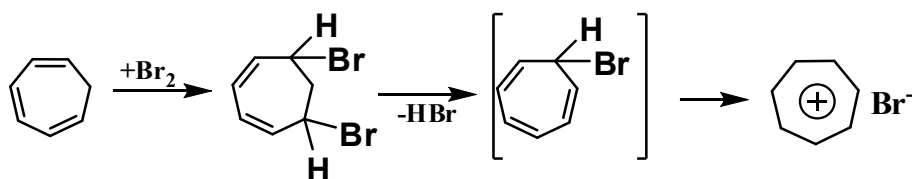
**ტროპილის კატიონი.** ციკლოპენტადიენილანიონის ჭეშმარიტ ანტიპოდს წარმოადგენს ციკლოჰექსატრიენილკატიონი (ტროპილის კატიონი). ამ კატიონისათვის შესაძლებელია შვიდი რეზონანსული სტრუქტურის დაწერა ისე, რომ თითოეულ ნახშირბადატომზე იმყოფებოდეს დადებითი მუხტი, შესაბამისად ეს შეიძლება გამოვსახოთ ერთი ჰიბრიდული სტრუქტურით, რომელშიც მუხტი თანაბრად არის გადანაწილებული და თითოეულ ნახშირბადატომზე მოდის მუხტის 1/7 ნაწილი:



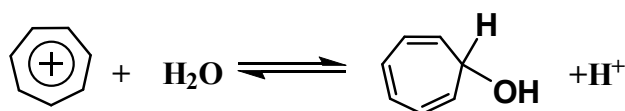
ტროპილის კატიონი ადვილად წარმოიქმნება ციკლოჰექსატრიენზე ჰიდრიდიონის მოხლეჩის შედეგად. მაგალითად, ბენზილ- ან ტრიფენილმეთილკატიონით  $\text{SO}_2$ -ის არეში:



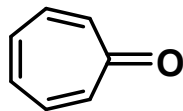
ციკლოჰექსატრიენზე ბრომის მოქმედებით და მიღებული პროდუქტის ტუტით დამუშავებით მიიღება ტროპილის ბრომიდი:



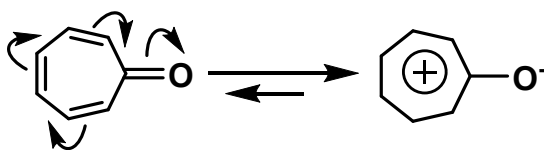
ტროპილის იონის წყალხსნარს აქვს მჟავა რეაქცია:



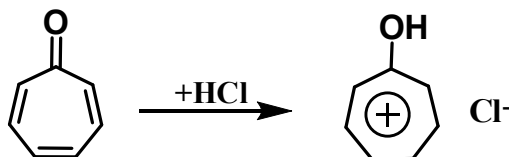
**ტროპონი.** ტროპილის კატიონის ნაწარმებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია ტროპონს (ციკლოჰეპტატრიენონი).



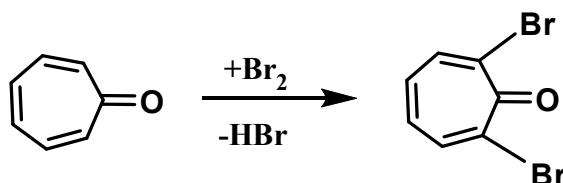
ამ კეტონის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები მიუთითებს იმაზე, რომ ტროპონის სტრუქტურა გადანაცვლებულია ბეტაინურისკენ:



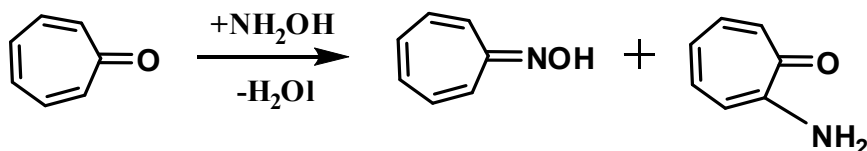
მას აქვს სუსტი ფუძე ბუნება. ძლიერ მჟავებთან წარმოქმნის მარილებს:



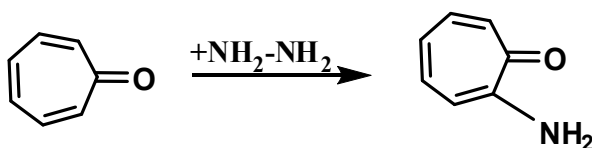
ტროპონის ზოგიერთი ქიმიური თვისება მის არომატულ ხასიათს ამტკიცებს. მაგალითად, ჰალოგენების (ბრომის) მოქმედებისას მიდის არა მიერთება, არამედ ჩანაცვლება  $\alpha$ -მდებარეობებში 2,7-დიბრომტროპონის წარმოქმნით:



ტროპონი შედის კეტოჯგუფისათვის დამახასიათებელ ზოგიერთ რეაქციაში (წარმოქმნის ოქსიმს, სემიკარბაზონს, ფენილჰიდრაზონს), მაგრამ ჰიდროქსილამინის მოქმედებისას იმავდროულად მიმდინარეობს ჩანაცვლებაც  $\alpha$ -მდებარეობაში:

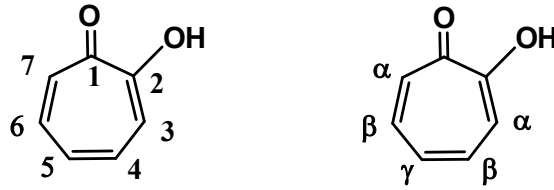


ასევე, ჰიდრაზინის მოქმედებისას ხდება ჩანაცვლება და მიიღება 2-ამინოტროპონი:

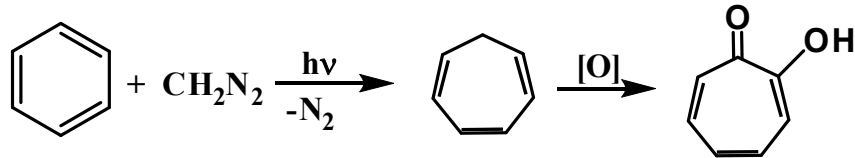


არომატულ ბუნებასთან ერთად ტროპონი იჩენს შეუღლებული დიენის თვისებებსაც.

ტროპოლონი-2-ჰიდროქსიციკლოჰექსატრიენ-2,4,6-ონ-1(2-ჰიდროქსიტროპონი):



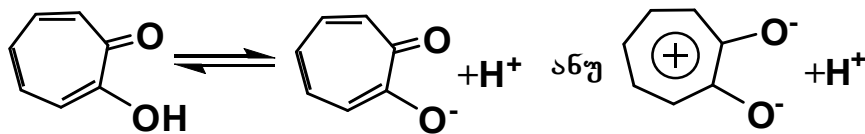
მისი მიღება შეიძლება ბენზოლზე დიაზომეთანის მოქმედებით და მიღებული ციკლოჰექსატრიენის დაჟანგვით:



ეს რეაქცია ვრცელდება მის ჰომოლოგებზეც.

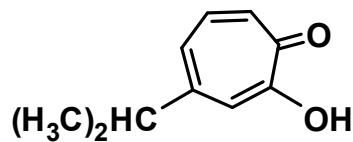
ტროპოლონი თვისებებით ფენოლს ემსგავსება: იგი სუსტი მჟავა ბუნებისაა და სიძლიერით შუალედური მდგომარეობა უკავია ფენოლსა და ძმარმჟავას შორის.

ელექტროლიტური დისოციაციის დროს წარმოქმნის სიმეტრიულ დიანიონს:



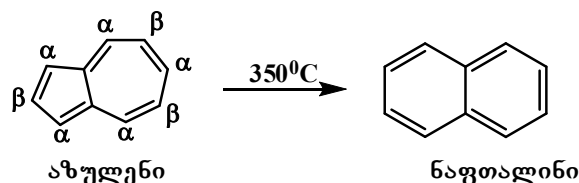
რომელშიც  $\pi$ -ელექტრონული ღრუბელი თანაბრადაა გადანაწილებული.

1936 წ. ნოზოემ ტაივანის კედრიდან გამოყო 4-იზოპროპილტროპოლონი, რომელსაც აღმოაჩინდა არომატული ბუნება და დაარქვა ქინოკიტოლი:

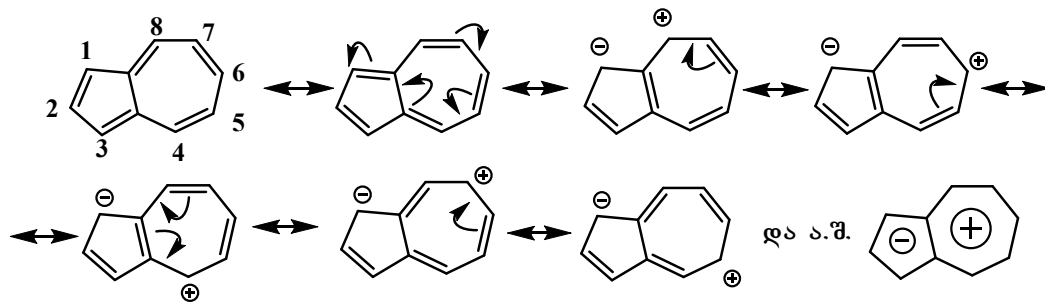


### 35.3. ექვსზე მეტ $\pi$ -ელექტრონიანი არომატული სისტემები

**აზულენი.** აზულენი (ბიციკლო[5,3,0]დეკაპენტაენი), ციკლოპენტადიენოციკლოჰექსატრიენი, ლურჯი ფერის კრისტალური ნივთიერებაა (ლღ. ტემპ.  $99^{\circ}\text{C}$ ). გავრცელებულია მცენარეთა სამყაროში, მიეკუთვნება სესქვიტერპენების ჯგუფს, შედგება 5- და 7-წევრიანი კონდენსირებული ბირთვებისაგან - ციკლოპენტადიენისა და ციკლოჰექსატრიენისაგან. შედგენილობის მიხედვით აზულენი ნაფთალინის იზომერიაა და მასზე ნაკლებად მდგრადი -  $350^{\circ}\text{C}$  ვაკუუმში გახურებისას რაოდენობრივად გარდაიქმნება ნაფთალინად:

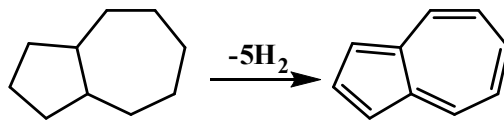


მისი აღნაგობა შეიძლება წარმოვადგინოთ ნეიტრალური და ბიპოლარული იონური სტრუქტურების ჰიბრიდის სახით:

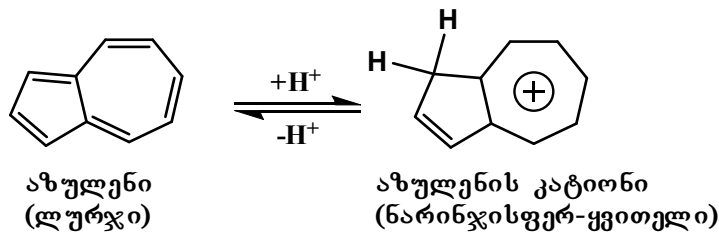


აზულენს საფუძველიდ უდევს ციკლოპენტადიენილანიონის და ციკლოჰეპტატრიენილკატიონის კონდენსირებული სისტემა. ორივე ბირთვი სტაბილურია. სტაბილურია აზულენიც. მიზეზი ისაა, რომ ხუთწევრიანი ბირთვის უარყოფით მუხტი კომპენსირდება შვიდწევრიანის დადებითი მუხტით. მისი დიპოლური მომენტი შეადგენს **1D**.

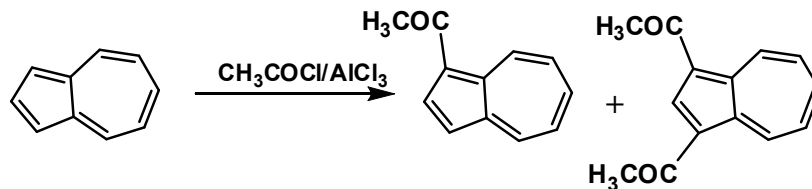
აზულენი ადვილად მიიღება შესაბამისი ალიციკლის დეჰიდრირებით პლატინის კატალიზატორის თანდასწრებით:



აზულენს სუსტი ფუძე თვისებები აქვს: ძლიერ მჟავებთან წარმოქმნის მარილებს. ამ დროს პროტონი უერთდება პირველ ნახშირბადატომს. აზულენის კატიონი უფრო მდგრადია ვიდრე ციკლოჰეპტატრიენილკატიონი:



აზულენი 10  $\pi$ -ელექტრონიანი არომატული სისტემაა. მუხტების ასიმეტრიული განაწილების გამო იგი შედის ზოგიერთი ელექტროფილური და ისევე ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციებში. ელექტროფილური ჩანაცვლება მიმდინარეობს ხუთწევრიანი ბირთვის 1- და 3-მდებარეობაში. მაგალითად, ფრიდელ-კრაფტისის მიხედვით აცეტილირებისას წარმოიქმნება 1-აცეტილ- და 1,3-დიაცეტილაზულენების ნარევი:



ასევე, მაგრამ დაბალი გამოსავლიანობით, მიმდინარეობს ალკილირებაც. რადგან აზულენი წყალბადიონებთან რეაგირებს, მის აზოტმჟავით ნიტრირებას ატარებენ ძმარმჟავას ანჰიდრიდში. ამ დროს მიიღება 1-მონო- და 1,3-დინიტროაზულენების ნარევი. პირიდანის არეში ტეტრანიტრომეთანით ნიტრირებისას მიიღება 1-ნიტროაზულენი. ასევე, მონოჩანაცვლების პროდუქტი მიიღება აზულენის სულფირებისას დიოქსანსულფოტრიოქსიდის კომპლექსით. მონო- და დიჩა-

ნაცვლების პროდუქტები მიიღება ჰალოგენსუქცინიმიდით ჰალოგენირებისას. ნუკლეოფილურ ჩანაცვლებაში შედის შვიდწევრიანი ციკლი.

აზულენები, ისევე, როგორც სხვა კონდენსირებულბირთვიანი არომატული სისტემები, დამახასიათებელ კრისტალურ კომპლექსებს იძლევიან პიკრინმჟავასთან, ტრინიტრობენზოლთან, ტრინიტროტოლოლთან და ა. შ., ადვილად იჟანგებიან, ტუტეებთან არ რეაგირებენ, ადვილად იხსნებიან მჟავებში (**40% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**).

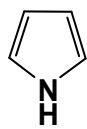
### 36. ჰეტეროციკლური ნაერთები

ჰეტეროციკლური ენოდება ციკლური აღნაგობის ნაერთს, რომელიც ციკლში ნახშირბადატომებთან ერთად შეიცავს სხვა ელემენტის ატომს (ან ატომებს) – ე.წ. ჰეტეროატომს. ჰეტეროატომის როლში შეიძლება მოგვევლინოს: აზოტის, ჟანგბადის, გოგირდის ატომები. შედარებით იშვიათია ფოსფორის, სელენის, სილიციუმის და ზოგიერთი სხვა ელემენტის შემცველი ჰეტეროციოლები.

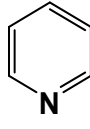
#### 36.1. ჰეტეროციკლური ნაერთების კლასიფიკაცია და ნომენკლატურა

არსებობს ჰეტეროციკლური ნაერთების კლასიფიკაციის რამდენიმე კრიტერიუმი: ჰეტეროატომის სახეობა, ჰეტეროატომების რიცხვი, ციკლში ატომთა საერთო რიცხვი, ციკლების რაოდენობა და სხვ.

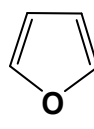
მაგალითად, ქვემოთ მოყვანილია აზოტ-, გოგირდ- და ჟანგბადშემცველი ჰეტეროციკლები:



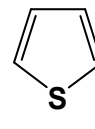
პიროლი



პირიდინი

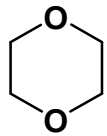


ფურანი

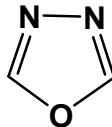


თიოფენი

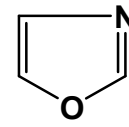
ჰეტეროციკლები, რომლებიც შეიცავენ ერთ, ორ და სამ ჰეტეროატომს:



დიოქსანი

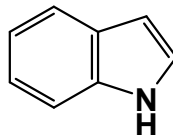


ოქსადიაზოლი

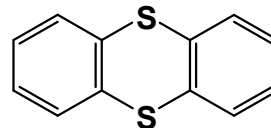


იმიდაზოლი

ორი და სამი ბირთვის შემცველი ჰეტეროციკლები:

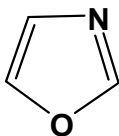


ინდოლი

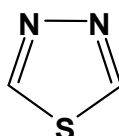


თიანტრენი

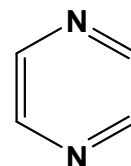
**ი უ ჰ ა კ ი ს** ნომენკლატურაში ტრივიალური სახელწოდება შენარჩუნებულია ორმოცდაათზე მეტი ჰეტეროციკლისათვის. სისტემატური სახელწოდებების მინიჭება ხდება შტელცნერის „ა“-სისტემის მიხედვით, სადაც ჰეტეროციკლის სახელწოდებას აწარმოებენ პრეფიქსის დამატებით, რომელიც მიუთითებს ჰეტეროატომის სახეობას. აზოტი აღინიშნება პრეფიქსით „აზა“, ჟანგბადი – „ოქსა“, გოგირდი – „თია“ და ა.შ. ორი ან მეტი ჰეტეროატომის შემთხვევაში, პრეფიქსში მიეთითება ყველა მათგანი, ამასთან ჰეტეროატომები ინომრება და ჩამოითვლება შემდეგი თანმიმდევრობით: O, S, NH, N,... ატომთა საერთო რიცხვი ციკლში აღინიშნება: „ირ“(3), „ეტ“(4), „ოლ“(5), „ინ“(6), „ეპინ“(7) და ა.შ. მაგ.:



1,3-ოქსაზოლი



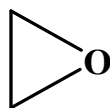
1,3,4-თიადიაზოლი



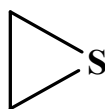
1,4-დიაზინი

### 37. სამწვერა და ოთხწვერა ჰეტეროციკლები

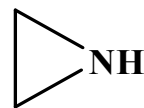
სამ და ოთხწვერა ჰეტეროციკლები შედარებით ნაკლებად არის გავრცელებული. ამ ტიპის ნაერთებიდან აღსანიშნავია ოქსირანი (ეპოქსიდი, ეთილენის ჟანგი), თიირანი, აზირიდინი (ეთილენიმინი), ოქსეტანი, 1,2-დიოქსეტანი, აზეტიდინი:



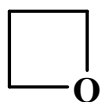
ოქსირანი



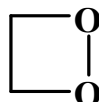
თიირანი



აზირიდინი



ოქსეტანი



1,2-დიოქსეტანი



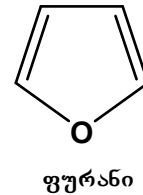
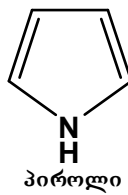
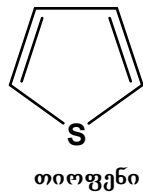
აზეტიდინი

ეს და მათი მსგავსი ნაერთები, მცირე ზომის ციკლის შემცველობის გამო, არამდგრად, დაძაბულ სტრუქტურებს წარმოადგენენ და მუდმივად ამჟღავნებენ ციკლის გახსნის ტენდენციებს



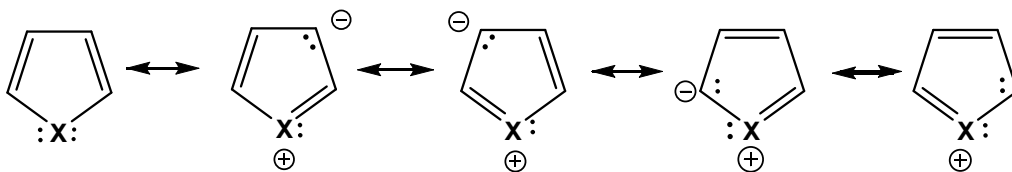
### 38. ერთი ჰეტეროატომის შემცველი ხუთწევრა ჰეტეროციკლები

ერთი ჰეტეროატომის შემცველი ხუთწევრა ჰეტეროციკლური ნაერთებიდან უმნიშვნელოვანესია თიოფენი, პიროლი და ფურანი:



ეს ჰეტეროციკლები არომატულ სისტემებს წარმოადგენენ. მათი სტაბილიზაციის (რეზონანსის) ენერგია, შესაბამისად, 130, 109 და 92,4 კჯ/მოლის ტოლია.

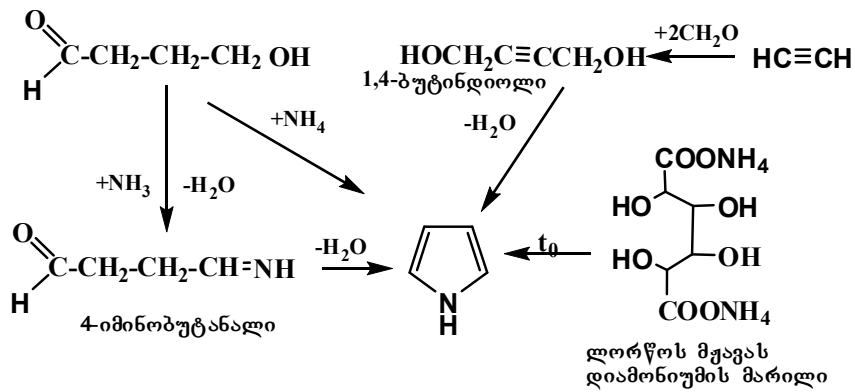
ამ ნაერთებისათვის შესაძლებელია დაინეროს რეზონანსული სტრუქტურები, რომლებშიც ორმუხტიან სტრუქტურებს მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვთ:



ამ ნაერთების მიღების უმნიშვნელოვანესი ზოგადი ხერხია 1,4-დიოქსონაერთებისა და, შესაბამისად, აზოტ- და გოგირდშემცველი ანალოგების შიგამოლეკულური ციკლოდეჰიდრატაცია.

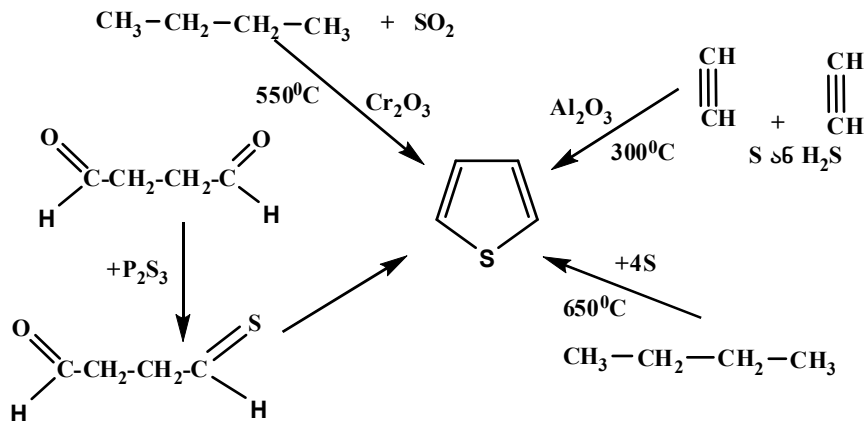
სქემა 75

#### პიროლის მიღების მეთოდები

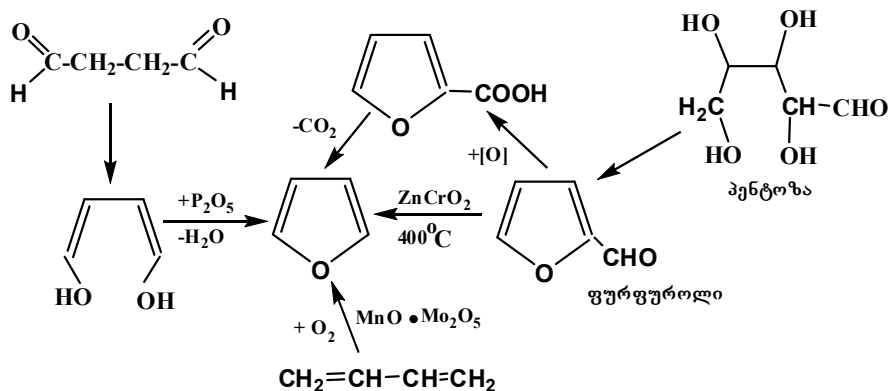


სქემა 76

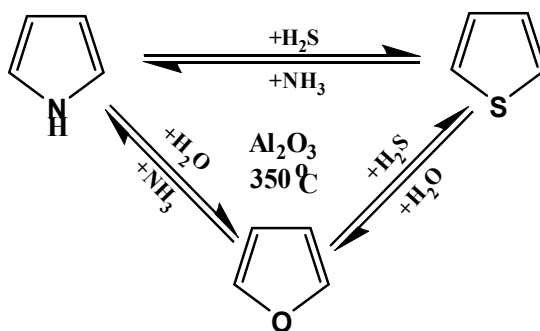
#### თიოფენის მიღების მეთოდები



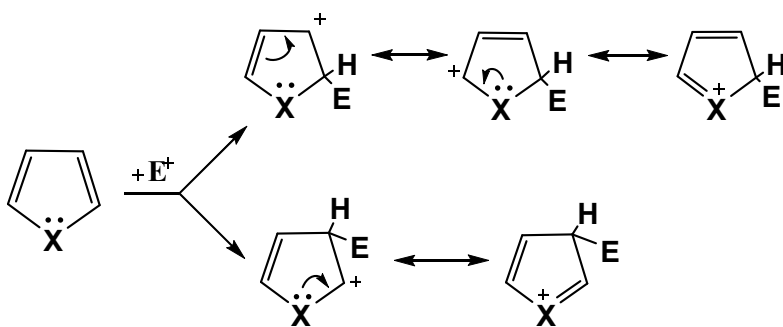
ფურანის მიღების მეთოდები



იურიევის რეაქცია ამ ნაერთების მიღებისა და ურთიერთგარდაქმნის ერთ-ერთი საუკეთესო ხერხი და, ამავე დროს, მნიშვნელოვანი ქიმიური თვისებაა (სქემა 78):

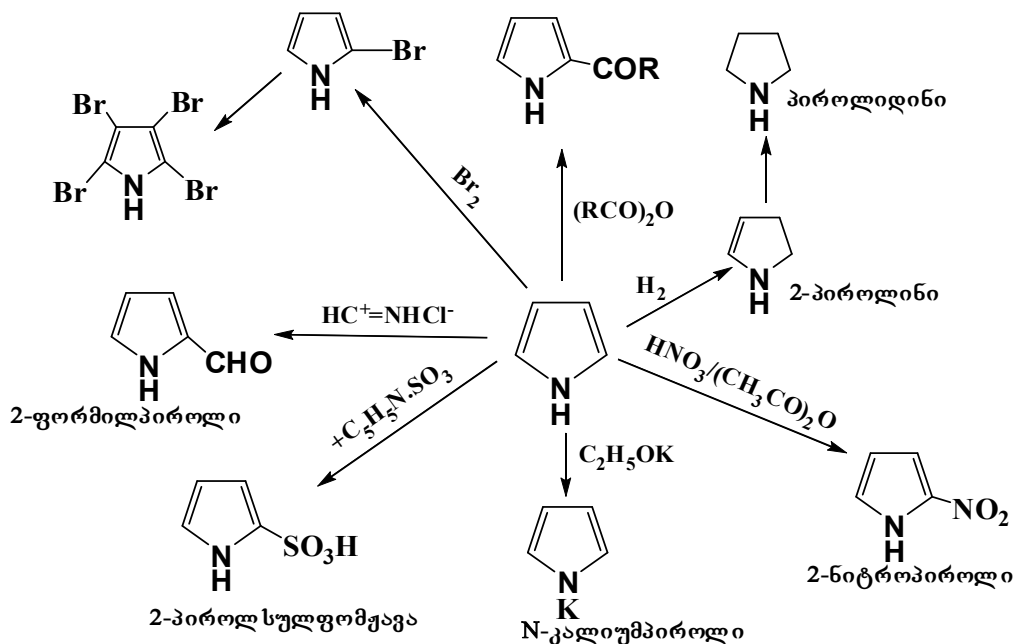


პიროლი, ფურანი და თიოფენი ე.წ. π-ჭარბ არომატულ სისტემებს მიეკუთვნება. ეს ჰეტეროციკლები ბენზოლზე გაცილებით აქტიურად მონაწილეობენ ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციებში. ჩანაცვლებელი ორიენტირდება მე-2 ნახშირბადატომთან, ვინაიდან შესაბამისი გარდამავალი მდგომარეობა სტაბილიზდება სამი რეზონანსული სტრუქტურით, ხოლო მე-3 ნახშირბადატომთან ჩანაცვლების შემთხვევაში კი – მხოლოდ ორი რეზონანსული სტრუქტურით:



38 1. პიროლი

პიროლი უფერო, გამჭვირვალე სითხეა. მისი დუღილის ტემპერატურაა 130°C. პიროლი შედის ქვანახშირის ფისის შედგენილობაში. ჰაერზე ადვილად იჟანგება, ამფოტერულია. მჟავების მოქმედებით განიცდის პროტონირებას, რის შედეგად საბოლოოდ ხდება ან ციკლის გახსნა, ან პოლიმერიზაცია, ხოლო ტუტეებთან იძლევა მეტალ-ნანარმებს. ამის გამო სულფირებას, აცილირებას, ნიტრირებას ანარმობენ რბილი რეაგენტებით.

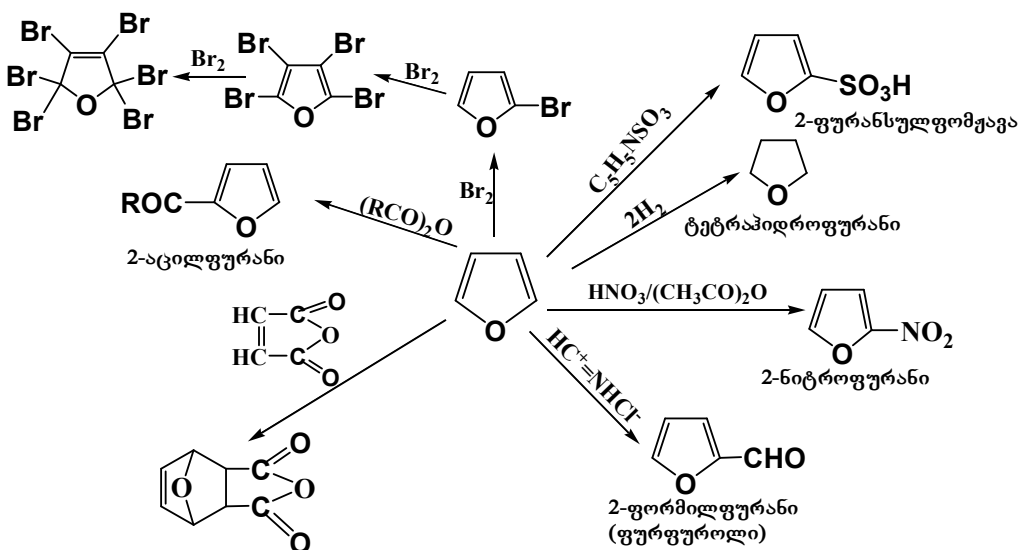


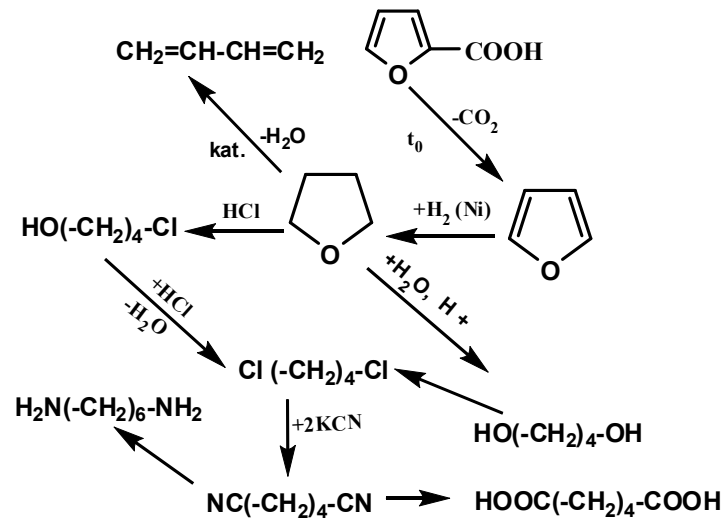
პიროლის ნაწარმებიდან აღსანიშნავია პორფინი, ტეტრაჰიდროპიროლი (პიროლიდინი) და 2-პიროლიდონი, რომლებიც წარმოქმნიან ისეთ უაღრესად მნიშვნელოვან ნივთიერებებს, როგორცაა ჰემინი, ქლოროფილი, ვიტამინი B<sub>12</sub>, პროლინი, ოქსიპროლინი, პოლივინილპიროლიდონი და სხვ.

### 38. 2. ფურანი

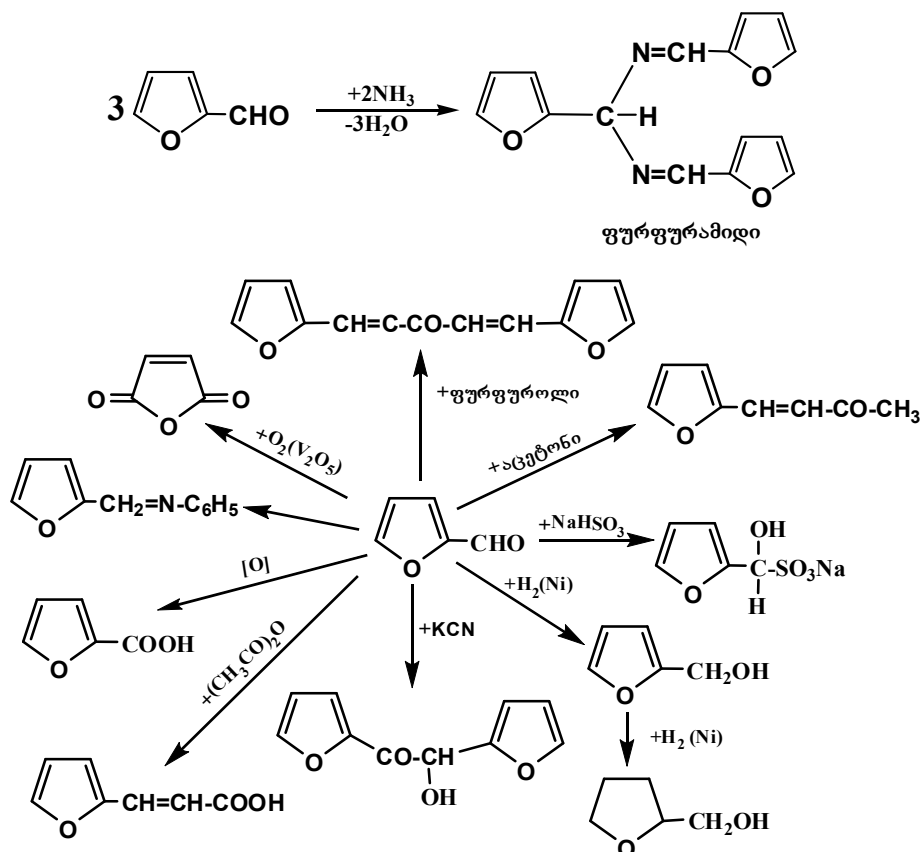
ფურანი უფერო, გამჭვირვალე სითხეა. მისი დუღილის ტემპერატურაა 31°C. ფურანი შედის მერქნის კუპრის შედგენილობაში. ჰაერზე ადვილად იფანგება. აქვს ქლოროფორმის სუნი. ფურანი, პიროლთან შედარებით, ნაკლებად არომატული და მდგრადია, შემცირებულია მისი ნუკლეოფილურობაც.

ფურანი მონაწილეობს ელექტროფილური ჩანაცვლებისა და მიერთების რეაქციებში, აგრეთვე, როგორც საშუალო სიძლიერის დიენი, ციკლომერთების რეაქციებში (სქემა 80 და 81).

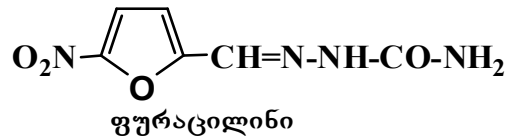
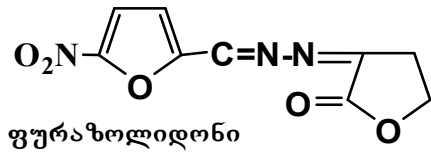




ფურანის ნანარმებიდან უმნიშვნელოვანესია 2-ფორმილფურანი - ფურფუროლი - რომელიც მიიღება მერქნისა და სოფლის მეურნეობის მცენარეული ნარჩენების ჰიდროლიზით მჟავა არეში. ფურფუროლი ფურანის მრავალი ნანარმისა და თვით ფურანის მრეწველობის საწყისი ნედლეულია. იგი უფერო, გამჭვირვალე სითხეა. მისი დუღილის ტემპერატურაა **162°C**. ჰაერზე ადვილად იჟანგება. აქვს ახლადგამომცხვარი პურის სუნი. წყალში მცირედხსნადია. ფურფუროლს აქვს არომატული ალდეჰიდების ყველა თვისება (სქემა82):



ფურფუროლი გამოიყენება სელექციურ გამხსნელად ნავთობის ფრაქციების განმენდისას, პლასტმასების წარმოებაში, ფუმარის, მალეინის და ადიპინის მჟავების (სქემა 8), აგრეთვე, ფურანის ბირთვის შემცველი სხვა ნაერთების, მათ შორის სამკურნალო პრეპარატების, მისაღებად:

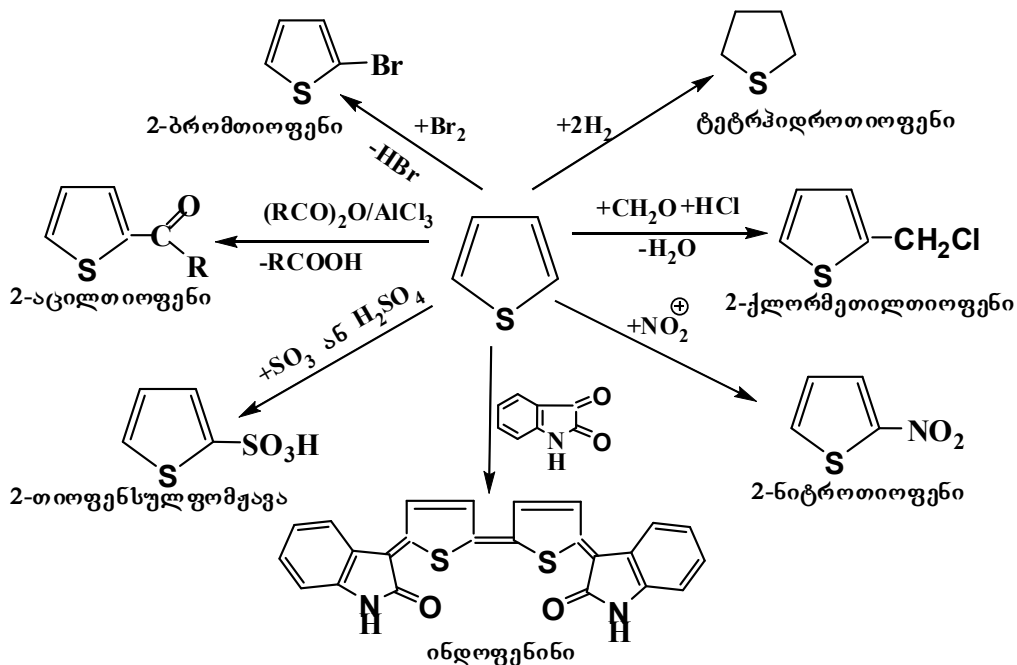


### 38.3. თიოფენი

თიოფენი უფერო, გამჭვირვალე სითხეა. მისი დუღილის ტემპერატურაა 84°C. თიოფენი შედის ზოგიერთი ნავთობის შედგენილობაში. თიოფენის ბირთვის შეიცავს ვიტამინი ბიოტინი. ჰაერზე არ იჟანგება. აქვს დამახასიათებელი სუნი.

თიოფენი, ფურანთან და პიროლთან შედარებით, გაცილებით მაღალი არომატულობითა და მდგრადობით ხასიათდება. ამ პარამეტრებით იგი ყველაზე ახლოს დგას პირიდინთან და ბენზოლთან. თიოფენი ბენზოლზე ადვილად შედის ჩანაცვლების რეაქციებში. მიერთების და ციკლომიერთების რეაქციები მისთვის ნაკლებად დამახასიათებელია (სქემა 83).

სქემა 83



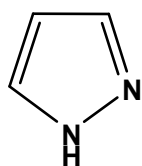
თიოფენის ნაწარმები გამოიყენება საღებარების, ინსექტიციდების, პლასტმასების, პლასტიფიკატორების, ანალიზური რეაგენტებისა და სხვა მასალების მისაღებად.

თიოფენის ნაწარმები, ისევე, როგორც თიოფენი, ბენზოლის შესაბამისი ნაწარმების მსგავსია. ეს მსგავსება იმდენად დიდია, რომ ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთის მოლეკულაში ბენზოლის ბირთვის თიოფენის ბირთვით შეცვლისას, ბიოლოგიური აქტიურობა თითქმის არ იცვლება. თიოფენის ზოგიერთი ნაწარმი ანტიჰისტამინური და ანთების საწინააღმდეგო პრეპარატია.

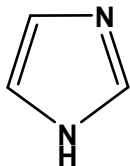
### 39. ორი ჰეტეროატომის შემცველი ხუთწევრა ჰეტეროციკლები

ჰეტეროციკლური ნაერთების ყველაზე მრავალრიცხოვან და მრავალფეროვან ჯგუფს ორი და მეტი ჰეტეროატომის შემცველი ჰეტეროციკლების ნაწარმები შეადგენენ.

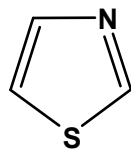
ორი ჰეტეროატომის შემცველი ხუთწევრა ჰეტეროციკლებიდან უმნიშვნელოვანესია პირაზოლი, იმიდაზოლი, ოქსაზოლი, თიაზოლი.



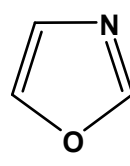
პირაზოლი



იმიდაზოლი



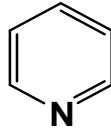
თიაზოლი



ოქსაზოლი

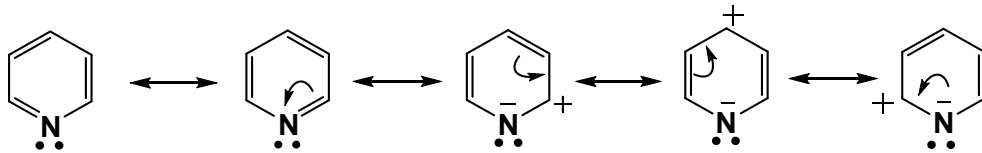
## 40. ექვსწევრა ჰეტეროციკლები

ერთი ჰეტეროატომის შემცველი ექვსწევრა ჰეტეროციკლური ნაერთებიდან უმნიშვნელოვანესია პირიდინი:

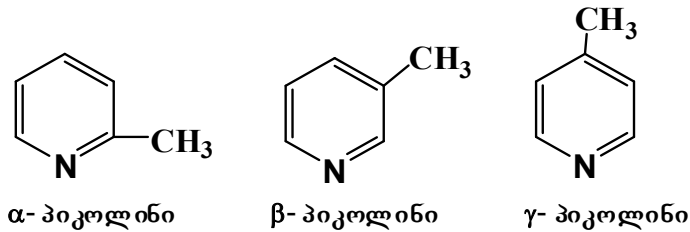


ეს ჰეტეროციკლური ნაერთი არომატულ სისტემას წარმოადგენს. არომატული სექსტეტის წარმოქმნაში მონაწილეობს აზოტის ატომის ერთი არაჰიბრიდული P ელექტრონი.

პირიდინისათვის შესაძლებელია დაინეროს შემდეგი რეზონანსული სტრუქტურები, რომლებშიც ორმუხტიან სტრუქტურებს მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვთ:



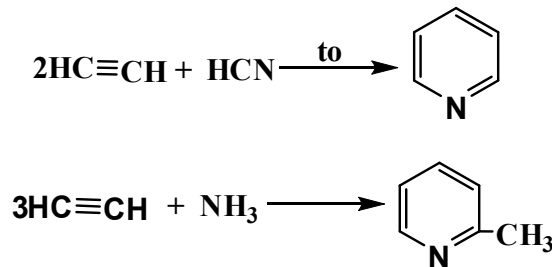
პირიდინი, რეზონანსის ენერჯიის მაღალი მნიშვნელობით (134,4 კჯ/მოლი), არომატულ სისტემებს შორის, ყველაზე ახლოს დგას ბენზოლთან. ამასთან, პირიდინის ბირთვი არასიმეტრიულია. მისი  $\pi$ -ელექტრონული სიმკვრივე აზოტის ატომისკენაა გადაწეული, რაც გამოწვეულია უკანასკნელის მაღალი ელექტროუარყოფითობით. ამის გამო, პირიდინი  $\pi$ -დეფიციტურ ჰეტეროციკლებს მიეკუთვნება. განსხვავებით ბენზოლისაგან ერთჩანაცვლებულ პირიდინს გააჩნია სამი იზომერი:  $\alpha$ -,  $\beta$ - და  $\gamma$ - (მეთილჩანაცვლებულ პირიდინებს ეწოდებათ პიკოლინები):



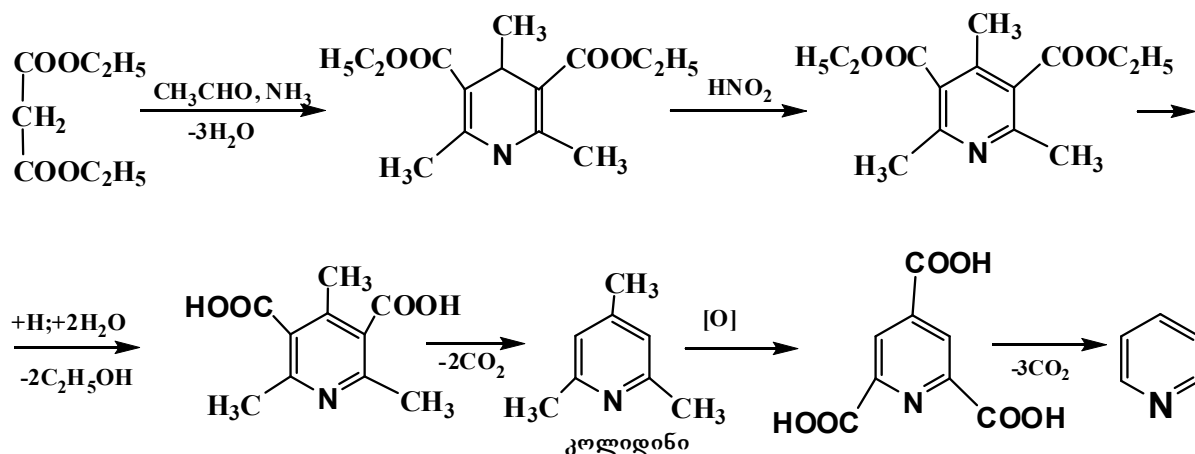
პირიდინი შედის ქვანახშირის ფისის შედგენილობაში ( $\approx 0,1\%$ ), მეთილ- და ეთილნაწარმებთან ერთად - 0,2%. პირიდინი უფერო, გამჭვირვალე სითხეა. მისი დუღილის ტემპერატურაა  $115^{\circ}\text{C}$ . აქვს დამახასიათებელი სუნი.

პირიდინის მიღების ორი მეთოდი. მოყვანილია 84-ე სქემაზე

სქემა 84

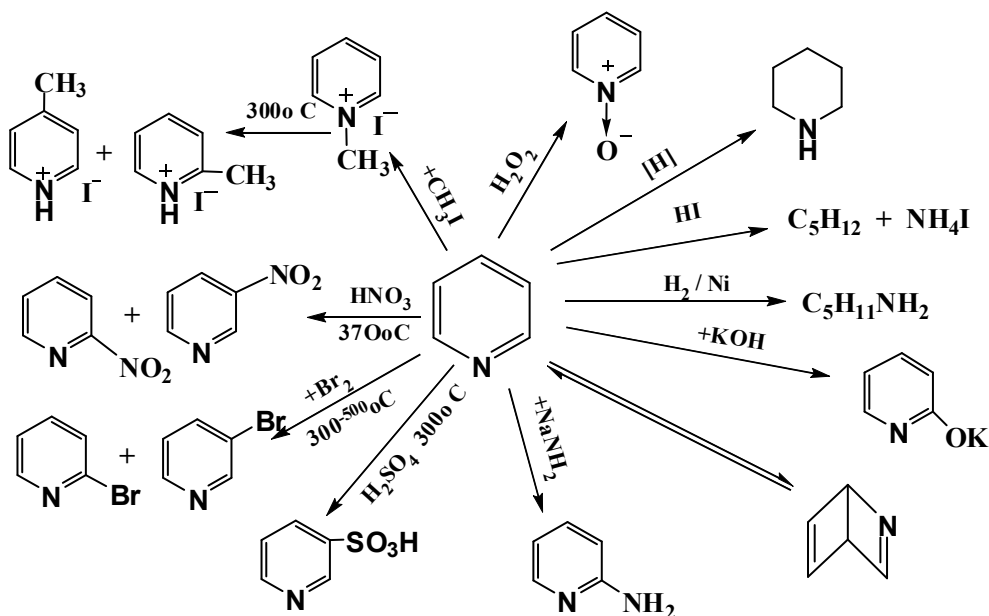


პირიდინის ბირთვის სინთეზის ერთ-ერთი საუკეთესო ხერხია ჰანჩის მეთოდი (სქემა 85), რომელიც განსაკუთრებით მოსახერხებელია მისი ნაწარმების მისაღებად:

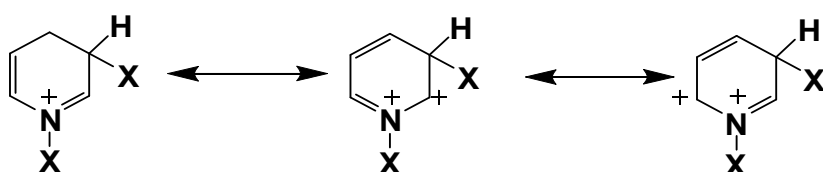


**ქიმიური თვისებები**

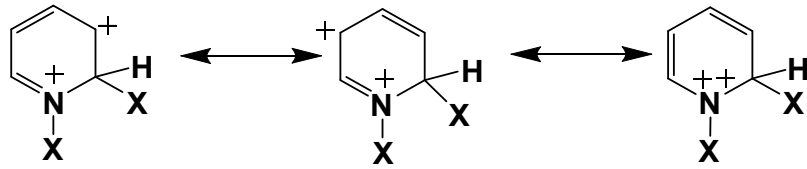
პირიდინი სუსტი ფუძეა. 86-ე სქემაზე მოყვანილია პირიდინის ქიმიური თვისებები. მისთვის დამახასიათებელია მიერთების, ჩანაცვლებისა და ციკლის გახსნის რეაქციები.



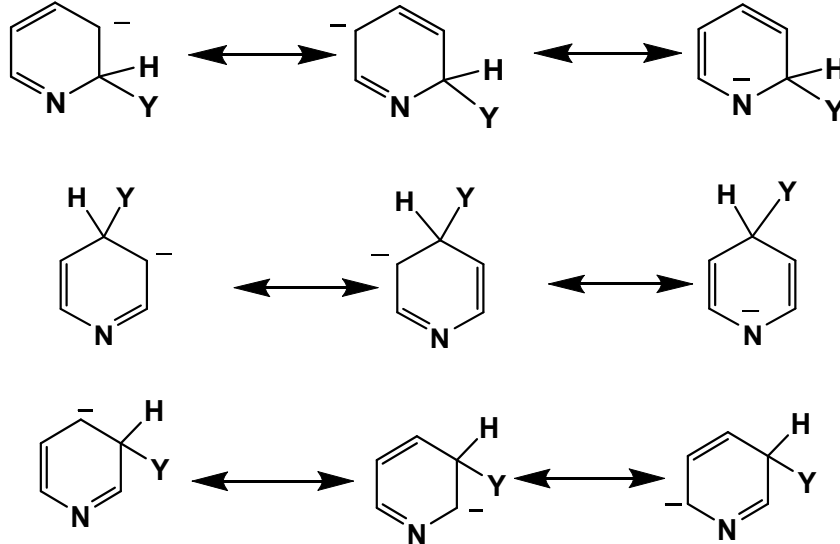
პირიდინი რეაქციებში მონაწილეობს როგორც ნეიტრალური მოლეკულის, ისე კატიონის სახით. ელექტროფილებთან ურთიერთქმედებისას, ნეიტრალური მოლეკულის ნახშირბადატომები, ბენზოლთან შედარებით,  $10^6$ -ჯერ ნაკლებ რეაქციისუნარიანობას ამჟღავნებენ. ეს უნარი კიდევ უფრო შემცირებულია ( $10^{12}$ - $10^{18}$ -ჯერ) პირიდინიუმის კატიონში. ამასთან, ჩანაცვლებელი  $\beta$ -ნახშირბადატომს უკავშირდება, ვინაიდან, შესაბამისი  $\sigma$ -კომპლექსი გაცილებით მდგრადია, ვიდრე  $\sigma$ -კომპლექსი, რომელიც წარმოიქმნება  $\alpha$ -ნახშირბადატომზე შეტევის შედეგად და რომლის რეზონანსული სტაბილიზაცია აზოტის ატომზე ორი დადებითი მუხტის თავმოყრას მოითხოვს:



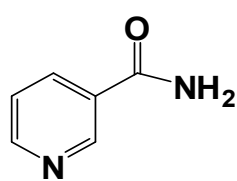




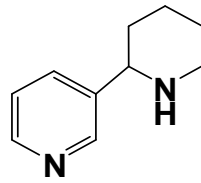
პირიდინის ბირთვში ნუკლეოფილური ჩანაცვლებისათვის ყველაზე ხელსაყრელია  $\alpha$ - და  $\gamma$  ნახშირბადატომები, რომელთა შესაბამისი  $\sigma$ -კომპლექსები გაცილებით მდგრადია, ვინაიდან, მათ რეზონანსულ სტაბილიზაციაში აზოტის ატომიც მონაწილეობს:



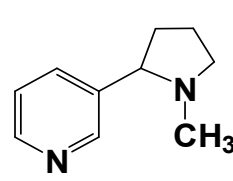
პირიდინის ნაწარმებიდან მნიშვნელოვანია ალკილ-, ამინო- და ჰალოგენპირიდინები, პირიდინკარბონმჟავები და პიპერიდინი ( $C_5H_{11}N$ ), რომელიც ცნობილი ტკივილგამაყუჩებელი პრეპარატის - პრომედოლის საფუძველს წარმოადგენს. პირიდინის ბირთვს შეიცავს ისეთი ცნობილი პრეპარატები, როგორცაა ტუბაზიდი (იზონიაზიდი), ფტივაზიდი, მეტაზიდი, კორდიამინი და სხვ. აღსანიშნავია, აგრეთვე, პირიდინის ბუნებრივი ნაერთები: ნიკოტინის მჟავა და მისი ამიდი (ვიტამინი **PP**); პირიდოქსინი, პირიდოქსალი და პირიდოქსამინი - ვიტამინ **B6**-ის შემადგენელი ნივთიერებები, ალკალოიდები - კონიინი, ნიკოტინი, ანაბაზინი და სხვა:



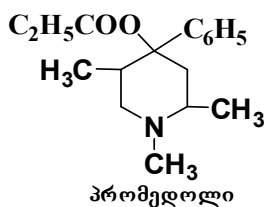
ნიკოტინამიდი



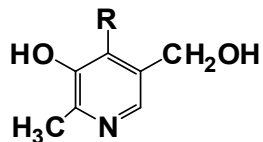
ანაბაზინი



ნიკოტინი



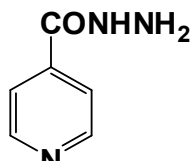
პრომედოლი



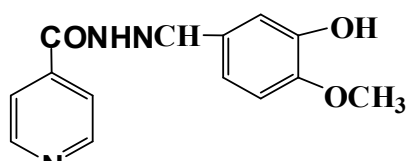
პირიდოქსინი ( $R=CH_2OH$ )

პირიდოქსალი ( $R=CHO$ )

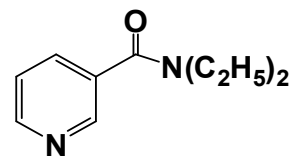
პირიდოქსამინი ( $R=CH_2NH_2$ )



ტუბაზიდი



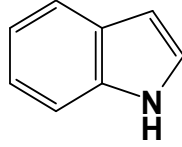
ფტივაზიდი



კორდიამინი

## 41. ორ- და მრავალბირთვიანი ჰეტეროციკლები

ერთი ჰეტეროატომის შემცველი ორბირთვიანი ჰეტეროციკლებიდან ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანია **1H-ინდოლი (ბენზპიროლი)**:

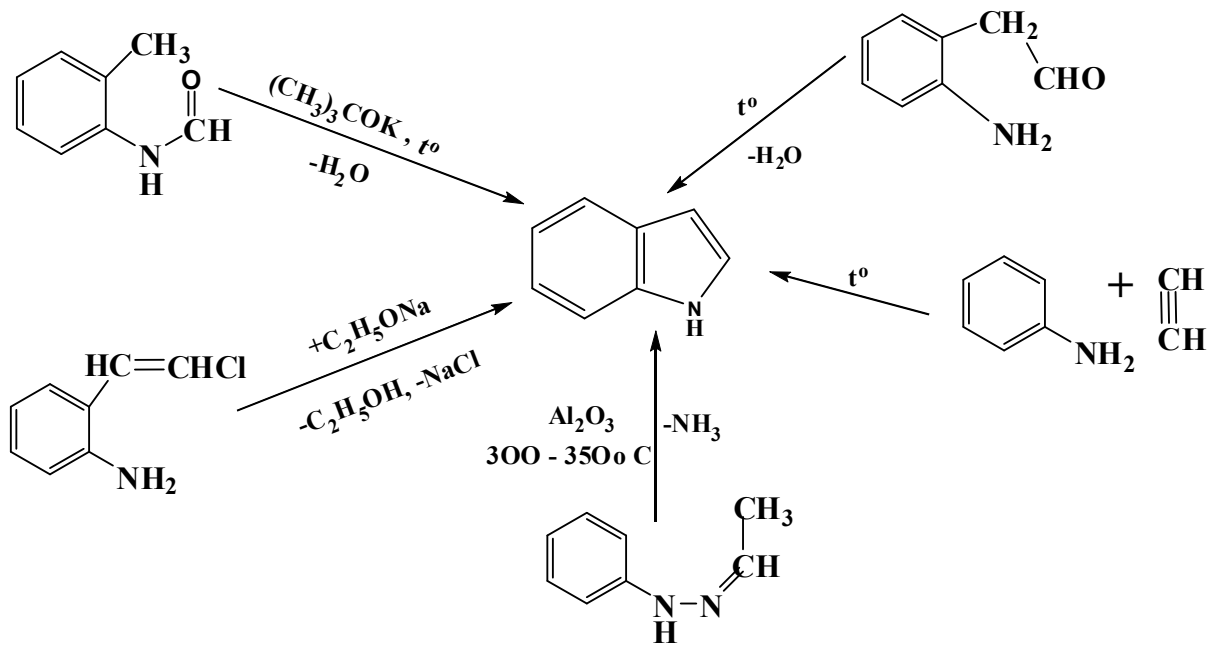


ინდოლი უფერო, ადვილღობადი (**52°C**) ნივთიერებაა. კარგად იხსნება ყველა ორგანულ გამხსნელში, აქვს მძაფრი, ნაფტალინის მსგავსი, სუნი. თავისუფალი სახით ინდოლი გვხვდება ქვანახშირის კუპრში და ჟასმინის ეთერზეთში.

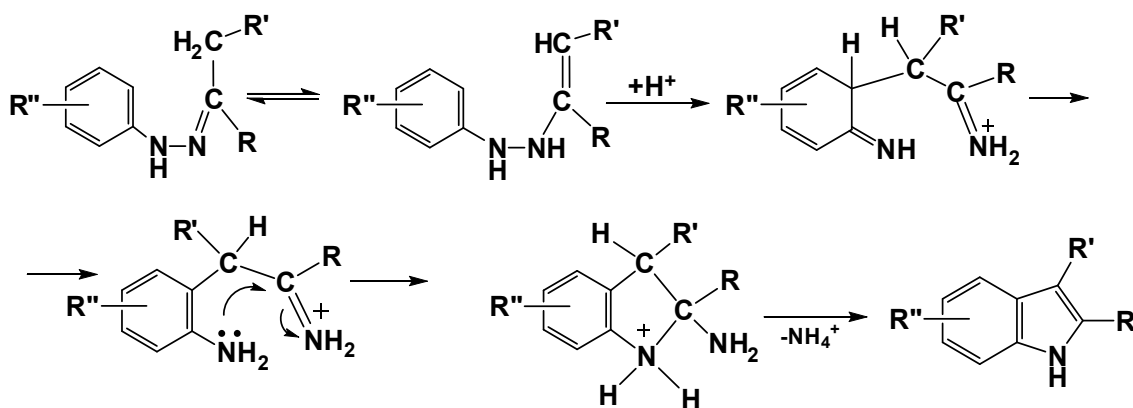
### მიღება

ინდოლი პირველად 1866 წელს იქნა მიღებული ოქსინდოლის გამოხდისას თუთიის მტვერთან (ა.ბაიერი). მე-87 სქემაზე მოყვანილია ინდოლის სინთეზის ზოგიერთი მეთოდი:

სქემა 87



ინდოლის ბირთვის სინთეზის მეთოდებიდან საუკეთესოა ალდეჰიდებისა და კეტონების არილჰიდრაზონების შიგამოლეკულური ინდოლიზაცია მჟავა კატალიზატორების თანდასწრებით - ე. ფიშერის რეაქცია (სქემა 88):

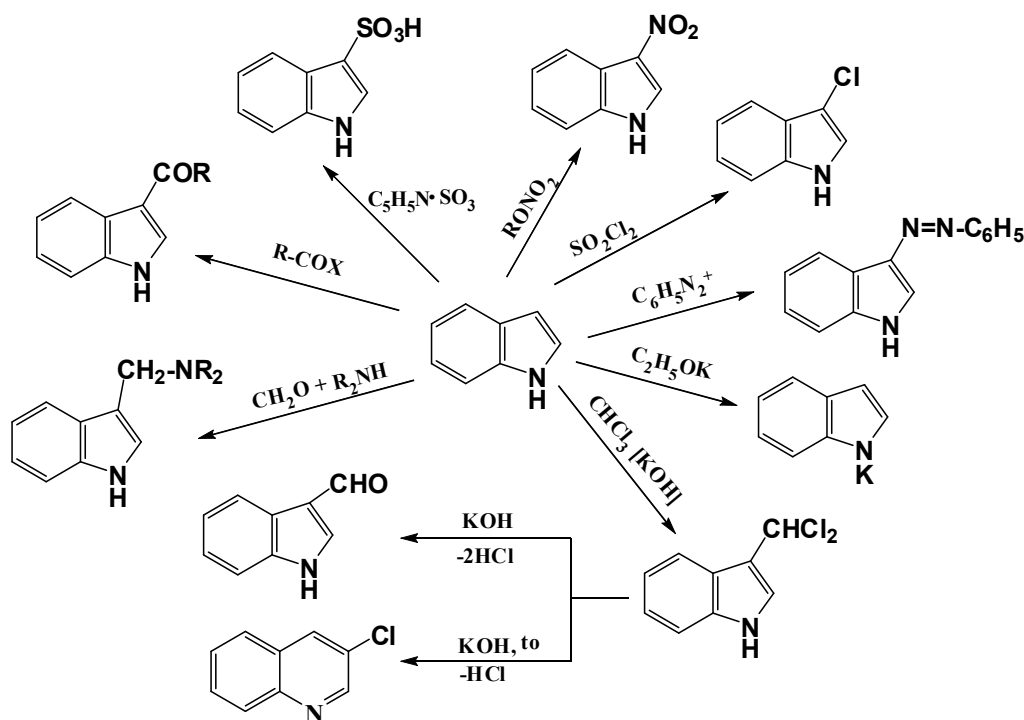


**ქიმიური თვისებები**

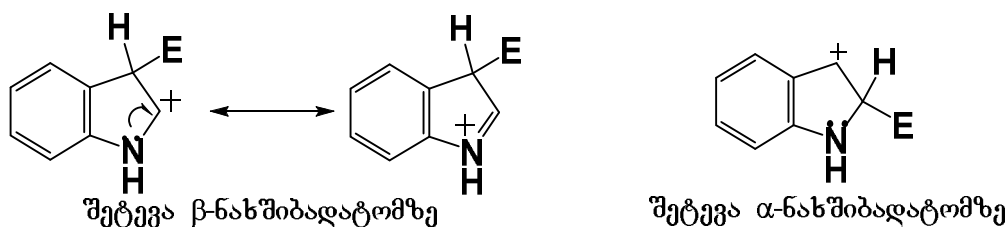
ინდოლი და 2-ალკილინდოლები ჩვეულებრივ პირობებში, ჰაერზე, ადვილად იჟანგებიან და იძენენ მონითალო შეფერილობას. ინდოლი პიროლზე გაცილებით მდგრადი და ნაკლებად აციდოფობურია.

ინდოლს, პიროლის მსგავსი ქიმიური თვისებები გააჩნია. როგორც  $\pi$ -ჭარბი არომატული სისტემა (10  $\pi$ -ელექტრონი დელოკალიზებულია 9 ატომზე), ინდოლი აქტიურად მონაწილეობს ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციებში, ამასთან, პიროლზე მეტ აქტიურობას ავლენს.

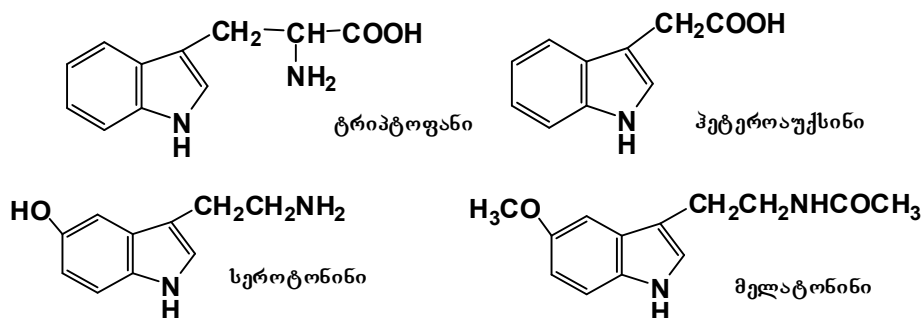
89-ე სქემაზე მოყვანილია ინდოლის ძირითადი ქიმიური თვისებები.



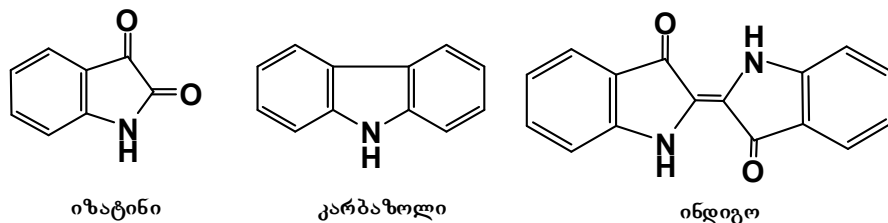
აღსანიშნავია, რომ ჩამნაცვლებელი ორიენტირდება არა  $\alpha$ -, არამედ  $\beta$ -ნახშირბადატომთან. ეს შესაბამისი  $\sigma$ -კომპლექსის გაცილებით მეტი მდგრადობით აიხსნება, რაც განპირობებულია რეზონანსულ სტაბილიზაციაში აზოტის ატომის ელექტრონული წყვილის მონაწილეობით.



ინდოლის ნანარმები ბუნებაში ყველაზე მეტად არის გავრცელებული სხვა ჰეტეროციკლების შემცველ ნაერთებთან შედარებით. შეუცვლელი ამინონჟავა – ტრიპტოფანი – ცილების უმრავლესობაში გვხვდება. მისი მეტაბოლიტია მცენარეთა ზრდის რეგულატორი – ჰეტეროაუქსინი, აგრეთვე, უმნიშვნელოვანესი ბიოგენური ამინები – ტრიპტამინი, სეროტონინი და მელატონინი. ინდოლის მრავალი ნანარმები, ბუნებრივი ან ქიმიურად მოდიფიცირებული სახით, აგრეთვე, მათი სინთეზური სტრუქტურული ანალოგები, წარმატებით გამოიყენება მედიცინაში.

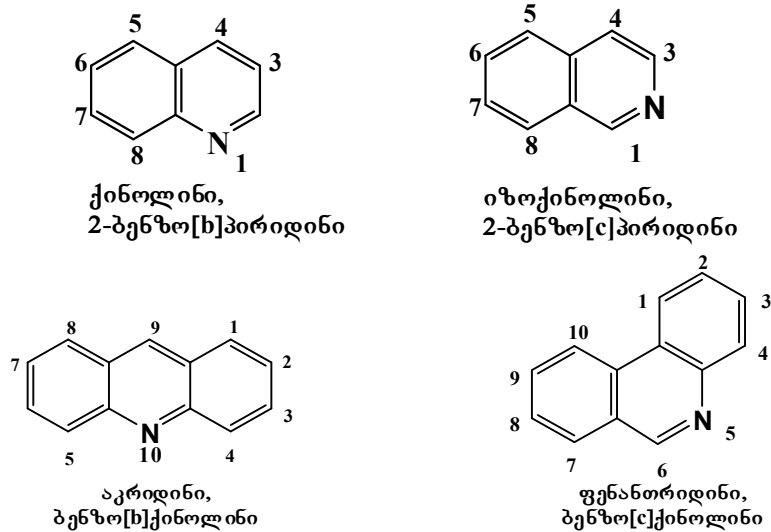


ინდოლის ბირთვის შემცველი ნაერთებიდან აღსანიშნავია აგრეთვე კარბაზოლი, იზატინი და ბუნებრივი საღებარი ინდიგო, რომლის შესწავლამ დიდად შეუწყო ხელი ჰეტეროციკლური ნაერთებისა და მთლიანად ორგანული ქიმიის განვითარებას.



## 42. კონდენსირებული ორ- და სამბირთვიანი ჰეტეროციკლური ნაერთები

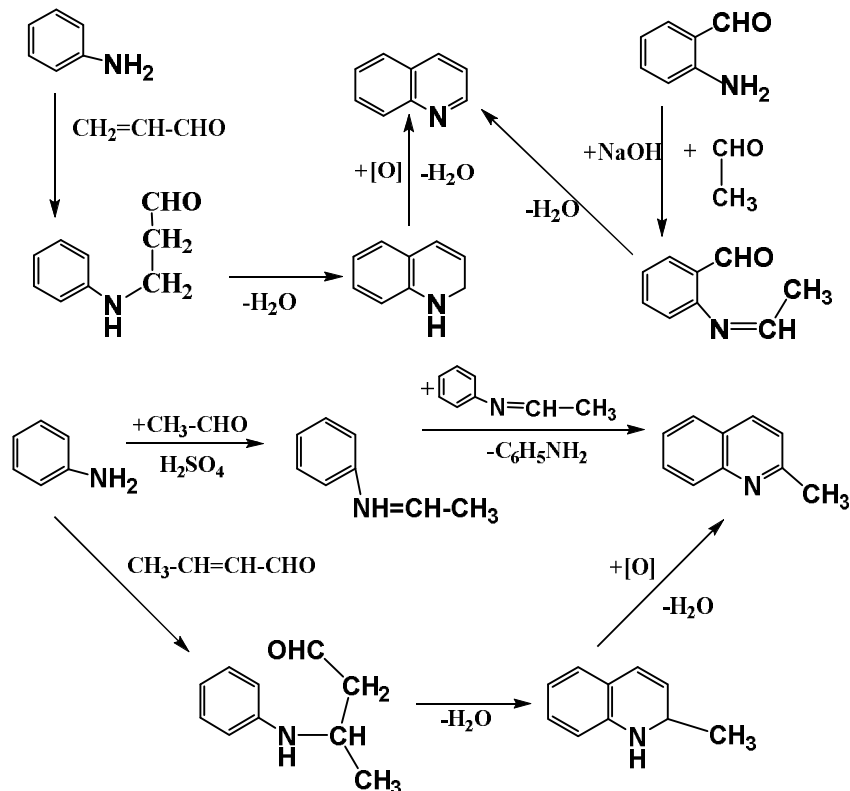
ერთი ჰეტეროატომის შემცველი ექვსნევრა კონდენსირებული ჰეტეროციკლური ნაერთებიდან აღსანიშნავია ნაფთალინის, ანთრაცენის და ფენანთრენის აზა-ანალოგები – ქინოლინი, იზოქინოლინი, აკრიდინი და ფენანთრიდინი:



ქინოლინი, იზოქინოლინი და ფენანთრიდინი, პირიდინის მსგავსად, ბუნებრივი ალკალოიდების სტრუქტურულ ელემენტებს წარმოადგენენ. ხოლო ამინო- და დიამინოაკრიდინები, აგრეთვე, მათი წარმოებულები, გამოიყენება საღებავებისა და სამკურნალო პრეპარატების წარმოებაში.

90-ე სქემაზე მოყვანილია ქინოლინის მიღების მეთოდები. მათ შორის საუკეთესო დაფუძნებულია სკრაუპის რეაქციაზე – ანილინის და გლიცერინის, ან აკროლეინის ნარევის გაცხელება კონცენტრირებული გოგირდმჟავას თანაობისას. ანილინის ნაწარმისა და  $\alpha, \beta$ -უჯერი ალდეჰიდის შერჩევით შესაძლებელია პრაქტიკულად ნებისმიერი ჩამნაცვლებლის შემცველი ქინოლინის მიღება.

სქემა 90



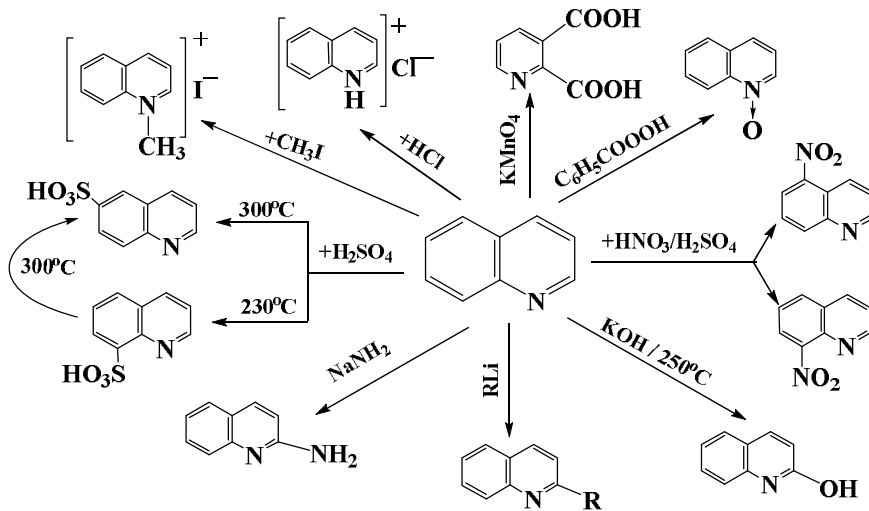
### თვისებები

ქინოლინი უფერო, წყალში მცირედ ხსნადი, დამახასიათებელი სუნის სითხეა. მისი დუღილის ტემპერატურაა  $338^{\circ}\text{C}$ . ქიმიური თვისებებით ქინოლინი ძალიან ჰგავს პირიდინს. ქინოლინის ერთიანი ორბირთვიანი სისტემა, ინდოლის მსგავსად,  $10 \pi$ -ელექტრონისაგან შედგება და, ცხადია, პირიდინის ანალოგიურად,  $\pi$ -დეფიციტურია.

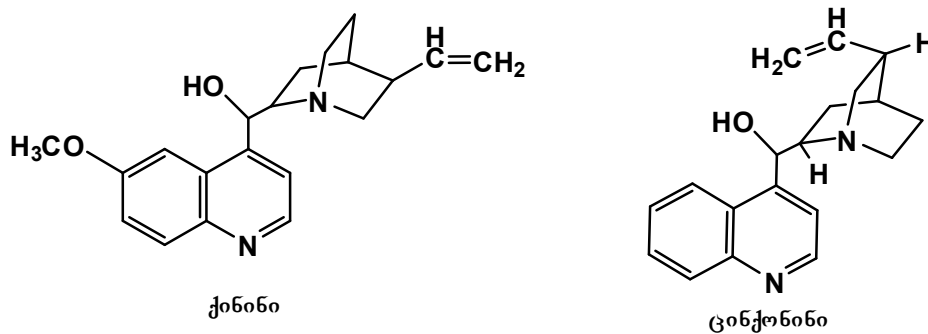
ქინოლინი ძლიერ მჟავებთან და ალკილჰალოგენიდებთან წარმოქმნის მარილებს, ქინოლინი და მისი ნაწარმები მონაწილეობენ როგორც ბენზოლის, ისე პირიდინისათვის დამახასიათებელ რეაქციებში, შესაბამისად – ელექტროფილური და ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციებში. დაჟანგვის რეაქციები, როგორც წესი, მიმდინარეობს მხოლოდ ბენზოლის ბირთვის გახსნით.

ქინოლინის ძირითადი ქიმიური თვისებები მოყვანილია 91-ე სქემაზე.

სქემა 91

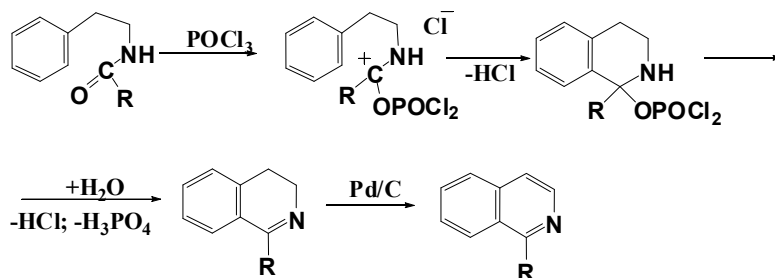


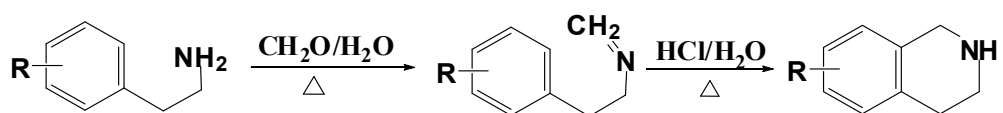
ქინოლინის ნაწარმებიდან პირველ რიგში აღსანიშნავია ალკალოიდი - ქინინი, ცინქონინი და მათი ნაწარმები:



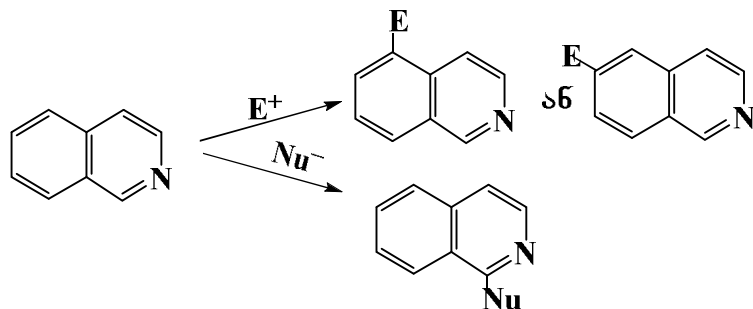
იზოქინოლინის და ქინოლინის მიღების მეთოდები და თვისებები მცირედ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. იზოქინოლინისა და ალკილიზოქინოლინებს ძირითადად ბიშლერ-ნაპირალსკისა და პიტკე-შპენგლერის მეთოდებით იღებენ (სქემა 92).

სქემა 92





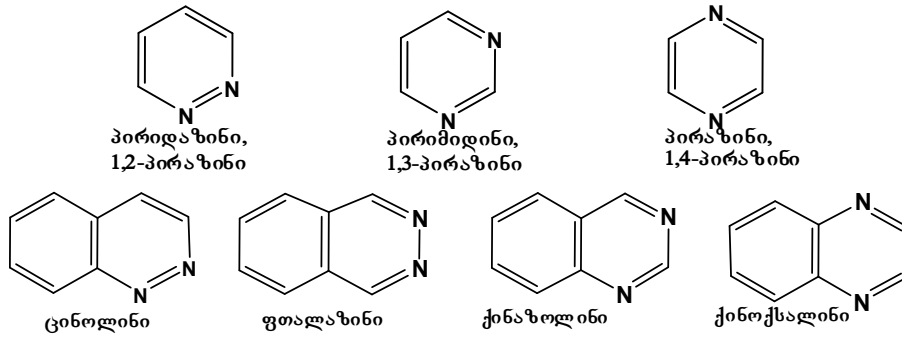
იზოქინოლინში ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციები მიმდინარეობს ქინოლინის მსგავსად, ბენზოლის ბირთვის მე-5 და მე-8 ნახშირბადატომებთან, ხოლო ნუკლეოფილური ჩანაცვლება – ქინოლინისაგან განსხვავებით - პირველ ნახშირბადატომთან და გაცილებით ადვილად.



ქინოლინი, იზოქინოლინი, ფენანთრიდინი, აკრიდინი და სხვა ჰეტეროციკლები სხვადასხვა რაოდენობით გვხვდება ქვანახშირის ფისში, რომელიც მათ სამრეწველო მიღების ძირითად წყაროს წარმოადგენს.

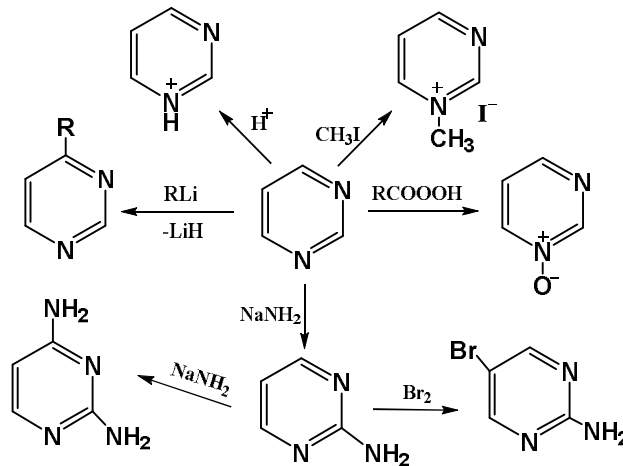
### 43. ორი აზოტის ატომის შემცველი ექვსწევრა ჰეტეროციკლები (დიაზინები)

ორი ჰეტეროატომიანი ექვსწევრა ჰეტეროციკლებიდან ყველაზე მეტ ყურადღებას იმსახურებს ორი აზოტის ატომის შემცველი არომატული სისტემები – პირიდაზინი, პირიმიდინი და პირაზინი, აგრეთვე მათი ბენზანელირებული ანალოგები. ამ ჰეტეროციკლებს შორის გამორჩეულია პირიმიდინი, რომლის წარმოებულები უმნიშვნელოვანეს ბიოლოგიურ პროცესებში იღებენ მონაწილეობას. პირიმიდინის ბირთვს შეიცავს პურინული და პირიმიდინული ფუძეები, პტერიდინები, ზოგიერთი ვიტამინი, სურნელოვანი ნივთიერება და ფერომონი.

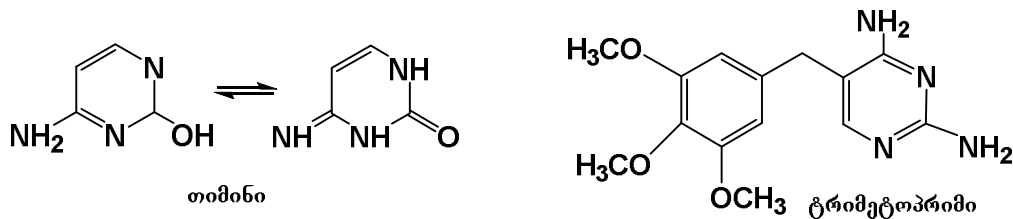


დიაზინების არომატული სისტემა ორ იმინურ აზოტის ატომს შეიცავს. მათ პირიმიდინის მსგავსი ქიმიური თვისებები აქვთ. ცხადია, გაზრდილი  $\pi$ -დეფიციტურობის გამო, პირიმიდინთან შედარებით გაცილებით ადვილად შედიან ნუკლეოფილური და, გაცილებით ძნელად – ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციებში. პირიმიდინთან შედარებით შემცირებულია, აგრეთვე, მათი ფუძე ბუნება. დიაზინების ქიმიური თვისებები, პირიმიდინის მაგალითზე, მოყვანილია 93-ე სქემაზე.

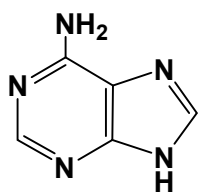
სქემა 93



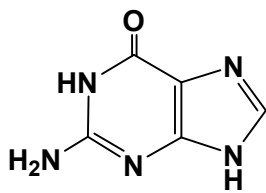
დიაზინების უმნიშვნელოვანესი ნაწარმებია ურაცილი, თიამინი, ციტოზინი, ბარბიტურმ-ჟავა, თიამინი (ვიტამინი B<sub>1</sub>), პიპერაზინი, ტრიმეტოპრიმი, ადენინი, გუანინი, ქსანტინი, კოფეინი, ფთერიდინები და სხვ.:



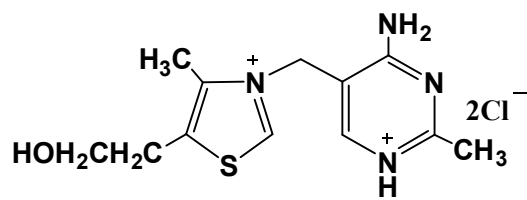




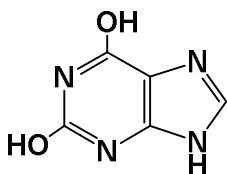
ადენინი



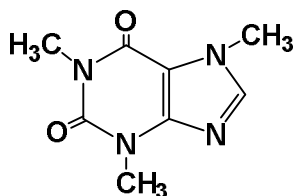
გუანინი



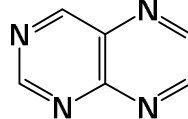
თიამინი



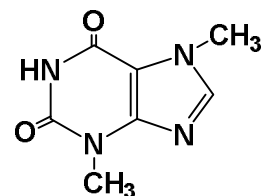
ქსანტინი



კოფეინი



ფტერიდინი



თეობრომინი

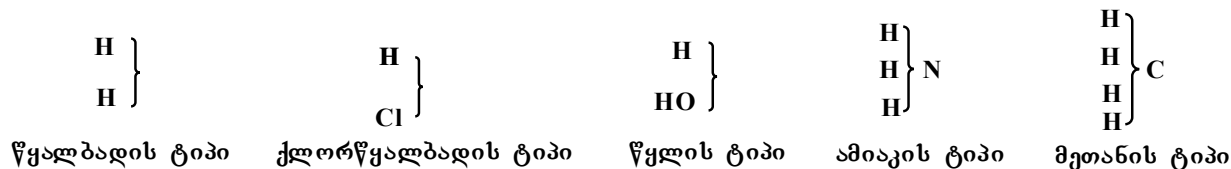
ჩვენ განვიხილეთ ჰეტეროციკლური ნაერთების კოლოსალური სამყაროს მხოლოდ ზოგიერთი უმნიშვნელოვანესი წარმომადგენელი და შევეცადეთ მათ მაგალითზე გვეჩვენებინა ამ უაღრესად საინტერესო ნივთიერებების თვისებათა სპეციფიკა.

# და ნ ა რ თ ი

## 1. რადიკალების და ტიპების თეორიები

მოლეკულის აღნაგობის შესახებ ერთ-ერთ პირველ მოძღვრებას წარმოადგენს იაკობ ბერცელიუსის ელექტრული დუალიზმის თეორია, რომლის თანახმად ნივთიერება შედგება ელექტროდადებითი (წყალბადი, მეტალები) და ელექტროუარყოფითი (ძირითადად - ჟანგბადი) ნაწილებისაგან. ბერცელიუსის თეორიული წარმოდგენების ორგანულ ქიმიაში გადმოტანის შედეგად ჩამოყალიბდა რ ა დ ი კ ა ლ ე ბ ი ს თ ე ო რ ი ა (ჟ. დიუმა, ი.ლიბიხი). ბერცელიუსის მიხედვით, ორგანულ და არაორგანულ ნაერთებს შორის ის სხვაობაა, რომ ორგანულ ნაერთებში ელექტროდადებითი ნაწილაკები უფრო რთული აგებულებისაა. ამ ელექტროდადებით ნაწილაკებს რადიკალები უწოდეს. ბერცელიუსი მათ განიხილავდა როგორც ორგანული ქიმიის „ჭეშმარიტ ელემენტებს“.

ორგანული ქიმიის შემდგომმა განვითარებამ აჩვენა რადიკალების თეორიის მცდარობა. იგი შეცვალა ტ ი პ ე ბ ი ს თ ე ო რ ი ა მ (შ. ჟერარი, ო. ლორანი). ამ თეორიის თვალთახედვით, ორგანულ ნაერთთა მთელი სიმრავლე განიხილება როგორც ოთხი არაორგანული და ერთი უმარტივესი ორგანული ნაერთის - მეთანის ნაწარმი. შესაბამისად არჩევენ: წყალბადის, ქლორწყალბადის, წყლის, ამიაკის და მეთანის ტიპს:



ტიპების თეორიამ შეძლო გარკვეული ორგანიზების შეტანა ორგანულ ნაერთთა შედარებით მარტივ წარმომადგენელთა კლასიფიკაციაში, მაგრამ იგი უმწეო აღმოჩნდა რთული მოლეკულების შემთხვევაში. ამ თეორიის მიხედვით, მოლეკულას იმდენი ფორმულა შეიძლება გააჩნდეს, რამდენ რეაქციაშიც შედის. ამ აგნოსტიკურ შეხედულებას კარგად გადმოსცემს შ. ჟერარის სიტყვები: „ნაერთის ფორმულა - მისი რეაქციის მოკლე ჩანაწერია“.

ამგვარად, XIX საუკუნის 50-იანი წლებისათვის დღის წესრიგში დადგა ორგანული ქიმიის თვისებრივად ახალი თეორიული მოძღვრების შექმნა.

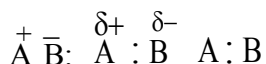
## 2. ქიმიური ბმის ტიპები

არსებობს ოთხი ტიპის ქიმიური ბმა: იონური, კოვალენტური, წყალბადური და მეტალური. განვიხილოთ პირველი ორი.

იონთა შორის დამყარებულ ელექტროსტატიკური ბუნების ქიმიურ ბმას **იონური ბმა** ეწოდება.

გაზიარებული ელექტრონული წყვილის (წყვილების) საშუალებით დამყარებულ ქიმიურ ბმას **კოვალენტური** ეწოდება.

ორ **A** და **B** ატომს შორის შეიძლება დამყარდეს სამი სახის ბმა: იონური, პოლარულ-კოვალენტური და არაპოლარულ-კოვალენტური:



**ელექტროუარყოფითობა** ეწოდება ბმაში მონაწილე ელემენტის ატომის უნარს თავისკენ გადასწიოს საზიარო ელექტრონული წყვილი.

არსებობს სამი პირობითი კრიტერიუმი:

1. ბმა კოვალენტურ არაპოლარულია, თუ მის წარმომქმნელი ელემენტების ელექტროუარყოფითობების სხვაობა  $\Delta\chi < 1,2$ ;

2. ბმა კოვალენტურ-პოლარულია, თუ  $1,2 < \Delta\chi < 1,8$

3. ბმა იონურია, თუ  $\Delta\chi > 1,8$

არსებობს ელემენტების ელექტროუარყოფითობების განსაზღვრის რამდენიმე განსხვავებული მეთოდი და შკალა.

ყველაზე გავრცელებულია **პოლინგის შკალა**.

ცხრილ 1-ში მოყვანილია ზოგიერთი ელემენტის ელექტროუარყოფითობა პოლინგის მიხედვით.

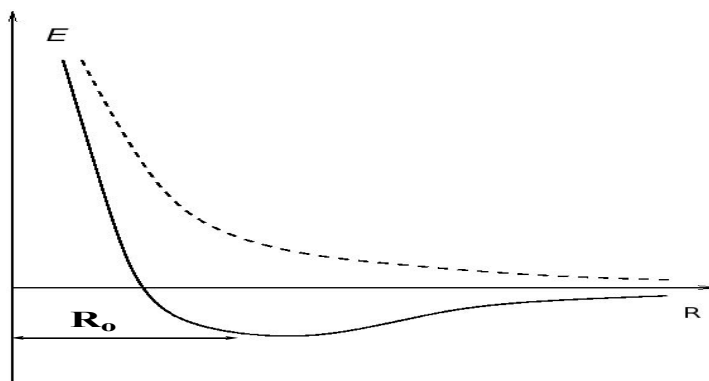
ცხრილი 1

ელექტროუარყოფითობების პოლინგის შკალა

ელემენტი	H	C	N	O	F	P	S	Cl	Br	I
ელექტროუარყოფითობა	2,1	2,5	3,0	3,5	4,0	2,1	2,5	3,0	2,8	2,5

### 2.1. კოვალენტური ბმა

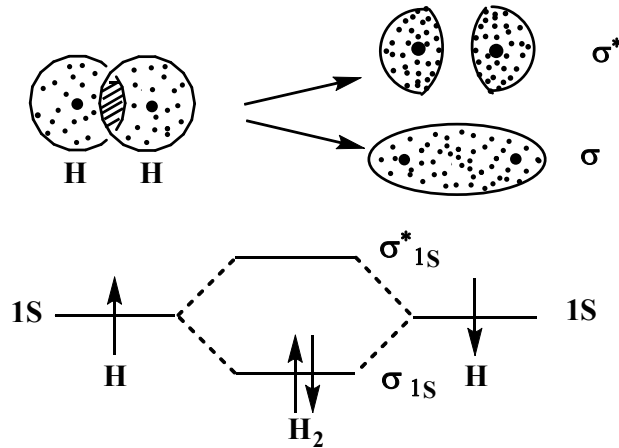
კოვალენტური ბმის არსის ინტერპრეტაცია შესაძლებელია კვანტურ-მექანიკურ წარმოდგენებზე დაყრდნობით, რაც გულისხმობს მოცემული მოლეკულის შესაბამისი შრედინგერის განტოლების ამოხსნას. პირველი გამოთვლები ჩატარებულ იქნა ჰაიტლერისა და ლონდონის მიერ წყალბადის მოლეკულისათვის. ამ გამოთვლების შედეგი ნაჩვენებია 1-ელ ნახაზზე.



ნახ.1 წყალბადის მოლეკულის ენერჯის დამოკიდებულება ატომთა შორის მანძილზე

ქვედა მრუდი შეესაბამება ბმის წარმოქმნას (ატომთა შორის მიზიდვას), ზედა მრუდი - ატომთა განზიდვას. თანამედროვე კვანტური ქიმიის ერთ-ერთი ძირითადი მეთოდის - მოლეკულური ორბიტალების (მო) ტერმინოლოგიით, ატომების მიზიდვის შემთხვევა განიხილება როგორც ატომური ორბიტალებიდან შემაკავშირებელი მოლეკულური ორბიტალების წარმოქმნა, ხოლო განზიდვა - როგორც გამთიშველი მოლეკულური ორბიტალების წარმოქმნა.

ქვემოთ მოტანილია წყალბადის ატომური ორბიტალებისაგან შემაკავშირებელი და გამთიშველი მოლეკულური ორბიტალების წარმოქმნის სქემა და შესაბამისი ენერგეტიკული დიაგრამა.



ნახ.2. წყალბადის შემაკავშირებელი  $\sigma$  და გამთიშველი  $\sigma^*$  მო-ს წარმოქმნა

ამგვარად, შემაკავშირებელ ორბიტალზე ელექტრონის ყოფნის ალბათობა ატომგულებს შორის სივრცეში (როგორც ზოგჯერ ამბობენ, ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე ატომგულებს შორის სივრცეში) მაქსიმალურია, ხოლო გამთიშველ ორბიტალზე - ნულის ტოლია (გამთიშველი ორბიტალი შედგება ორი ერთმანეთისაგან იზოლირებული ნაწილისაგან). კოვალენტური ბმის ორბიტალური სქემის პოზოციიდან შეიძლება ითქვას, რომ მისი სიმტკიცე წარმომქმნელი ატომური ორბიტალების გადაფარვის ინტენსიურობის პროპორციულია (პოლინგის კრიტერიუმი).

ზემოთ განხილულ და ყველა ისეთ შემთხვევაში, როდესაც ადგილი აქვს ატომური ორბიტალების ფრონტალურ გადაფარვას, წარმოიქმნება მარტივი ანუ სიგმა ( $\sigma$ ) ბმა. განმარტების მიხედვით, **ატომგულების შემაერთებელი წრფის გასწვრივ წარმოქმნილ ქიმიურ ბმას  $\sigma$  ბმა ეწოდება**. არსებობს მეორე ტიპის ბმა - პი ( $\pi$ ) ბმა, რომელსაც ატომური ორბიტალების ჰიბრიდიზაციის განხილვისას შევხებით.

თანამედროვე შეხედულებით, კოვალენტური ბმის წარმოქმნის რეალური მიზეზია ელექტრონთა პოტენციალური ენერჯიის შემცირება, რაც განპირობებულია ელექტრონების ყოფნის ალბათობის (ე.წ. „ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივის“) გაზრდით ატომბირთვთა შორის სივრცეში.

კოვალენტური ბმის ძირითადი მახასიათებლებია: ენერჯია, სიგრძე, პოლარობა, პოლარიზებადობა და მიმართულება.

კოვალენტური ბმის წარმოქმნა დაკავშირებულია ენერჯიის გამოყოფასთან და ამ ენერჯიას **კოვალენტური ბმის ენერჯია** ეწოდება. მე-2 ცხრილის მეორე სვეტში მოცემულია ორგანულ ნაერთებში გავრცელებული ქიმიური ბმების ენერჯიები.

**კოვალენტური ბმის სიგრძე** წარმოადგენს ბმის წარმოქმნელი ელემენტების ატომბირთვებს შორის მანძილს. მე-2 ცხრილის მესამე სვეტში მოტანილია ზოგიერთი კოვალენტური ბმის სიგრძე.

**პოლაროულ-კოვალენტურია** ბმა, რომელიც დამყარებულია სხვადასხვა ელექტროუარყოფითობის მქონე ელემენტების ატომებს შორის. ამ შემთხვევაში დადებითი და უარყოფითი

მუხტების სიმძიმის ცენტრები დაცილებულია ერთმანეთისაგან. **ბმის პოლარობის** რაოდენობრივი მახასიათებელია მისი **დიპოლური მომენტი**:

$$\mu = q \cdot r$$

სადაც **q** მუხტია, ხოლო **r** - მანძილი მუხტების სიმძიმის ცენტრებს შორის.

ქიმიური ბმების დიპოლური მომენტის ტრადიციული განზომილებაა დებაი. დიპოლური მომენტი ვექტორული სიდიდეა და მიმართულია დადებითი მუხტის სიმძიმის ცენტრიდან უარყოფითი მუხტის სიმძიმის ცენტრისაკენ. მე-2 ცხრილის მეოთხე სვეტში მოტანილია ზოგიერთი ბმის დიპოლური მომენტი.

კოვალენტური ბმის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია **პოლარიზებადობა**, რომელიც წარმოადგენს ქიმიური ბმების პოლარობის შეცვლის უნარს გარეზე ზემოქმედების შედეგად. ასეთი ზემოქმედება შეიძლება მოახდინოს ელექტრომაგნიტურმა ველმა, რეაქციის პროცესში მიახლოებულმა ნაწილაკმა, გამხსნელმა და სხვ. ზოგიერთი ქიმიური ბმის პოლარიზებადობა მოტანილია მე-2 ცხრილის ბოლო სვეტში.

## ცხრილი 2

### კოვალენტური ბმების ენერგია, სიგრძე, პოლარობა და პოლარიზებადობა

ბმის ტიპი	ენერგია, კჯ/მოლი	სიგრძე, ნმ	პოლარობა, დებაი, <b>D</b>	პოლარიზებადობა, სმ <sup>3</sup>
<b>C-C</b>	350	0,154	0	1,3
<b>C=C</b>	620	0,133	0	4,2
<b>C≡C</b>	810	0,120	0	6,2
<b>C-N</b>	290	0,147	1,2	1,5
<b>C=N</b>	615	0,127	1,3	3,8
<b>C≡N</b>	880	0,115	4,0	4,8
<b>C-O</b>	340	0,143	1,6	1,5
<b>C=O</b>	710	0,121	3,2	3,3
<b>C-F</b>	485	0,140	2,3	1,7
<b>C-Cl</b>	330	0,176	2,3	6,5
<b>C-Br</b>	260	0,191	2,2	9,6
<b>C-I</b>	240	0,212	2,0	14,6
<b>C-H</b>	415	0,109	0,4	1,7
<b>O-H</b>	465	0,096	1,5	1,9
<b>N-H</b>	390	0,101	1,3	1,6

კოვალენტური ბმების **მიმართულების** საკითხი ორგანული ნაერთების მოლეკულაში იოლი გასაგებია ატომური ორბიტალების ჰიბრიდიზაციის კონცეფციის პოზიციიდან. **sp<sup>3</sup>** ჰიბრიდიზაციის მდგომარეობაში მყოფი ნახშირბადის ნაერთები ტეტრაედრული აღნაგობისაა; **sp<sup>2</sup>** ჰიბრიდიზაციაში მყოფი ნახშირბადის ნაერთები ბრტყელი აღნაგობისაა; **sp** ჰიბრიდიზაციაში მყოფი ნახშირბადის ნაერთები წრფივი აღნაგობისაა.

### 3. ორგანულ ნაერთთა ნომენკლატურის საკითხები

„ქიმიური სახელწოდების დანიშნულება ადამიანის სახელის მსგავსია - იგი ქიმიკოსს აწვდის სიტყვას ან სიტყვათა ერთობლიობას, რომლებიც ცალსახად განსაზღვრავენ კონკრეტულ ნაერთს“.

ჯ.ბენქსი

სამეცნიერო ტერმინოლოგიის ღრმად ცოდნა ნებისმიერი მეცნიერების შესწავლის საწყისი და უმნიშვნელოვანესი ეტაპია. ეს ზოგადი კანონზომიერება, განსაკუთრებით თავს იჩენს ორგანული ქიმიის შემთხვევაში, სადაც ამჟამად არსებობს ნომენკლატურის რამდენიმე სისტემა.

ქიმიის გარიჟრაჟზე ნივთიერებებს, როგორც წესი, ანიჭებდნენ შემთხვევით, ე.წ. ტრივიალურ სახელებს. ეს სახელები დაკავშირებულია:

1. ნივთიერების მიღების ბუნებრივ წყაროსთან (ძმარმჟავა, შარდოვანა და ა.შ.);
2. ნივთიერების რაიმე სპეციფიკურ თვისებასთან (კაკოდილი - „ცუდი სუნის მქონე“, ლიმონენი - ლიმონის სუნის მქონე, პიროლი - „ნითელი ზეთი“ და ა.შ.);
3. შემსწავლელი ან აღმოჩენილი მეცნიერის სახელთან (მიხლერის კეტონი, გრინიარის რეაქტივი, შიფის ფუძე და ა.შ.);
4. მიღების მეთოდთან (გოგირდის ეთერი - ღებულობდნენ ეთილის სპირტზე გოგირდმჟავას მოქმედებით და ეგონათ, რომ იგი შეიცავდა გოგირდს; პიროყურძნის მჟავა - ღებულობდნენ ყურძნის მჟავას გაცხელებით („პიროს“ - ბერძნულად ცეცხლი) და ა.შ.);

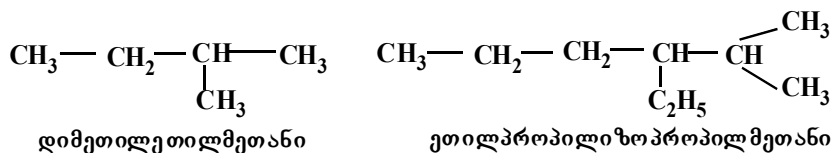
ტრივიალური სახელწოდებების არსებობა განპირობებული იყო იმ ფაქტით, რომ იმ პერიოდში ორგანულ ქიმიას არ გააჩნდა ერთიანი თეორიული საფუძვლები.

სტრუქტურული სახელწოდებების პირველი სისტემაა რაციონალური ნომენკლატურა, რომლის თეორიულ საფუძვლებს წარმოადგენს ტიპების თეორია.

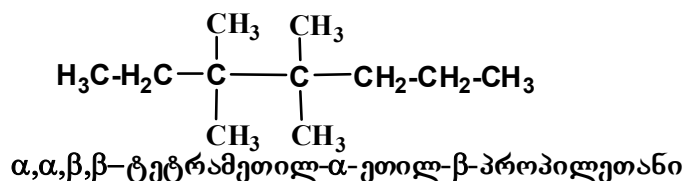
#### 3.1. რაციონალური ნომენკლატურა

რაციონალური სახელწოდების მინიჭებისას ნაერთს ადარებენ მისი ჰომოლოგიური რიგის უმარტივეს წარმომადგენელს. განვიხილოთ მაგალითები:

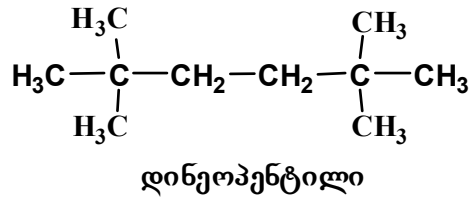
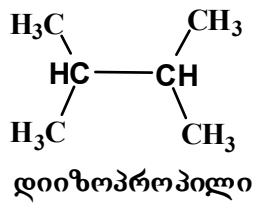
ნ ა ჯ ე რ ი ნ ა ხ შ ი რ ნ ყ ა ლ ბ ა დ ე ბ ი განიხილება როგორც მეთანი, რომლის მოლეკულაში წყალბადატომები ჩანაცვლებულია რადიკალებით. „მეთანად“ ითვლება ის ნახშირბადატომი, რომელიც შეერთებულია რადიკალების მაქსიმალურ რაოდენობასთან (მინიმალურად ჰიდროგენიზებული ნახშირბადატომი). სიტყვა „მეთანის“ წინ რადიკალები ჩამოითვლება მათი სირთულის მიხედვით. თუ მოლეკულაში რამდენიმე ერთნაირი რადიკალია, მათი დასახელების წინ იწერება წინსართები: „დი“-ორი, „ტრი“-სამი ან „ტეტრა“-ოთხი.



ზოგიერთ შემთხვევაში, სახელწოდების საფუძვლად იღებენ ეთანს, რომლის ნახშირბადატომები აღინიშნება  $\alpha$ - და  $\beta$ - ასოებით და დასახელებაში გამოიყოფა დეფიზით:

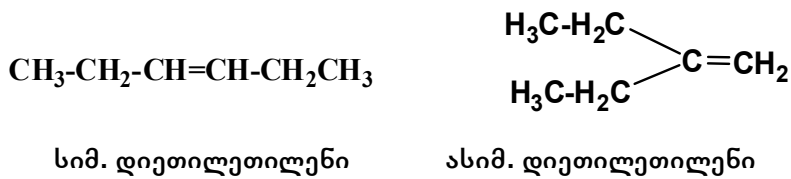


თუ მოლეკულა სიმეტრიულადაა აგებული, სახელწოდებას აწარმოებენ რადიკალის წინ თავსართი „დი“-ს დამატებით:

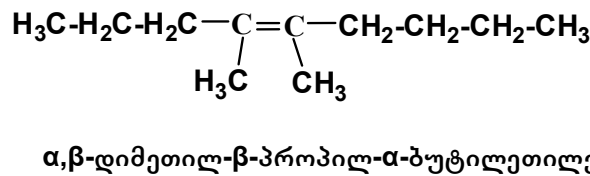


ეთილენური და აცეტილენური ნახშირწყალბადების სახელწოდებები იწარმოება შესაბამისად როგორც ეთილენის და აცეტილენის ჩანაცვლებული ნაერთებისა.

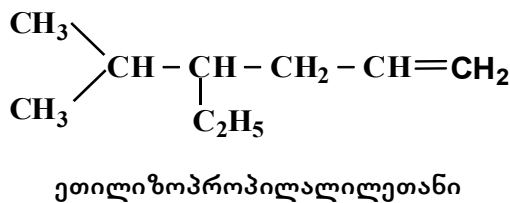
ეთილენური ნახშირწყალბადების შემთხვევაში, რადიკალები შეიძლება მდებარეობდეს ორმაგი ბმის მიმართ სიმეტრიულად ან ასიმეტრიულად:



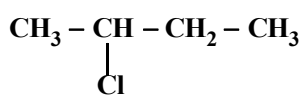
ზოგადად ნახშირწყალბადების რადიკალების მდებარეობა შეიძლება დაფიქსირდეს, თუ ეთილენის ნახშირბადატომებს ავლნიშნავთ  $\alpha$ - და  $\beta$ -ასოებით:



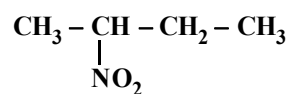
თუ ჩამნაცვლებლები რთული აღნაგობისაა და მათი დასახელება ეთილენის საფუძველზე მოუხერხებელია, სახელწოდებას აწარმოებენ ნაჯერი ნახშირწყალბადების ანალოგიურად. უჯერი რადიკალებს ასახელებენ იმავე რაოდენობით ნახშირბადატომების შემცველი ნაჯერი რადიკალების შემდეგ. ამასთან, ზოგიერთი უჯერი რადიკალისათვის მიღებულია სპეციალური სახელწოდებები:  $\text{CH}_2 = \text{CH}$ - ვინილი,  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2$ - ალილი და  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2$ - კროტილი



ჰალოგენების და ნიტროჯგუფების შემცველი ნაერთების სახელები იწარმოება განხილული წესების ანალოგიურად, ამასთან, ეს ჩამნაცვლებელი იწერება რადიკალების სახელწოდების შემდეგ:

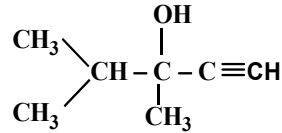
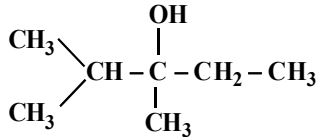


მეთილეთილქლორმეთანი



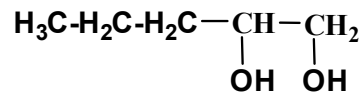
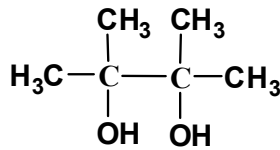
მეთილეთილნიტრომეთანი

ს პ ი რ ტ ე ბ ი განიხილება როგორც მეთილის სპირტის - კარბინოლის (CH<sub>3</sub>OH) ნანარმი:



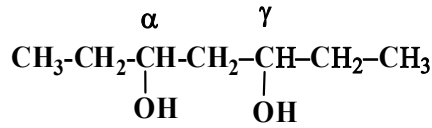
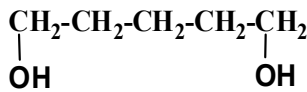
**მეთილეთილიზოპროპილკარბინოლი      მეთილაცეტილენილიზოპროპილკარბინოლი**

ორატომიანი სპირტები, ჰიდროქსილის ჯგუფებით ნახშირბადის მეზობელ ატომებთან, განიხილებიან როგორც ეთილენგლიკოლის (CH<sub>2</sub>OH-CH<sub>2</sub>OH) ნანარმები:



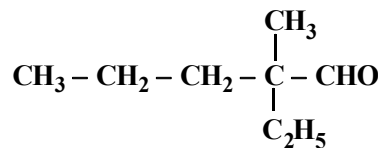
**ტეტრამეთილეთილენგლიკოლი      პროპილეთილენგლიკოლი**

თუ ჰიდროქსილის ჯგუფები მდებარეობს არამეზობელ ნახშირბადატომებთან, სა-ხელნოდებაში აღინიშნება CH<sub>2</sub> (მეთილენ) ჯგუფების რიცხვი, რომლებიც მდებარეობენ ჰიდროქსილებს შორის, ხოლო ჩანაცვლებული ჯგუფების მდებარეობა აღინიშნება ბერძნული ასოებით:



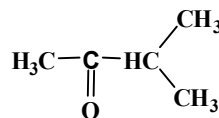
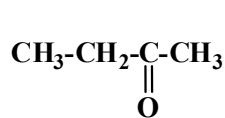
**პენტამეთილენგლიკოლი      α-ეთილ-γ-პროპილტრიმეთილენგლიკოლი**

ა ლ დ ე ჰ ი დ ე ბ ი ს სახელები შეესაბამება შესატყვისი მჟავების ტრივიალურ სახელებს, მაგ. ძმარმჟავას ალდეჰიდი - CH<sub>3</sub>CHO; ერბოს მჟავას ალდეჰიდი - CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CHO და ა.შ. ზოგჯერ ამოსავლად იყენებენ ძმარმჟავას ალდეჰიდს - ძმრის ალდეჰიდს:



**მეთილეთილპროპილძმრის ალდეჰიდი**

კ ე ტ ო ნ ე ბ ი ს სახელწოდება იწარმოება კარბონილის ჯგუფთან შეერთებული რადიკალის დასახელებით და სიტყვა „კეტონის“ დამატებით:



**მეთილეთილკეტონი      მეთილიზოპროპილკეტონი**

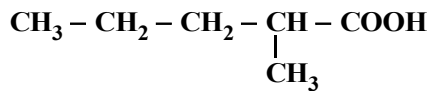


თუ რადიკალები შეიცავენ ჩანაცვლებლებს, მათი ადგილი ფიქსირდება ბერძნული ასოებით. ამასთანავე, ნუმერაცია წარმოებს კარბონილთან შეერთებული პირველი ნახშირბადატომიდან. მეორე მხარეს ნუმერაცია წარმოებს შტრიხებიანი ბერძნული ასოებით:



**α-ქლორ,α'-ბრომდიმეთილკეტონი**

არაგანშტოებულ ერთფუძიან კარბონმჟავებს გააჩნიათ ტრივიალური სახელწოდებები მიღების ბუნებრივ წყაროსთან დაკავშირებით. მაგ., **CH<sub>3</sub>COOH** - ძმარმჟავა, **CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH** - ერბოს მჟავა და ა.შ. განშტოებული მჟავები განიხილება, როგორც ჩანაცვლებული ძმარმჟავა:



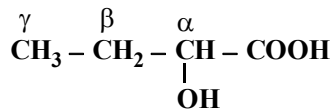
**მეთილპროპილძმარმჟავა**

თუ რადიკალები შეიცავენ ჩანაცვლებლებს, მაშინ, ისინი განიხილებიან როგორც შესაბამისი ჩაუნაცვლებელი მჟავა. ჩანაცვლებული ჯგუფის ადგილი ფიქსირდება ბერძნული ასოებით:



**α-ნიტროერბოს მჟავა**

**β-ქლორპროპიონის მჟავა**



**α-ჰიდროქსიპროპიონის მჟავა**

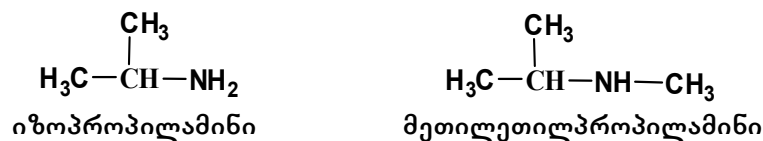
**α,β- უ ჯ ე რ ი მ ჟ ა ვ ე ბ ი ს** სახელწოდება იწარმოება აკრილის მჟავას **CH<sub>2</sub>=CH-COOH**, ხოლო **γ-, δ-, ε-** და ა.შ. მჟავების სახელწოდება იწარმოება ნაჯერი მჟავების სახელწოდებების ანალოგიურად:



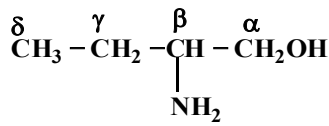
**α-ეთილაკრილის მჟავა**

**ეთილვინილძმარმჟავა**

ამინების სახელწოდება იწარმოება რადიკალის სახელწოდებიდან სიტყვა „ამინი“-ს დამატებით:

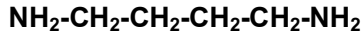


პოლიფუნქციონალურ ნაერთებში NH<sub>2</sub>- ჯგუფი აღინიშნება სიტყვით ამინო და ბერძნული ასოებით ფიქსირდება მისი მდებარეობა:



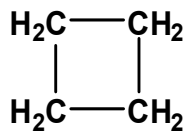
**β-ამინობუტილის სპირტი**

დიამინების სახელწოდება ინარმოება მეთილენური ჯგუფების რიცხვის მიხედვით დაბოლოება დიამინის დამატებით:

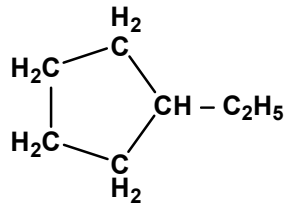


**ტეტრამეთილენდიამინი**

ციკლოპარაფინების სახელწოდება ინარმოება იმ მეთილენური ჯგუფების მიხედვით, რომლებიც ქმნიან ციკლს. რადიკალების სახელწოდება აღინიშნება ციკლის წინ:

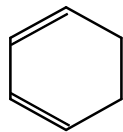


**ტეტრამეთილენი**

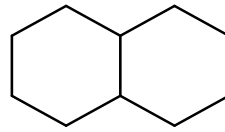


**ეთილპენტამეთილენი**

ზოგჯერ, ჰექსამეთილენის ნაწარმები და კონდენსირებული სისტემები განიხილება როგორც ნაწილობრივ ან სრულად ჰიდრირებული არტომატული ნაერთები. ამ შემთხვევაში შესატყვისი არომატული ნაერთის სახელწოდებას ამატებენ თავსართს „დიჰიდრო“, „ტეტრაჰიდრო“ და ა.შ. მიერთებული წყალბადატომების რიცხვის მიხედვით

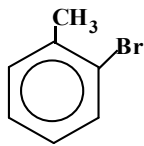


**დიჰიდრობენზოლი**

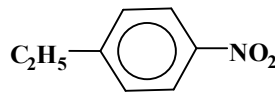


**დეკაჰიდრონაფთალინი**

არომატული ნაერთების სახელწოდება ინარმოება არსებული ჩანაცვლებების სახელწოდებების ჩამოთვლით და დაბოლოება „ბენზოლი“-ს დამატებით. ორი ჩანაცვლების ურთიერთგანლაგებას აღნიშნავენ ბერნული სიტყვებით: ორთო-, მეტა-, პარა-

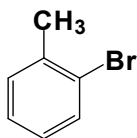


**მ-ბრომმეთილბენზოლი**

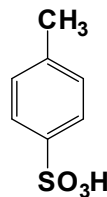


**პ-ნიტროეთილბენზოლი**

ზოგჯერ ამოსავლად იღებენ ბენზოლის რომელიმე ჰომოლოგის სახელწოდებას:

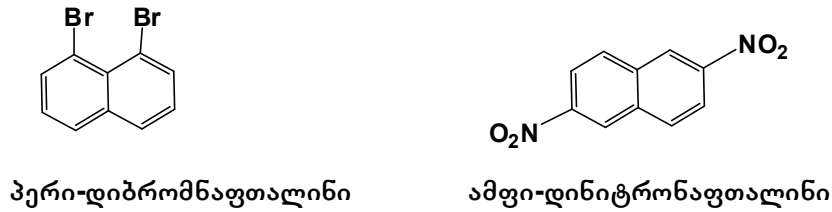
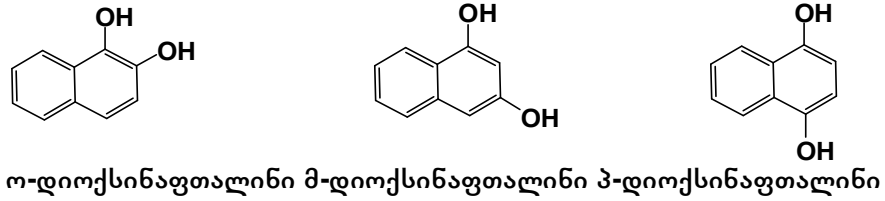
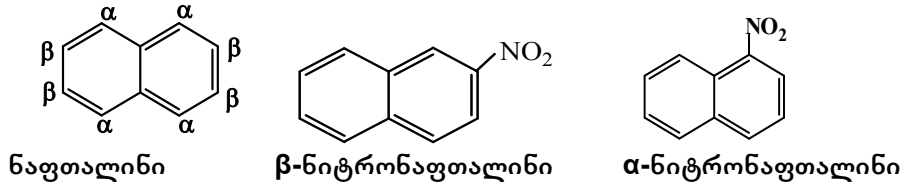


**ო-ბრომტოლუოლი**

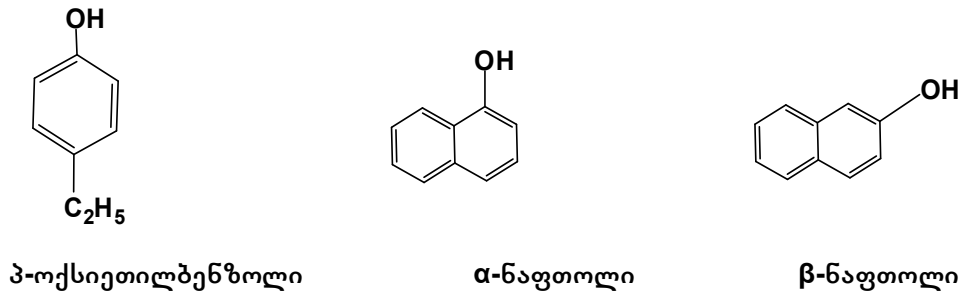


**პ-ტოლუოლსულფომჟავა**

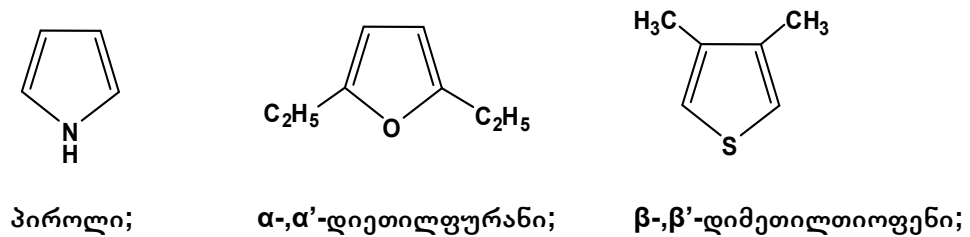
ნაფთალინის რიგში არჩევენ  $\alpha$ - და  $\beta$ - მდგომარეობას. ორი ჩამნაცვლებლის ერთ ციკლში ურთიერთმდებარეობას აღნიშნავენ სიტყვებით: ორთო-, მეტა-, პარა-, ხოლო სხვადასხვა ბირთვში - პერი- და ამფი-:



ფ ე ნ ო ლ ე ბ ს უმრავლეს შემთხვევაში ტრივიალური სახელწოდებები გააჩნიათ:



ჰ ე ტ ე რ ო ც ო კ ლ უ რ ი ნ ა ე რ თ ე ბ ის სახელწოდებები ძირითადად ტრივიალურია. ჩამ-ნაცვლებლის მდებარეობას აღნიშნავენ:  $\alpha$ -,  $\alpha'$ -,  $\beta$ -,  $\beta'$ -,  $\gamma$ - და ა.შ. ასოებით:



### 3.2. ჟენევის ნომენკლატურა

ჟენევის ნომენკლატურის პრინციპები შემუშავებულია 1892 წელს და შედგება 62 წესისაგან. ჟენევის ნომენკლატურა წარმოადგენს პირველ სისტემურ ნომენკლატურას და მისი თეორიული საფუძველია ორგანულ ნაერთთა აღნაგობის თეორია. განვიხილოთ ამ ნომენკლატურის ზოგადი პრინციპები.

ნაერთის სახელწოდების ფუძეს წარმოადგენს ნაჯერი ნახშირწყალბადის სახელწოდება, რომელიც შეიცავს იმდენივე ნახშირბადატომს, რამდენსაც მოცემულ ნაერთში ყველაზე გრძელი ნახშირბადოვანი ჯაჭვი. პრეფიქსებით და სუფიქსებით ფიქსირდება გვერდითი რადიკალები, ფუნქციური და არაფუნქციური ჯგუფები და ჯერადი ბმები. მათი ადგილი აღინიშნება არაბული რიცხვებით (მათ **ლოკანტებს** უწოდებენ) და შეესაბამება ნახშირბადატომების ნომერს ყველაზე გრძელ ჯაჭვში. ერთნაირი ჯგუფების არსებობა აღინიშნება ბერძნული, ან ლათინური რიცხვითი სახელებით. ნაერთის სახელწოდებაში ჩამნაცვლებლები ჩამოითვლება მკაცრად განსაზღვრული თანმიმდევრობით მათი პირობითი „უფროსობის“ მიხედვით. ცხრილ 3-ში მოყვანილია რთული აციკლური ნაერთის სახელწოდების შედგენის სქემა ჟენევის ნომენკლატურის საფუძველზე.

ცხრილი 3

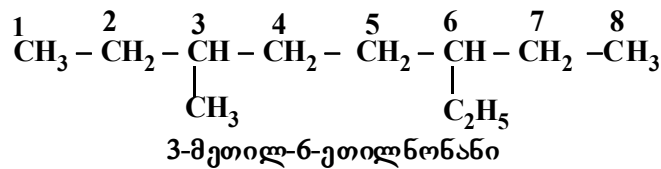
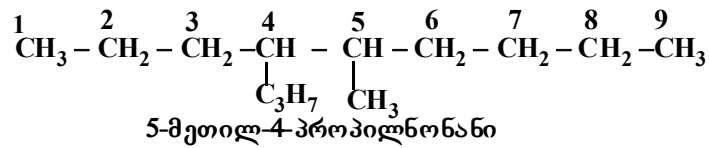
ჟენევის ნომენკლატურის საფუძველზე რთული აციკლური ნაერთის სახელწოდების შედგენის სქემა

I	II	III	IV	V	VI
არაფუნქციური ჩამნაცვლებები	აზოტოვანი ფუნქციური ჯგუფები	გვერდითი ჯაჭვის რადიკალები	ძირითადი ჯაჭვი	ბმები	ჟანგბად- და გოგირდშემცველი ფუნქციური ჯგუფები
F- ფტორ	NH <sub>2</sub> - ამინო	CH <sub>3</sub> - მეთილ	C <sub>1</sub> - მეთ-	-C-C- ანი	-OH ოლი
Cl- ქლორ	HNOH- ჰიდროქსილამინო	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> - ეთილ	C <sub>2</sub> - ეთ-	C=C- ენი	-SH თიოლი
Br- ბრომ	NH <sub>2</sub> NH- ჰიდრაზინო	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> - პროპილ	C <sub>3</sub> - პროპ-	C≡C- ინი	>C=O ონი
I- იოდ		C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> - ბუტილ	C <sub>4</sub> - ბუტ-		>S=O თიონი
NO- ნიტროზო		C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> - ამილ	C <sub>5</sub> - პენტ-		-C]HO ალი
NO <sub>2</sub> - ნიტრო		და ა.შ.	და ა.შ.		-SH თიალი
N <sub>3</sub> - აზიდო					-C]OOH ონის მჟავა
					-C]OH თიონის მჟავა
					-C]OSH თიოლის მჟავა
					-C]SSH დითიონის მჟავა
					-SO <sub>3</sub> H სულფომჟავა

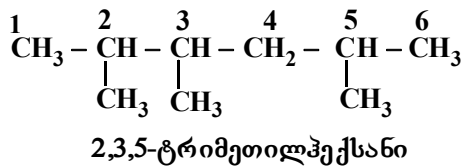
I, II და III სვეტებში მოცემული ჯგუფები სახელწოდებაში იწერება ფუძემდებ და ლოკანტი დგება მათი სახელის წინ. სახელწოდების ფუძეში „ან“ დაბოლოება - მარტივი ნახშირბად-ნახშირბად ბმების შემთხვევაში, ორგანიზმის შემთხვევაში იცვლება „ენ“-ით. ხოლო სამმაგი ბმის შემთხვევაში დაბოლოება „ინ“-ით. ჟანგბად- და გოგირდშემცველი ფუნქციური ჯგუფების (VI სვეტი) სახელწოდება იწერება ფუძის შემდეგ და ლოკანტი დგება მათ შემდეგ. ამასთანავე კვადრატული ფრჩხილით გამოყოფილი ფუნქციური ჯგუფების ნახშირბადატომი შედის ძირითადი

ჯაჭვის ნახშირბადატომების რიცხვში. ნახშირბადოვანი ჯაჭვის ნუმერაციის განსაზღვრისას ჩამნაცვლებლის უფროსობა შეესაბამება იმ სვეტის შედარებით მცირე ნომერს, რომელშიაც იგია ჩანერილი (ე.ი. ყველაზე უფროსაი გვერდითი რადიკალები, შემდეგ მოდის ჯერადი ბმები და ა.შ.) ერთ და იმავე სვეტში ყოველი ქვემოთ მდგომი ჯგუფი უფროსია ზემოთ მდგომზე (რადიკალების გარდა - რადიკალი მით უფრო უფროსია, რაც მცირეა), ასე რომ ისინი განსაზღვრავენ ნუმერაციის დასაწყისს, მაგრამ სახელწოდებაში ვასახელებთ ჯერ უმცროს ჯგუფს. განვიხილო ცალკეული კლასების ნიმუშების პრინციპები.

**ნ ა ჯ ე რ ი ნ ა ხ შ ი რ წ ყ ა ლ ბ ა დ ე ბ ი ს** პირველი ოთხი ნევრისათვის შენარჩუნებულია ტრივიალური სახელები: მეთანი, ეთანი, პროპანი, ბუტანი. შემდეგ ნორმალური აღნაგობის ჰომოლოგების სახელები წარმოადგენენ ბერძნულ ან ლათინურ რიცხვით სახელებს. განშტოებულ ნახშირწყალბადებში ძირითად ჯაჭვად ითვლება ყველაზე გრძელი და მეტად განშტოებული ჯაჭვი. ძირითადი ჯაჭვის ნუმერაციის დასაწყისს განსაზღვრავს უახლოესი ან უმარტივესი განშტოება:

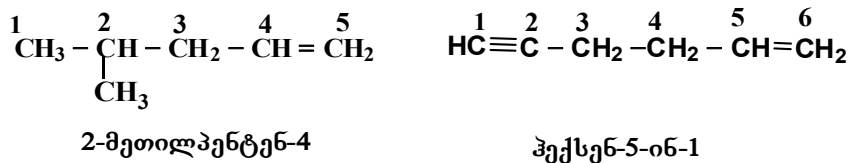


უფრო რთულ შემთხვევებში, ნუმერაციის დასაწყისს განსაზღვრავს ლოკანტების ჯამის პრინციპი:

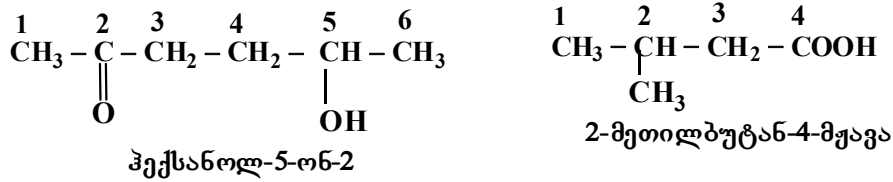
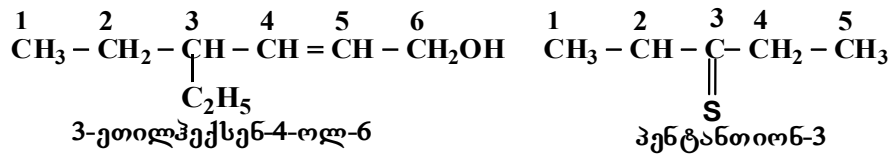


(ამ შემთხვევაში ლოკანტების ჯამი ტოლია:  $2+3+5=10$ ; ნუმერაცია რომ მარჯვნიდან დაგვეწყოს, ლოკანტების ჯამი მეტი გამოვიდოდა:  $2+4+5=11$ ).

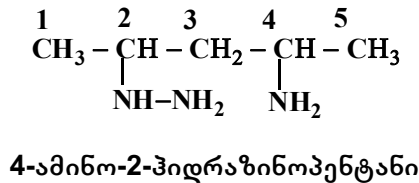
**უ ჯ ე რ ი ნ ა ხ შ ი რ წ ყ ა ლ ბ ა დ ე ბ ი ს** \_დასახელება შედგება სამი ნაწილისაგან: 1. გვერდითი რადიკალების; 2. ძირითადი ჯაჭვის და 3. დაბოლოებისაგან - „ენი“ - ორმაგი ბმის შემთხვევაში და „ინი“ - სამმაგი ბმის შემთხვევაში. კონკურენციის შემთხვევაში, სამმაგი ბმა განსაზღვრავს ნუმერაციის დასაწყისს, მაგრამ სახელწოდებაში იწერება ჯერ ორმაგი ბმის სიმბოლო „ენი“:



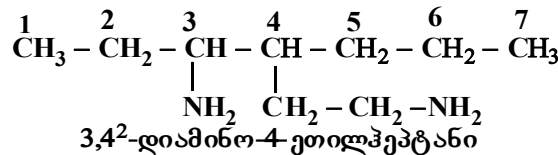
**ჟ ა ნ გ ბ ა დ - და გ ო გ ი რ დ შ ე მ ც ვ ე ლ ნ ა ე რ თ ე ბ შ ი** გოგირდშემცველი ფუნქციური ჯგუფი უფროსია ჟანგბადოვან ანალოგზე. ფუნქციური ჯგუფის ნახშირბადი (მაგ., ალდეჰიდებში, კეტონებში, კარბონმჟავებში) ითვლება ძირითადი ჯაჭვის ნუმერაციისას:



აზოტ შემცველ ნაერთებში ჯერ ასახელებენ ამინო, შემდეგ ჰიდროქსილა-  
მინოს და ბოლოს ჰიდრაზინო ჯგუფს:



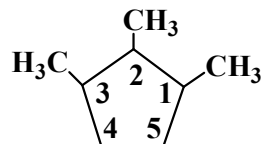
$\text{CH}_3\text{N}<$  ჯგუფს უწოდებენ N-მეთილამინოს, ხოლო  $(\text{CH}_3)_2\text{N}-$  ჯგუფს **N,N-დიმე-თილამინოს**.  
როდესაც ამინო ჯგუფი შედის გვერდით ჯაჭვში, ასახელებენ იმ ნახშირბადატომს,  
რომელთანაც შეერთებულია ეს ჯგუფი:



არაფუნქციური ჯგუფების შემცველი ნაერთებისათვის სახელწოდება იწყება ამ  
ტიპის ჩამნაცვლებლის დასახელებით. ამასთანავე ჯერ ასახელებენ ფთორს,მერე ქლორს და ა.შ.

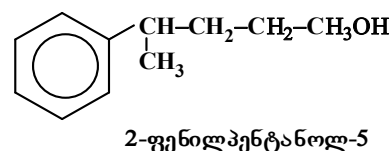
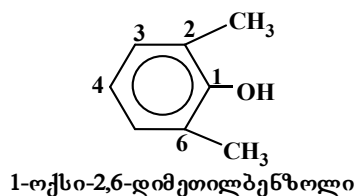
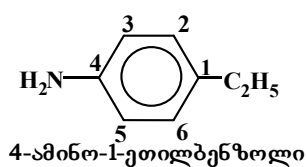


მონოციკლური ნაერთების სახელწოდება იწარმოება შესაბამისი ღია ჯაჭვი-  
ანი ნაჯერი ნახშირწყალბადის სახელზე სიტყვა „ციკლო“-ს დამატებით. ჩამნაცვლებლების შე-  
მთხვევაში ნუმერაცია ხდება აციკლურთა მსგავსად:



1,2,3-ტრიმეთილციკლოპენტანი

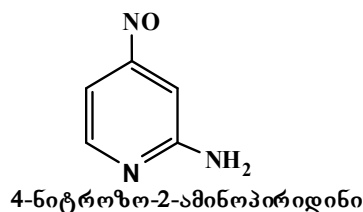
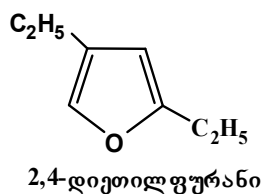
არომატული ნაერთების შემთხვევაში ხდება ბენზოლის ბირთვში ნახშირბა-  
დატომების დანომრვა 1-დან 6-მდე. ჩამნაცვლებლების რიგი ადრე განხილულის ანალოგიურია. იმ  
შემთხვევაში, როდესაც მოლეკულის ღია ჯაჭვიანი ფრაგმენტი რთულია, პირიქით, არომატული  
ფრაგმენტი განიხილება როგორც ჩამნაცვლებელი (ბენზოლის რადიკალს ეწოდება ფენილი):



ჰეტეროციკლური ნაერთების შემთხვევაში ძირითადი სახელი ენიჭება ყველაზე უფრო ჰეტეროციკლს, ხშირად ნაწერი ჰეტეროციკლი აღინიშნება ისე, როგორც ჰიდრირებული არომატული ნაერთი. უმრავლეს ჰეტეროციკლურ ნაერთს შენარჩუნებული აქვს ტრივალური სახელწოდება.

მონოციკლურ ნაერთებში ნუმერაცია იწყება ჰეტეროატომიდან, კონდენსირებულ სისტემებში კი საკვანძო ატომთან მდგომ ერთერთ უახლოეს ატომიდან. ნუმერაცია ისე შეიძლება, რომ ჰეტეროატომმა მიიღოს უმცირესი ნომერი. ჩანაცვლებული ჰეტეროციკლური სისტემების სახელწოდებები იწარმოება არომატული ნაერთების მსგავსად.

ორი ჰეტეროატომის შეცვლელ ნაერთებში ნუმერაცია იწყება უფროსი ჰეტეროატომიდან. უფროსობა ეცემა რიგში: O, S, N და სხვ. ლათინური ანბანის მიხედვით. ნუმერაციას აწარმოებენ იმ მიმართულებით, რომ მეორე ჰეტეროატომმა მიიღოს უმცირესი ნომერი:



### 3.3. იუპაკ-ის ნომენკლატურა

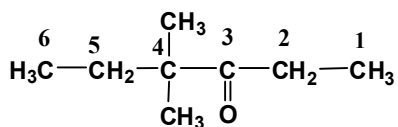
იუპაკ-ის – (IUPAC – International Union of Pure and Applied of Chemistry) ნომენკლატურის წესები შემუშავებულია სუფთა და გამოყენებითი ქიმიის საერთაშორისო კავშირის სპეციალური კომისიის მიერ.

იუპაკ-ის ნომენკლატურის მიხედვით, ძირითადად ჯაჭვი ისე უნდა შეირჩეს, რომ იგი შეიცავდეს ფუნქციურ ჯგუფს (ან ფუნქციური ჯგუფების მაქსიმალურ რაოდენობას). პოლიფუნქციურ ნაერთებში სუფიქსში აღნიშნავენ მხოლოდ მთავარ ფუნქციურ ჯგუფს (რომელიც განსაზღვრავს ნუმერაციის დასაწყისს), დანარჩენი ჯგუფების დასახელება გადატანილია პრეფიქსში. მე-4 ცხრილში მოცემულია ფუნქციური ჯგუფების აღნიშვნელი პრეფიქსები და სუფიქსები.

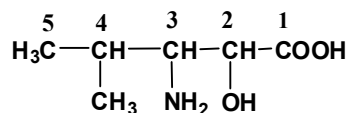
იუპაკ-ის ნომენკლატურაში გამოყენებული პრეფიქსები და სუფიქსები

ნაერთთა კლასი	ფორმულა	პრეფიქსი	სუფიქსი
ჯგუფები, რომლებიც აღინიშნება როგორც პრეფიქსში, ისევე სუფიქსებში			
კარბონის მჟავები	-C(=O)OH	---	-ის მჟავა
სულფონის მჟავები	-SO <sub>3</sub> H	სულფო-	-სულფონის მჟავა
ნიტრილები	-CN -C(≡)N	ციანო- ---	-კარბონიტრილი -ციანი
ალდეჰიდები	-CHO -C(=O)H	ფორმილ- ოქსო-	-კარბალდეჰიდი -ალი
კეტონები	>C=O	ოქსო-	-ონი
სპირტები, ფენოლები	-OH	ჰიდროქსი-	-ოლი
თიოლები	-SH	მერკაპტო-	-თიოლი
ამინები	-NH <sub>2</sub>	ამინო-	-ამინი
ჯგუფები, რომლებიც მხოლოდ პრეფიქსში აღინიშნება			
ჰალოგენნარმები	F, Cl, Br, I	ფტორ-, ქლორ-, ბრომ-, იოდ-	
ნიტროზონაერთები	NO	ნიტროზო-	
ნიტრონაერთები	NO <sub>2</sub>	ნიტრო-	
აზიდები	N <sub>3</sub>	აზიდო-	
დიაზონაერთები	N <sub>2</sub>	დიაზო-	
მარტივი ეთერები	RO	ალკოქსი-	

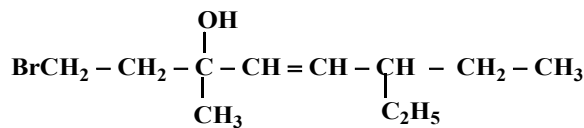
კვადრატული ფრჩხილით გამოყოფილი ფუნქციური ჯგუფების ნახშირბადატომი შედის ძირითადი ჯაჭვის ნახშირბადატომების რიცხვში. ცხრილში მოყვანილი ყოველი ზემოთ მყოფი ჯგუფი უფროსია ქვემოთაზე და დგება სახელწოდების სუფიქსში. ნუმერაციას ისე აწარმოებენ, რომ მთავარმა ფუნქციურმა ჯგუფმა (რომელიც სუფიქსში დგას) მიიღოს უმცირესი ნომერი. სახელწოდებაში ჯგუფების დასახელების მიმდევრობა ხდება ინგლისური ანბანის მიხედვით:



4,4-დიმეთილჰექსანონ-3

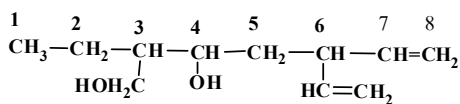


3-ამინო-4-მეთილ-2-ოქსიპენტანმჟავა

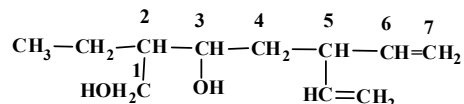


1-ბრომ-6-ეთილ-3-მეთილოქტენ-4-ოლ-3

აღსანიშნავია, რომ რაც უფრო რთულია მოლეკულა, მით უფრო განსხვავდება მისი სახელწოდება ჟენევისა და იუპაკ-ის ნომენკლატურების მიხედვით. მაგალითად, ქვემოთ მოყვანილია ნაერთის სახელწოდება ჯერ ჟენევის, ხოლო შემდეგ იუპაკ-ის ნომენკლატურის მიხედვით:



3-მეთილოლ-6-ეთენილოქტენ-7-ოლ-4 (ჟენევის)

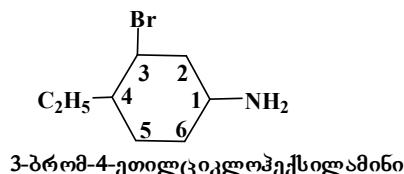
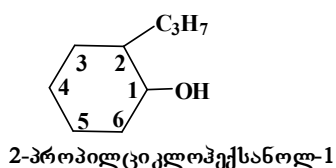


2-ეთილ-5-ვინილჰექსენ-6-დიოლ-1,3 (იუპაკის)

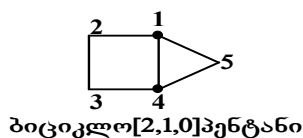


როგორც ვხედავთ, განსხვავდება როგორც დასახელება, ისე ძირითადი ჯაჭვის შერჩევის პრინციპი და ნუმერაციის რიგი.

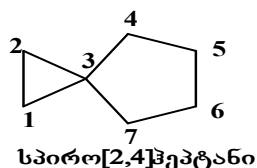
**ციკლურ ნახშირწყალბადებს** უწოდებენ შესაბამისი ალკანის სახელწოდებაზე თავსართ „ციკლო“-ს დამატებით. თუ მოლეკულა შეიცავს ჩამნაცვლებლებს, მათ აღნიშნავენ პრეფიქსებით და სუფიქსებით:



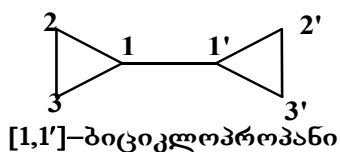
**ბიციკლური ნაერთების** სახელწოდებას აწარმოებენ ბაიერის სისტემით. სახელწოდება იწყება სიტყვით „ბიციკლო“, შემდეგ კვადრატულ ფრჩხილებში ათავსებენ არაბულ რიცხვებს მათი შემცირების მიხედვით, რომლებიც შეესაბამება ხიდებში ნახშირბადატომების რიცხვს; სახელწოდება მთავრდება სახელით, რომელიც გამოხატავს ნახშირბადატომების საერთო რიცხვს. ნუმერაცია იწყება ერთ-ერთი საკვანძო ატომიდან, ყველაზე გრძელი ციკლის გავლით - ყველაზე მოკლე ციკლისაკენ:



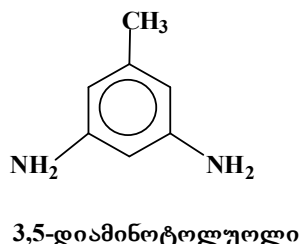
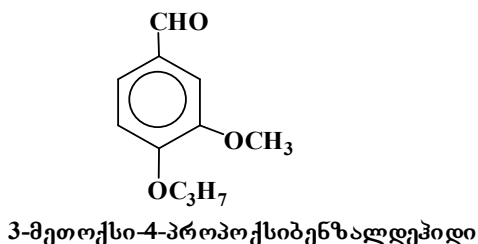
**სპირანების** სახელწოდება იწყება სიტყვით „სპირო“, შემდეგ კვადრატულ ფრჩხილებში თავსდება ციკლებში შემავალი ნახშირბადატომების რიცხვი (ზრდადობის მიხედვით) და მთავრდება სახელით, რომელიც გამოხატავს ნახშირბადატომების საერთო რიცხვს ორივე ციკლში:



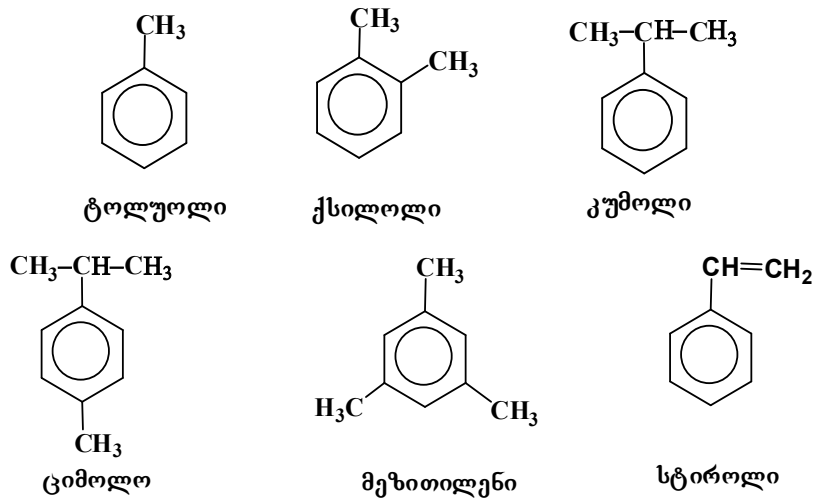
**ანსამბლების** სახელწოდება იწყება კვადრატულ ფრჩხილებში ჩასმული რიცხვებით, რომლებიც აფიქსირებენ ციკლების შეერთების ადგილებს, შემდეგ მოდის თავსართები: ბი-, ტერ-, კვატერ- (რომლებიც გამოხატავენ ციკლების რიცხვს), ბოლოს იწერება ციკლის დასახელება:



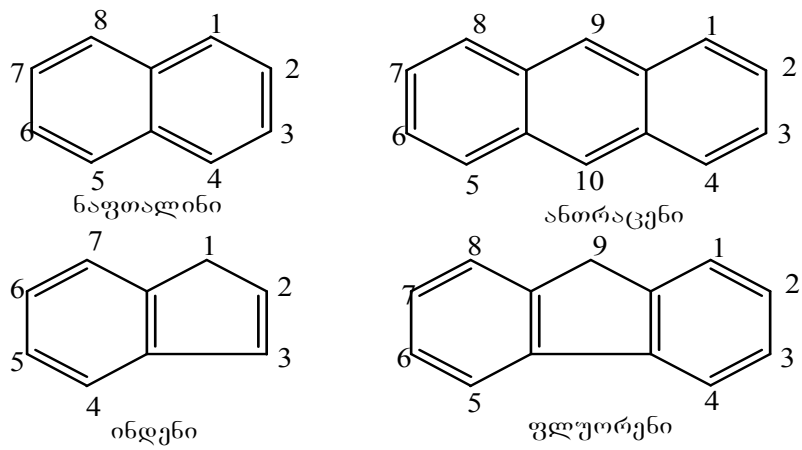
**არომატული** ნაერთებისათვის შენარჩუნებულია თავსართები ორთო-, მეტა-, პარა- პოლიჩანაცვლებული ნაერთებისათვის ნუმერაცია წარმოებს აციკლური ნაერთების მსგავსად - მინიმალური ნომერი ენიჭება უფროს ფუნქციას და ნუმერაციის გზა შეირჩევა ისე, რომ სხვა ჩამნაცვლებლებმა მიიღონ მინიმალური ნომრები:



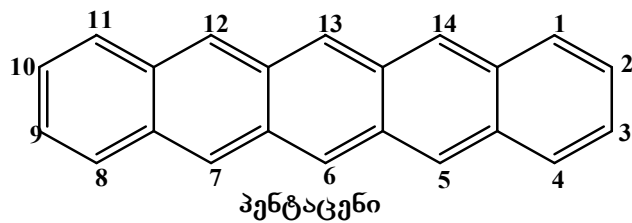
ამგვარად, ზოგიერთ შემთხვევაში, სახელწოდების ფუძედ დაშვებულია ბენზოლის უმარტივესი ჰომოლოგების სახელების გამოყენება. შენარჩუნებულია შემდეგი ტრივიალური სახელწოდებები:



ასევე, შენარჩუნებულია 25 კონდენსირებული არომატული ნახშირწყალბადის ტრივიალური სახელწოდება და მათთვის ატომთა საკუთარი ნუმერაცია, მიუხედავად ჩამნაცვლების ტიპისა. მაგალითად:



მეტი ბენზოლის ბირთვის შემცველი წრფივად კონდენსირებული არომატული ნაერთის სახელები იწარმოება ბერძნული რიცხვითი სახელისაგან დაბოლოება „აცენი“-ს დამატებით. მაგალითად:



## გამოყენებული ლიტერატურა

1. შ. სამსონია, მ. გვერდნითელი. ორგანული ქიმია. ნაწილი I. ზოგადთეორიული საფუძვლები. თბილისი, თსუ გამომც., 1995წ.
2. ბარამიძე ლ., სამსონია შ., გვერდნითელი მ. აციკლური ნახშირწყალბადები. თბილისი. თსუ გამომც., 1997წ.
3. ბარამიძე ლ., სამსონია შ., გვერდნითელი მ. ციკლური ნახშირწყალბადები. თბილისი. თსუ გამომც., 1998წ.
4. ბარამიძე ლ., სამსონია შ., გვერდნითელი მ. ჰეტეროფუნქციური ნაერთები. თბილისი. თსუ, გამომც. 2002წ.
5. ბარამიძე ლ., სამსონია შ., პაპავა რ., გვერდნითელი მ. ფუნქციურ ჯგუფში ჟანგბად- და აზოტშემცველი ნაერთები. თბილისი. თსუ გამომც., 2004 წ.
6. ლ. ბარამიძე, შ. სამსონია, ი. ჩიკვაძე, მ. გვერდნითელი. ჰეტეროციკლური ნაერთები. თბილისი, თსუ გამომც., 2009წ.
7. ბარამიძე ლ., სამსონია შ., გელაშვილი ე., ჩიკვაძე ი. არაბენზოიდური არომატული სისტემები. თბილისი. თსუ, 2000წ.
8. მ. გვერდნითელი. ორგანული ქიმიის თეორიული საფუძვლები. თბილისი. თსუ გამომც. 1989წ.
9. მ. გვერდნითელი. ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები. თბილისი. თსუ გამომც., 1982წ.
10. მ. გვერდნითელი. ორგანულ ნაერთთა ნომენკლატურის პრინციპები. თბილისი. თსუ გამომც., 1983წ.
11. ა. ნ. ნესმეიანოვი, ნ. ა. ნესმეიანოვი. ორგანული ქიმიის საწყისები. ნაწილი I. თბილისი, თსუ გამომც., 1979წ. (თარგმანი)
12. А.Н.Несмеянов, Н.А.Несмеянов. Начала органической химии. Москва.Изд.Химия. 1974г.
13. О.А.Реутов, А.Л.Курц, К.П.Бутин. Органическая химия в 4-х томах. Москва. Бинوم. Лабо-ра-тория знаний. 2004г.
14. Т. Джилкрисст. "Химия гетероциклических соединений". Москва. "Мир". 1996 г.
15. Дж.Робертс, М.Кассерио. Основы органической химии в 2-х томах. Москва. "Мир". 1976 г.
16. А.А.Петров, Х.В.Бальян, А.Т.Трощенко. Органическая химия. Москва. "Высшая школа". 1981г.
17. Р.Моррисон, Р.Бойд. Органическая химия. Москва. "Мир". 1971г.

წინასიტყვაობა .....	5
შესავალი .....	6
<b>1. ორგანულ ნაერთთა აღნაგობის კლასიკური თეორია .....</b>	<b>7</b>
<b>2. ჰიბრიდიზაციის ტიპები .....</b>	<b>9</b>
<b>3. ჩამნაცვლების ეფექტები .....</b>	<b>13</b>
3.1. ინდუქციური ეფექტი.....	13
3.2. მეზომერული ეფექტი .....	14
3.3. ზეშეუღლების ეფექტი .....	15
3.4. სივრცითი ეფექტი .....	16
<b>4. რეაქციათა კლასიფიკაცია.....</b>	<b>18</b>
<b>5. ბმის გახლეჩის ტიპები .....</b>	<b>19</b>
5.1. თავისუფალი რადიკალები .....	19
5.2. კარბკატიონები .....	20
5.3. კარბანიონები.....	21
<b>6. რეაგენტების კლასიფიკაცია .....</b>	<b>22</b>
<b>7. ნაჯერი ნახშირწყალადები (ალკანები, პარაფინები) .....</b>	<b>23</b>
<b>8. ეთილენური ნახშირწყალბადები (ალკენები, ოლეფინები).....</b>	<b>29</b>
<b>9. აცეტილენური ნახშირწყალბადები (ალკინები).....</b>	<b>35</b>
<b>10. ღრმად უჯერი ალიფატური (ღიაჯაჭვიანი, აციკლური) ნახშირწყალბადები .....</b>	<b>38</b>
10.1. ორი ორმაგი ბმის შემცველი ნახშირწყალბადები -დიენები (ალკადიენები) .....	38
10.2. ორზე მეტი უჯერი ბმის შემცველი აციკლური ნახშირწყალბადები .....	41
<b>11. ჰალოგენნარმოებულები.....</b>	<b>42</b>
11.1. ნაჯერი მონოჰალოგენნარმოებულები (მონოჰალოგენალკანები).....	42
11.2. ნაჯერი ნახშირწყალბადების დი- და პოლიჰალოგენნარმოებულები (დი- და პოლიჰალოგენალკანები) .....	42
11.3. უჯერი ნახშირწყალბადების ჰალოგენნარმოებულები.....	51
<b>12. ჰიდროქსინაერთები .....</b>	<b>54</b>
12.1. ნაჯერი ერთატომიანი სპირტები .....	54
12.2. მრავალატომიანი სპირტები.....	57
12.2.1. გლიკოლები.....	58
12.2.2. გლიცერინი .....	59
<b>13. უჯერი ერთატომიანი სპირტები .....</b>	<b>61</b>
13.1. უჯერი გლიკოლები.....	62

<b>14. ოქსონაერთები. კარბონილური ნაერთები .....</b>	<b>64</b>
14.1. ნაჯერი კარბონილური ნაერთები .....	64
14.2. დიალდეჰიდები და დიკეტონები .....	72
<b>15. უჯერი ალდეჰიდები და კეტონები .....</b>	<b>74</b>
<b>16. კარბონმჟავები .....</b>	<b>76</b>
16.1. ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავები.....	76
16.2. უჯერი ერთფუძიანი მჟავები .....	78
16.3. ნაჯერი ორფუძიანი კარბონმჟავები.....	81
16.4. უჯერი ორფუძიანი მჟავები .....	82
<b>17. აზოტმემცველი ორგანული ნაერთები.....</b>	<b>84</b>
17.1. ნიტრონაერთები. ნაჯერი (ცხიმოვანი რიგის) ნიტრონაერთები.....	84
17.2. ამინები. ნაჯერი (ცხიმოვანი რიგის) ამინები .....	87
17.3. ნიტრილები და იზონიტრილები (იზოციანიდები ანუ კარბილამინები) .....	89
17.4. ნაჯერი (ცხიმოვანი) რიგის დიაზონაერთები.....	91
<b>18. ჰეტეროფუნქციური ნაერთები.....</b>	<b>93</b>
18.1. ჰიდროქსიმჟავები .....	93
18.1.1. ერთფუძიანი ორატომიანი ჰიდროქსიმჟავები .....	93
18.1.2. ოპტიკური იზომერია.....	95
18.2. ორფუძიანი სამატომიანი ჰიდროქსიმჟავები .....	98
18.3. ორფუძიანი ოთხატომიანი ჰიდროქსიმჟავები. ღვინის მჟავები.....	99
18.4. სამფუძიანი ოთხატომიანი ჰიდროქსიმჟავები .....	101
18.5. ჰიდროქსიჭიანჭველასმჟავა – ნახშირმჟავა და მისი ნაწარმები .....	102
<b>19. ამინმჟავები.....</b>	<b>105</b>
<b>20. ოქსომჟავები (ალდეჰიდ- და კეტონმჟავები).....</b>	<b>108</b>
<b>21. ნახშირწყლები .....</b>	<b>111</b>
21.1. მონოსაქარიდები - მონოზები.....	111
მონოზების აღნაგობა.....	111
მონოზების მიღება .....	116
21.2. შაქარმაგვარი პოლისაქარიდები.....	121
23.3. პოლისაქარიდები.....	123
<b>22. კარბოციკლური ნახშირწყალბადები .....</b>	<b>127</b>
22.1. ციკლოალკანები (ციკლოპარაფინები).....	128
<b>23. ტერპენები .....</b>	<b>134</b>
<b>24. არომატული ნახშირწყალბადები (არენები) .....</b>	<b>136</b>
24.1. ბენზოლი.....	136
24.2. ბენზოლის ჰომოლოგები .....	139
<b>25. არომატულ ბირთვში ჩანაცვლების ორიენტაციის წესი.....</b>	<b>143</b>

<b>26. არომატული ჰალოგენნარმოებულები.....</b>	<b>149</b>
<b>27. არომატული ჰიდროქსინაერთები.....</b>	<b>153</b>
27.1. ერთატომიანი ფენოლები.....	153
27.2. მრავალატომიანი ფენოლები.....	155
27.3. არომატული სპირტები.....	157
<b>28. არომატული ოქსონაერთები.....</b>	<b>159</b>
<b>29. არომატული კარბონმჟავები.....</b>	<b>163</b>
<b>30. არომატული ნიტრონაერთები.....</b>	<b>167</b>
<b>31. არომატული ამინები.....</b>	<b>169</b>
<b>32. არომატული დიაზო- და აზონაერთები.....</b>	<b>171</b>
<b>33. მრავალბირთვიანი არომატული ნაერთები.....</b>	<b>173</b>
33.1. არომატული ნახშირწყალბადები არაკონდენსირებული ბირთვებით.....	173
33.2. არომატული ნახშირწყალბადები კონდენსირებული ბირთვებით.....	176
33.2.1. ნაფთალინი.....	176
33.2.2. ანთრაცენი და ფენანთრენი.....	179
<b>34. უმაღლესი პოლიციკლური ნახშირწყალბადები.....</b>	<b>182</b>
<b>35. არომატული თვისებების მქონე არაბენზოიდური კარბოციკლური ნაერთები.....</b>	<b>183</b>
35.1. ორ $\pi$ -ელექტრონიანი არომატული სისტემები.....	183
35.2. ექვს $\pi$ -ელექტრონიანი არომატული სისტემები.....	183
35.3. ექვსზე მეტ $\pi$ -ელექტრონიანი არომატული სისტემები.....	187
<b>36. ჰეტეროციკლური ნაერთები.....</b>	<b>190</b>
36.1. ჰეტეროციკლური ნაერთების კლასიფიკაცია და ნომენკლატურა.....	190
<b>37. სამწევრა და ოთხწევრა ჰეტეროციკლები.....</b>	<b>191</b>
<b>38. ერთი ჰეტეროატომის შემცველი ხუთწევრა ჰეტეროციკლები.....</b>	<b>192</b>
38.1. პიროლი.....	193
38.2. ფურანი.....	194
38.3. თიოფენი.....	196
<b>39. ორი ჰეტეროატომის შემცველი ხუთწევრა ჰეტეროციკლები.....</b>	<b>197</b>
<b>40. ექვსწევრა ჰეტეროციკლები.....</b>	<b>198</b>
<b>41. ორ- და მრავალბირთვიანი ჰეტეროციკლები.....</b>	<b>201</b>
<b>42. კონდენსირებული ორ- და სამბირთვიანი ჰეტეროციკლური ნაერთები.....</b>	<b>204</b>
<b>43. ორი აზოტის ატომის შემცველი ექვსწევრა ჰეტეროციკლები (დიაზინები).....</b>	<b>207</b>

<b>და ნ ა რ თ ი .....</b>	<b>209</b>
1. რადიკალების და ტიპების თეორიები .....	209
2. ქიმიური ბმის ტიპები .....	210
2.1. კოვალენტური ბმა .....	210
3. ორგანულ ნაერთთა ნომენკლატურის საკითხები .....	213
3.1. რაციონალური ნომენკლატურა .....	213
3.2. ჟენევის ნომენკლატურა .....	219
3.3. იუპაკ-ის ნომენკლატურა .....	222
<b>გამოყენებული ლიტერატურა .....</b>	<b>226</b>

წიგნი გამოსაცემად მომზადდა  
ივანე ჯავახიშვილის სახელობის  
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
გამომცემლობაში

გამოცემაზე მუშაობდა ნ. დვალი



0179 თბილისი, ილია ჭავჭავაძის გამზ., 14  
14, Ilia Tchavtchavadze Avenue, Tbilisi 0179  
Tel: 995 (32) 225 14 32  
[www.press.tsu.edu.ge](http://www.press.tsu.edu.ge)

წიგნი წარმოადგენს ორგანული ქიმიის სახელმძღვანელოს ქიმიკოს-ბაკალავრებისთვის.

მასში განხილულია ორგანული ქიმიის უმთავრესი თეორიული საკითხები და ორგანულ ნაერთთა ძირითადი კლასები. სხვადასხვა ჰომოლოგიურ რიგში ნაერთთა მიღების მეთოდები და მათი ქიმიური თვისებები ძირითადად წარმოჩენილია სქემების სახით.