

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ა. სანაძე, ნ. მასხარაძე, ჯ. ჭირაქაძე
ნ. ლონღაძე, ზ. გელიაშვილი, ე. ელიზბარაშვილი

ორგანული სინთეზი

ნაწილი III



დამტკიცებულია დამხმარე
სახელმძღვანელოდ სტუ-ს
სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

თბილისი
2005

განხილულია ორგანული ნაერთების ჟანგვა-აღდგენის, კონდენსაციისა და სულფირების რეაქციების თეორიული საფუძვლები.

დამხმარე სახელმძღვანელო განკუთვნილია ქიმიური ტექნოლოგიის დეპარტამენტის ქიმიის პროფილის (სპეციალობები: 250100, 251604, 0405, 250200, 250800, 250900, 251100, 251300, 270200, 270400, 250300, 251505, 270704, 2707, 250106, 250101, 250301) სტუდენტებისათვის.

იგი ასევე დახმარებას გაუწევს მაგისტრანტებს.

© გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2005

ISBN 99940-40-32-4 (სამივე ნაწილი)

ISBN 99940-40-44-8 (მესამე ნაწილი)

წინასიტყვაობა

ორგანული სინთეზის, რომლის მიღწევებით სარგებლობს მრეწველობის პრაქტიკულად ყველა დარგი, თანამედროვე მიზანს წარმოადგენს წინასწარ დასახული თვისებების მქონე ნაერთების მიღება. ამასთან დაკავშირებით იზრდება და ღრმავდება უმაღლეს სასწავლებლებში ორგანული სინთეზის თეორიული და პრაქტიკული საწყისების სწავლების პრობლემა. საყოველთაოდ აღიარებულია რომ ორგანული სინთეზის ლაბორატორიაში ყალიბდება ქიმიკოსი.

ორგანული სინთეზის პროგრამა მოიცავს პრაქტიკული ორგანული ქიმიის მნიშვნელოვან საკითხებს (პალოგენირება, ნიტრირება, აცილირება, კონდენსაცია, სულფირება, ჟანგვა-აღდგენა, ღიაზოტირება და სხვ.), რომელთა შესწავლა ხელს უწყობს თეორიული ორგანული ქიმიის ძირითადი დებულებების შემოქმედებით ათვისებას.

ლაბორატორიული მეცადინეობების დროს ხდება პრაქტიკული ჩვენებების ათვისება და გამომუშავება. სტუდენტი ამავე დროს ეჩვევა ქიმიური ცნობარით და სხვა დამხმარე სახელმძღვანელოებით სარგებლობას, ქიმიური ჭურჭლის გამოყენებას, გასუფთავებას, დანადგარების ლამაზად და კომპაქტურად აწყობას, ჩატარებული სამუშაოების დამოუკიდებლად გაფორმებას.

წინამდებარე ნაშრომში, რომელიც წარმოადგენს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ორგანული ქიმიის კათედრის მეთოდური მითითებების ნაწილს, განხილულია ორგანული სინთეზის ლაბორატორიული სამუშაოების შემდეგი მნიშვნელოვანი საკითხები: ჟანგვა-აღდგენა, კონდენსაციისა და სულფირების რეაქციები.

1. ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები

ქიმიურ პროცესებში მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენის რეაქციებს დიდი გამოყენება აქვს, ქიმიური რეაქტივების დაახლოებით 90% ჟანგვა-აღდგენითია.

განსაკუთრებულ დატვირთვას იძენს ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციები ორგანული ქიმიის სამყაროში. აღნიშნულ რეაქციებს ეყრდნობა როგორც ურთულესი სასიცოცხლო, ასევე შედარებით მარტივი წვის პროცესები.

ჟანგვა-აღდგენის რეაქტივების ქიმიზმის საფუძვლიანმა შესწავლამ განაპირობა მრავალი ორგანული ნაერთის გამოყენება ორგანულ სინთეზში. წარმოებაში დაჟანგვის რეაქციითღებულობენ სპირტებს, ალდეჰიდებს, მჟავებს, ანჰიდრიდებს, საღებრებს, ცხიმებს, ანტიდეტონატორებს და სხვა მნიშვნელოვან ნივთიერებებს.

ზოგადად ჟანგვა-აღდგენა შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც პროცესი, რომლის დროსაც მიმდინარეობს ელექტრონების მიმოცვლა ელემენტებს შორის. ელემენტის ან შესაბამისად ნაერთის დაჟანგვისას, ადგილი აქვს ამ ელემენტის მიერ ელექტრონების კარგვას, რის შედეგადაც მცირდება მისი ელექტროუარყოფითობა (შესაბამისად იზრდება ელექტროდადებითობა).

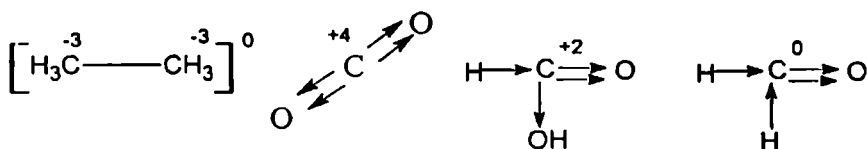
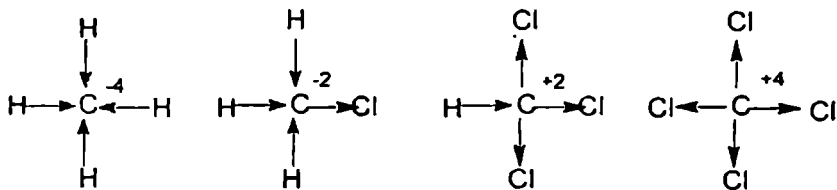
არაორგანული ნივთიერებების შემთხვევაში ელექტრონების დაკარგვა (დაჟანგვის პროცესი), ან შეძენა (აღდგენის პროცესი), ადვილად დასტურდება ელემენტის ვალენტობის შეცვლით. ორგანულ ნაერთებში, როგორც წესი, ნახშირბადის ვალენტობა არ იცვლება, მაგრამ იცვლება საერთო ელექტრონების რაოდენობა.

თანამედროვე შეხედულებების თანახმად ჟანგვა-აღდგენის რეაქციებად იწოდებიან არა მარტო ის რეაქციები, რომლებშიც მონაწილეობს ჟანგბადი ან წყალბადი, არამედ ის რეაქციებიც, რომლებშიც იცვლება ჟანგვითი რიცხვი. ამასთან დაკავშირებით ჟანგვის რეაქტივებში ერთიანდებიან ქლორირების, ნიტრირების, სულფირების, ამინირების და სხვა რეაქციები.

ამჟამად ჟანგვა-აღდგენის პროცესებში ხშირად გამოიყენება ჟანგვის ხარისხის (ჟანგვითი რიცხვი) ცნება.

ჟანგვის ხარისხი ორგანულ ნაერთებში ფორმალური მუხტია, რომელიც შესაბამის ნაერთში გააჩნია ელემენტს იმ ვარაუდით, რომ ბმა არის იონური, ე.ი. ელექტრონული წყვილი მთლიანად გადახრილია უფრო მეტად ელექტროუარყოფითი ელემენტისაკენ. ეს გადახრა აღინიშნება ისრით.

მიღებულია, რომ ისრის დასაწყისს შეესაბამება „+“, ხოლო ბოლოს „-“. ერთი და იგივე ატომების დაკავშირებისას თვლიან, რომ ელექტრონების გადახრას არა აქვს ადგილი.

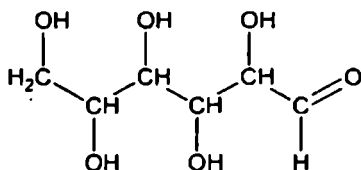
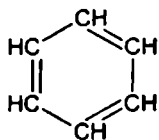
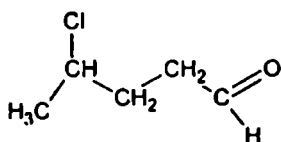


უნდა აღინიშნოს, რომ ორგანულ ქიმიაში ჟანგვითი რიცხვი ხშირად არ შეესაბამება ვალენტობას და მას არა აქვს ფიზიკური არსი; მიუხედავად ამისა, ფართოდ გამოიყენება ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების გათანაბრებისას.

რადგან O, N, S, Br ელემენტების ელექტროუარყოფობა უფრო მაღალია, ვიდრე ნახშირბადის, ნებისმიერი მათგანი - დაკავშირებული ნახშირბადთან, ფაქტიურად ამცირებს ჟანგვის ხარისხს, ხოლო ყოველი წყალბადის ატომი, რომელიც გაცილებით უფრო ნაკლებად ელექტროუარყოფითია, ვიდრე ნახშირბადი, ზრდის ნახშირბადის ატომის ჟანგვის ხარისხს.

საბოლოო ჯამში მოლეკულაში ატომების ჟანგვითი რიცხვების ალგებრული ჯამი ნულის ტოლია.

გამოიანგარიშეთ ნახშირბადის ატომების ჟანგვითი რიცხვი შემდეგ ნაერთებში



1.1. შანგვის რეაქციები

დაჟანგვის პროცესზე და, შესაბამისად მიღებული პროდუქტის შედგენილობაზე დიდ გავლენას ახდენს დამჟანგველის ბუნება.

დამჟანგველის შერჩევისას აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას მისი თვისებები და დამოკიდებულება დასაჟანგ ნაერთთან. აღსანიშნავია, რომ არსებობს სპეციფიკური დამჟანგველები, რომლითაც ჟანგავენ ნაერთების მხოლოდ გარკვეულ ჯგუფს. გარდა ამისა დამჟანგველი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

1. უნდა იყოს აქტიური
2. შესაძლებელი უნდა იყოს რეაქციის გაჩერება საჭირო სტადიაზე
3. მაქსიმალურად შემცირდეს თანაური პროდუქტების წარმოქმნა
4. ადვილად გამოიყოს სარეაქციო არედან ძირითადი პროდუქტი

ორგანულ სინთეზში დამჟანგველებად გამოიყენება ჟანგბადი (O_2); კალიუმის ბიქრომატი $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (მჟავა არეში); კალიუმის პერმანგანატი KMnO_4 (მჟავა, ტუტე და ნეიტრალურ არეში), აზოტმჟავა და აზოტის ოქსიდები, წყალბადის პეროქსიდი, იოდმჟავა (HIO_4), ოზონი, ტყვიის (IV) და ოსმიუმის (IV) ოქსიდები, ნიტრობენზოლი და სხვა.

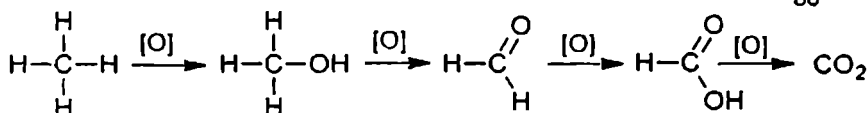
ქვემოთ განხილული იქნება დაჟანგვის რეაქციები ჟანგბადის მონაწილეობით ორგანული ნაერთების ძირითადი კლასების მიხედვით.

1.1.1. ალკანების ჟანგვა

ნორმალური ჯაჭვის მქონე ნახშირწყალბადები ხასიათდებიან მდგრადობით დამჟანგველების მიმართ. თუმცა მათი ჟანგვა მიმდინარეობს მჟავა არეში, ხშირად კატალიზატორების თანაობისას. ჟანგვის პირობები პირდაპირ დამოკიდებულებაშია ჯაჭვის სიგრძესთან და განშტოებებთან. განსაკუთრებით აღვილად იჟანგება შესამეული ნახშირბადის ატომი.

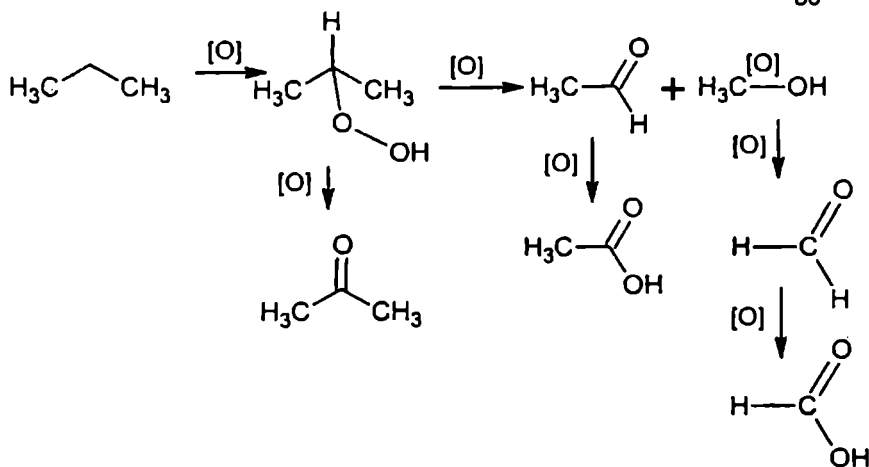
ნახშირწყალბადების ჟანგვის პროცესი მიმდინარეობს სტადიებად. მაგალითისათვის განვიხილოთ მეთანი, სადაც ნათლად ჩანს პროცესის საფეხურებრივი მიმდინარეობა.

სქემა 1



პირველ საფეხურზე წარმოიქმნება არამდგრადი ზეჟანგი, რომელიც თავის მხრივ გარდაიქმნება სპირტად, ალდეჰიდად და მჟავად:

სქემა 2



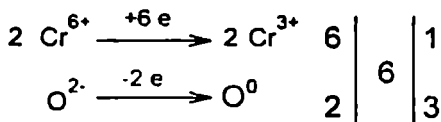
როგორც სქემა 1 ჩანს, თანაური პროდუქტებია სპირტი, ალდეჰიდი და მჟავა. მოყვანილი სქემის გამოყენებით შესაძლებელია ზოგიერთი ჟანგვის რეაქციის გათანაბრების წესის განხილვა.

ჟანგბადისა და სხვა დანარჩენი დამჟანგველების ($K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$) გამოყენებისას საჭიროა მაღალი ტემპერატურა. ამ დროს ხდება ნახშირწყალბადის გახლეჩა და ჟანგვა მჟავებამდე. ნახშირწყალბადების ჟანგვის რეაქციები ხშირად ემთხვევა მათი დაშლის რეაქციებს. აღსანიშნავია, რომ ამ მეთოდით წარმოებაში მიმდინარეობს მაღალმოლეკულური მჟავების მიღება.

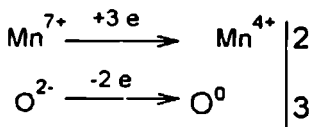
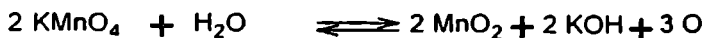


ნახშირწყალბადების მკაცრ პირობებში ჟანგვისას (წვის პროცესი) გამოიყოფა ნახშირორჟანგი, წყალი და დიდი რაოდენობით სითბო. ამიტომ ნახშირწყალბადებს იყენებენ როგორც სათბობს. დადგენილია, რომ მაგალითად ბენზინის დეტონაციური თვისებები დამოკიდებულია მასში შემავალი ნახშირწყალბადების აღნაგობაზე. ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე (მესამეული ნახშირბადის შემცველი ნაერთების ჟანგვის სიადვილე) იზოოქტანი უფრო ადვილად იჟანგება, ვიდრე ნ-ჰექტანი, ამიტომ მიღებულია სტანდარტი: ოქტანური რიცხვი, რომელიც იზოოქტანისათვის მიღებულია 100, ხოლო ნ-ჰექტანისათვის 0. ამგვარად, ოქტანური რიცხვი გვიჩვენებს რამდენ პროცენტ იზოოქტანს შეიცავს იზოოქტან-ჰექტანის ხელოვნური ნარევი, რომელსაც სპეციალურ პირობებში გამოცდის დროს, აქვს ისეთივე მადეტონირებელი თვისებები, რაც გამოსაცდელ საწვავს. ფართოდ გამოყენებული დამჟანგველების მაგალითზე ($KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$) განვიხილოთ ორგანული ნაერთების ჟანგვის რეაქციების ზოგიერთი წესი. ამ მიზნით დამჟანგველები განვიხილოთ როგორც ცალკე სისტემები, რომლებშიც მთავარი დამჟანგველია ატომური ჟანგბადი:

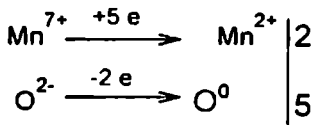
სქემა 3



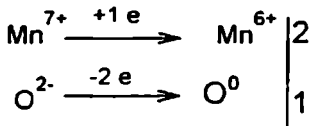
სქემა 4



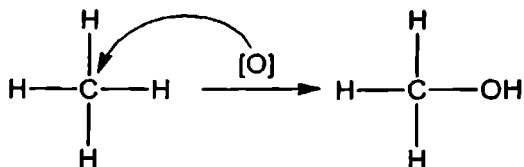
სქემა 5



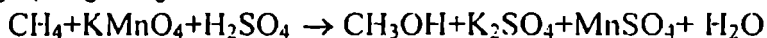
სქემა 6



ამრიგად, სქემა 4-სქემა 6-დან რეაქციების თანახმად KMnO_4 სხვადასხვა არეში გვაძლევს ატომური ჟანგბადის სხვადასხვა რაოდენობას. მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს CH_4 -ის დაჟანგვა მეთილის სპირტამდე.



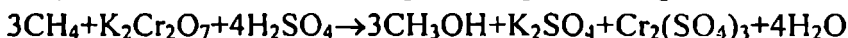
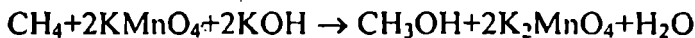
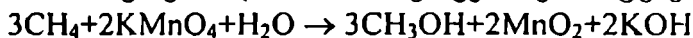
ამ დაჟანგვის რეაქციაზე იხარჯება ერთი ატომი ჟანგბადი. ეს უნდა გავითვალისწინოთ CH_4 -ის გამოყენებისას სხვადასხვა არეში



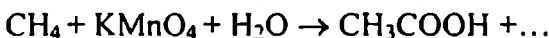
სისტემა $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ იძლევა 5 ატომ ჟანგბადს, ხოლო მეთანის დაჟანგვაზე იხარჯება 1, გათანაბრებისათვის საჭიროა 5 მოლეკულა მეთანი



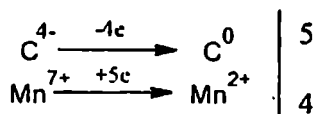
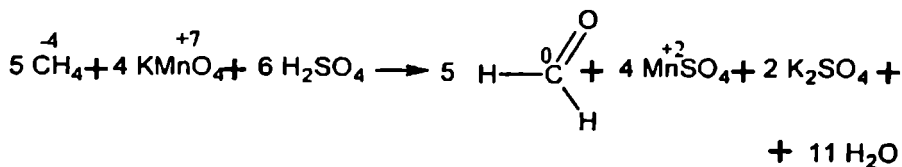
განვიხილოთ CH_4 -ის ჟანგვა სხვა სისტემებში.



ასეთივე მიდგომით გაათანაბრეთ შემდეგი რეაქციები:



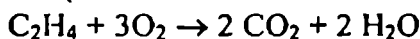
ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციები შეიძლება გავათანაბროთ ჟანგვითი რიცხვების გამოყენებით:



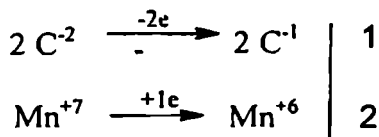
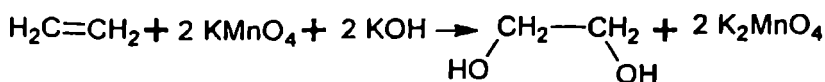
ასეთი მეთოდით ჟანგითი რიცხვების გამოყენებით გაათანაბრეთ ზემოთ მოცემული რეაქციები.

1.1.2. ალკენების და ალკინების დაჟანგვა

ალკენები ადვილად იჟანგებიან, რაც გამოწვეულია ორმაგი ბმის არსებობით. როგორც ყველა ორგანული ნაერთის, ისე უჯერი ნახშირწყალბადების მკაცრ პირობებში ჟანგვის პროდუქტებია CO_2 და H_2O .

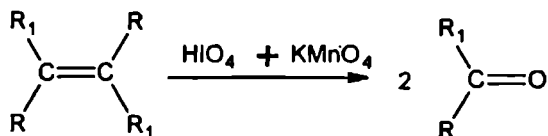
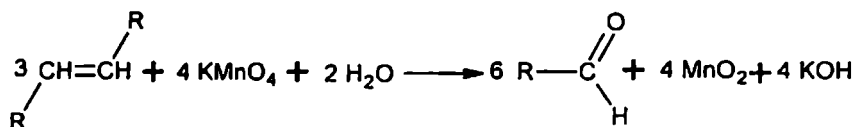


KMnO_4 -ის ტუტე ხსნარის მოქმედებით ალკენები იჟანგებიან. ამ დროს ხდება $-\text{OH}$ ჯგუფების მიერთება ორმაგი ბმის გაწყვეტის ხარჯზე.

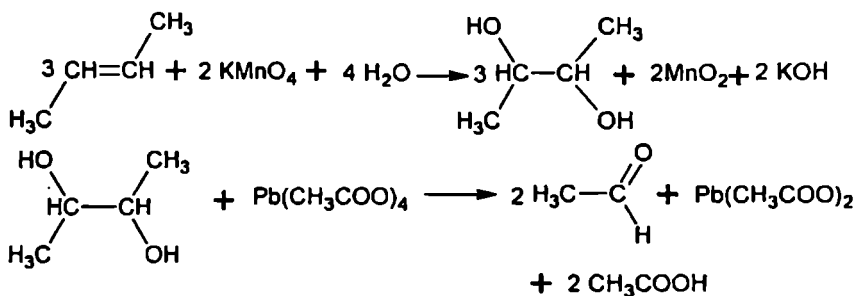


ეს რეაქცია მიდის ოთახის ტემპერატურაზე ნორმალურ პირობებში, ხოლო უფრო მკაცრი პირობების

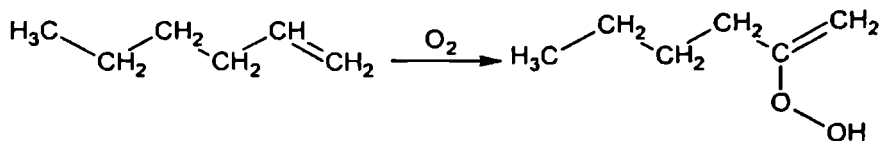
დროს ადგილი აქვს ორმაგი ბმის სრულად გახლეჩას და მიიღებიან კარბონილური ნაერთები:



უჯერი ნახშირწყალბადების დამჟანგავად შესაძლებელია ტყვიის (IV) აცეტატის გამოყენება. ამ დროს ხდება ალკენების ორმაგი ბმის გაწყვეტა და მიიღებიან გლიკოლები, რომლებიც თავის მხრივ წარმოქმნიან კეტონებს:



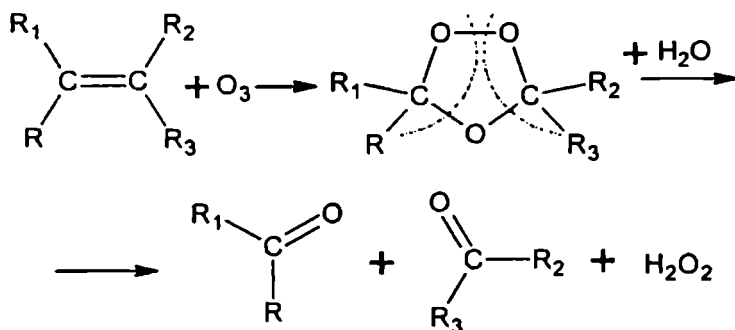
გარდა ამისა ალკენების მაღალი რეაქციისუნარიანობის გამო მრავალი მათგანი იჟანგება ჰაერზე ჰიდროზეჟანგის წარმოქმნით, რომელიც შემდეგ ადვილად გამოიყოფა თავისუფალი სახით.



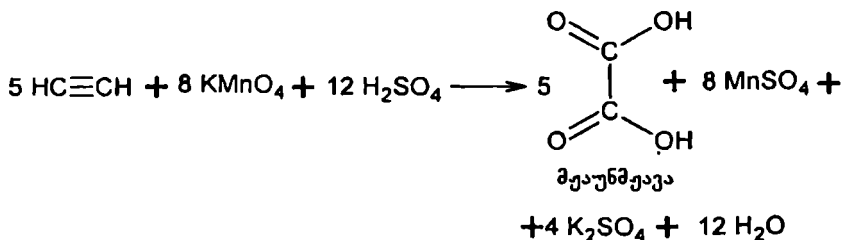
ჰიდროპეროქსიდი

ჰიდროპეროქსიდის გახლეჩით ადვილად მიიღება რადიკალები, რომლებიც იწყებენ ჯაჭვურ რეაქციას.

დიდი მნიშვნელობა აქვს ეთილენური ნახშირწყალბადების დაჟანგვას ოზონით (ჰარიესის რეაქცია), რომლის შედეგად წარმოიქმნებიან ადვილად აღმოსაჩენი კარბონილური ნაერთები. ამასთან დაკავშირებით ამ რეაქციას აქვს დიდი გამოყენება, როგორც ორმაგი ბმების რაოდენობის, ისე უცნობი ნაერთის აღნაგობის განსაზღვრისათვის.



აცეტილენური რიგის ნახშირწყალბადების დაჟანგვის რეაქციები მიმდინარეობს მსგავსი მიმართულებით:

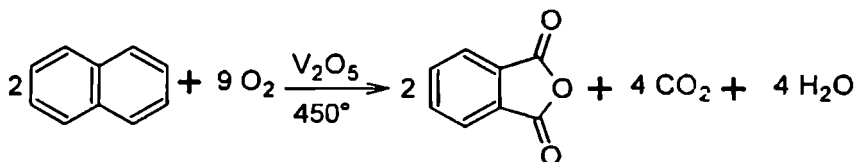
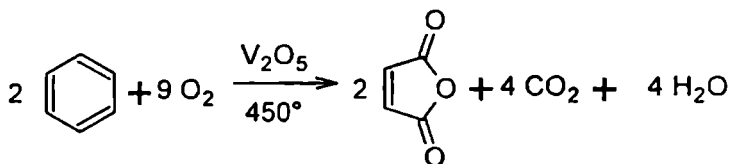


* შეამოწმეთ კოეფიციენტები წესის მიხედვით

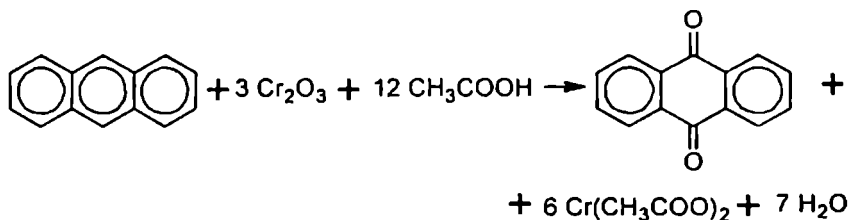
1.1.3. არენების დაჟანგვა

როგორც ცნობილია, არომატული სისტემები ხასიათდებიან მდგრადობით დამჟანგველების მიმართ. მკაცრ პირობებში კატალიზატორის თანაობისას მიმდინარეობს ბირთვის გახლეჩა.

ბენზოლისა და ნაფთალინის დაჟანგვისას მაღალ ტემპერატურაზე 450°C , V_2O_5 -ის თანაობისას შესაბამისად წარმოიქმნება მალეინმჟავას ანჰიდრიდი და ფთალმჟავას ანჰიდრიდი.



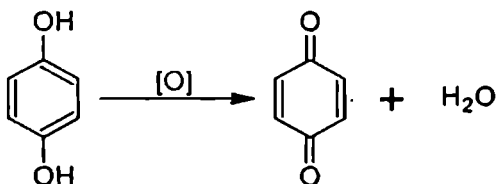
ანთრაცენში ამაღლებული რეაქციისუნარიანობით ხასიათდება γ - (9,10) მდებარეობა, რომელსაც მეზო მდებარეობაც ეწოდება.



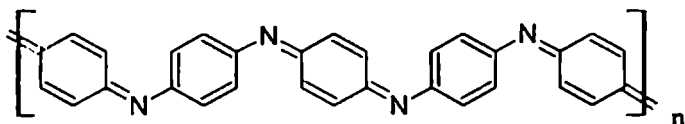
ოზონთან ურთიერთქმედებისას ბენზოლის ბირთვი წარმოქმნის კარბონილურ ნაერთებს. ამ რეაქციას დიდი თეორიული მნიშვნელობა აქვს ბენზოლის ბირთვის აღნაგობის შესწავლაში.

არომატული ბირთვის დასაჟანგად უფრო ხშირად ბირთვში შეჰყავთ ელექტრონოდონორული ჩამნაცვლებლები

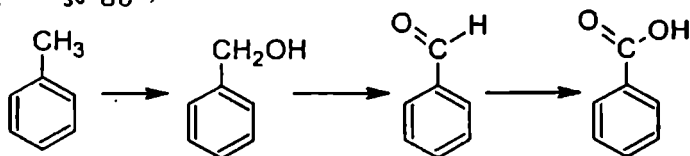
(I რიგის ჩამხანცვლებლები). ამასთან დაკავშირებით ფენოლები და ამინები იჟანგებიან ბევრად უფრო რბილ პირობებში. ფენოლების ჟანგვისას წარმოიქმნებიან ქინონები.



არომატული ამინები იჟანგებიან ძალიან სწრაფად და იძლევიან რთული შედგენილობის ნარევეს, კერძოდ, ანილინის დაჟანგვით, მაგალითად $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -ით წარმოიქმნება საღებარი (შავი ანილინი), რომლის აღნაგობა ბოლომდე შესწავლილი არაა და დღეისათვის ნავარაუდევია შემდეგი სტრუქტურა:

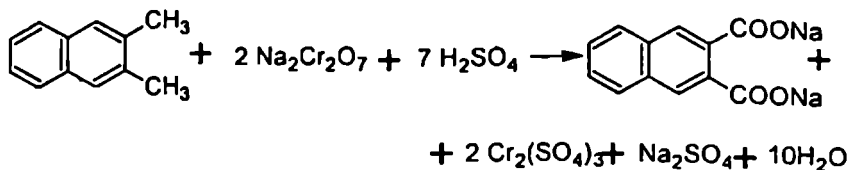


აღსანიშნავია, რომ ბენზოლის და ნაფთალინის ჰომოლოგები იჟანგებიან შედარებით რბილ პირობებში, როგორც წესი, არომატული ბირთვი არ იშლება, იჟანგება გვერდითი ჯაჭვი,



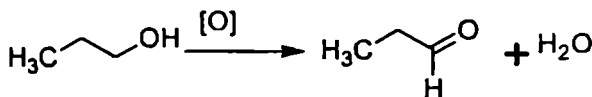
პრაქტიკულად ტოლუოლის დაჟანგვით მიღებული პროდუქტის ბუნება დაკავშირებულია დაჟანგვის პირობებთან. ზემოთ მოყვანილ სქემაში ყველა ნივთიერება შეიძლება იყოს მიღებული ინდივიდუალური სახით.

დაწერეთ ტოლუოლის დაჟანგვით $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ -ში (მჟავა არეში) ბენზილის სპირტის, ბენზალდეჰიდის, ბენზომჟავას წარმოქმნის რეაქციები. მსგავსი მექანიზმით მიმდინარეობს 2,3-დიმეტილნაფთალინის დაჟანგვა:



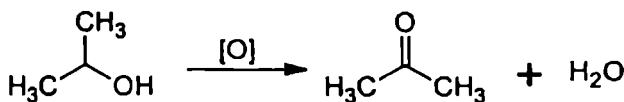
1.1.4. ალკანოლების დაჟანგვა

სპირტების დაჟანგვას აქვს ძალიან დიდი პრაქტიკული გამოყენება. ისინი ადვილად გარდაიქმნებიან ალდეჰიდებში, კეტონებში, მჟავებში. პირველადი სპირტების დაჟანგვით მიიღება ალდეჰიდები, ხოლო მეორეული სპირტების ჟანგვა გვაძლევს კეტონებს. მესამეულ სპირტებს კლასიკური დამჟანგელები ვერ ჟანგავენ ჩონჩხის შენარჩუნებით.



პირველადი სპირტი

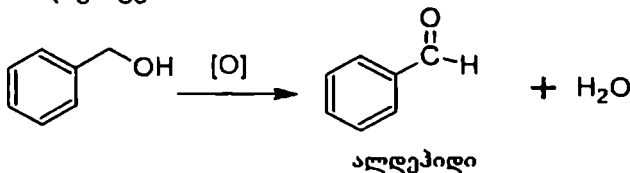
ალდეჰიდი



მეორეული სპირტი

კეტონი

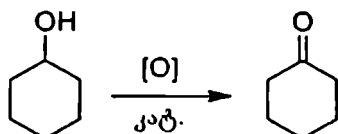
შგავსი მიმართულებით მიმდინარეობს არომატული სპირტების დაჟანგვა.



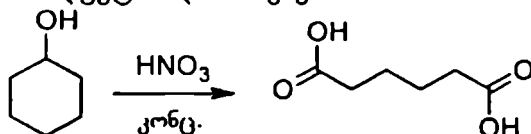
ალდეჰიდი

გაათანაბრეთ შემდეგი სპირტების: ეთანოლის, 1-ბუტანოლის, β -ფენილეთანოლის ჟანგვის რეაქციები შემდეგი დამჟანგელებით KMnO_4 სხვადასხვა არეში (ტუტე, მჟავა, ნეიტრალური), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (მჟავა).

წარმოებაში დიდი გამოყენება აქვს ციკლოპექსანოლის დაჟანგვას ციკლოპექსანონამდე (კაპროლაქტამის წარმოება).



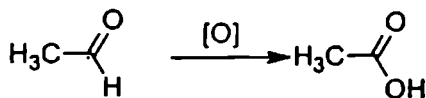
უფრო მკაცრ პირობებში წარმოიქმნება აგრეთვე საწარმოო პროდუქტი ადიპინმჟავა.



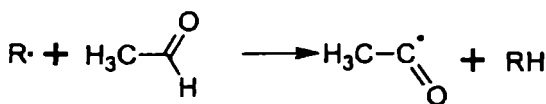
თანაური პროდუქტების სახით წარმოიქმნება აზოტისა და ნახშირბადის ოქსიდები და წყალი.

1.1.5. კარბონილური ნაერთების დაჟანგვა

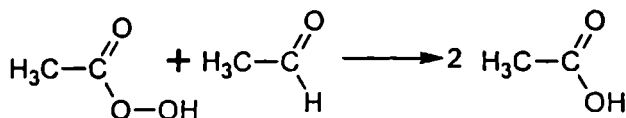
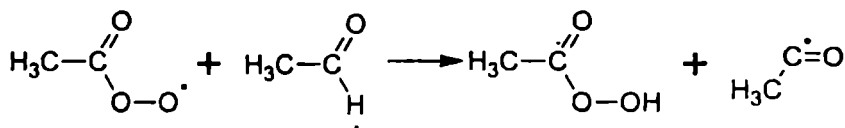
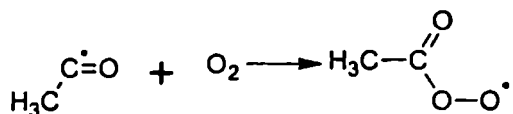
ალდეჰიდები იჟანგება ძალიან ადვილად შესაბამისი მჟავების წარმოქმნით (პრაქტიკულად ნებისმიერი დამჟანგველი). საწარმოო მნიშვნელობა აქვს ჰაერის ჟანგბადით დაჟანგვის რეაქციებს:



ინიცირება

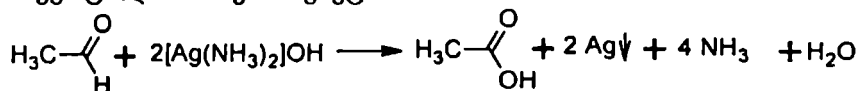


ჯაჭვის გაგრძელება

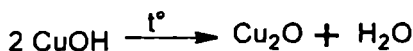
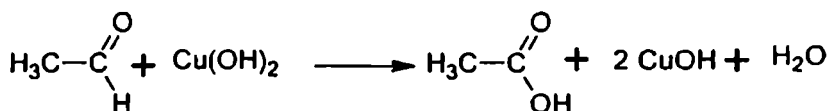


ვერცხლის ოქსიდის ამიაკურ ხსნარს და სპილენძის ჰიდროქსიდს იყენებენ ალდეჰიდების აღმოსაჩენად:

1. ვერცხლის სარკის რეაქცია:

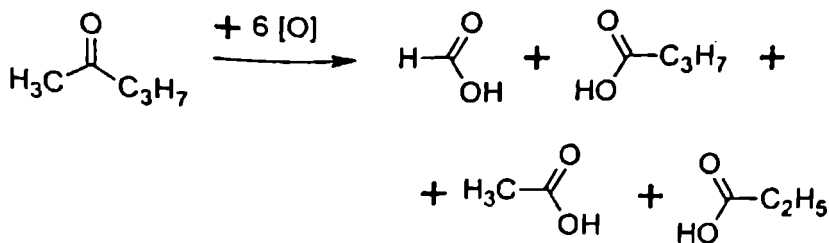


2.



წითელი ნალექი

კეტონები ხასიათდება მდგრადობით დამჟანგველების მიმართ ნეიტრალურ არეში KMnO_4 -ის წყალხსნართან დუღილისას. არ იცვლება, ხოლო ტუტე და მჟავა არეში იჟანგება ოთხი სხვადასხვა მჟავას წარმოქმნით (პოპოვის წესი).



1.2. ალდგენის რეაქციები

ალდგენის რეაქციებში, რომლებსაც აქვთ პრაქტიკული გამოყენება, მიმდინარეობს წყალბადატომების რაოდენობის გაზრდა, ან ჟანგბადატომების შემცირება. პრაქტიკულად ალდგენა ყველა შემთხვევაში ხორციელდება იმ აგენტების მოქმედებით, რომლებიც ითვლებიან კარგ ელექტრონოდონორებად და აღსადგენ ნაერთებს აძლევენ ელექტრონებს, ან წყალბადის ატომებს.

ორგანულ სინთეზში ალდგენლებად გამოიყენება: ატომური წყალბადი, ტუტე და ტუტე მიწათა მეტალები; მათი ხსნარები ამიაკში და ამაღამები Na/NH_3 , Na/Hg , Mg/Hg ; აგრეთვე სხვა მეტალები, რომლებიც აძევენ წყალბადს მჟავებიდან და ფუძეებიდან (Al , Sn , Fe , Zn); ალუმინისა და ბორის კომპლექსური ჰიდრიდები; იოდწყალბადმჟავა HI , ჰიდრაზინი და სხვა.

ორგანულ სინთეზში ხშირად გამოიყენება წყალბადით ალდგენა მისი გამოყოფის მომენტში, რომელიც მიიღება მეტალებზე მჟავას მოქმედებით. ამ შემთხვევაში ალდგენისათვის ღებულობენ შემდეგ სისტემას: კალა და მარილმჟავა, თუთია-მარილმჟავა, რკინა და მარილმჟავა, რკინა და ძმარმჟავა.

უჯერი ნაერთების ჰიდრირება უფრო ხშირად წარმოებს კატალიზატორის თანაობით. ამ პროცესს ახასიათებს მსვლელობის სპეციფიკურობა და დიდი საწარმოო მნიშვნელობა აქვს. ამასთან დაკავშირებით ალდგენის საერთო მეთოდებიდან ცალკეა გამოყოფილი კატალიზური ალდგენა. კატალიზური ჰიდრირების დროს ფართოდ გამოიყენება მოლეკულური წყალბადი.

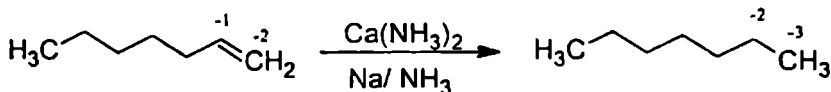
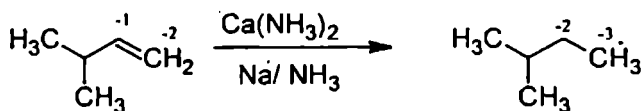
კატალიზატორებად გამოიყენება: პლატინა, პალადი-
უმი, ნიკელი, სპილენძი და სხვა. პლატინა ყველაზე აქტიური
კატალიზატორია, მაგრამ ეკონომიური თვალსაზრისით დიდ
გამოყენებას პოულობს ნიკელი.

წარმოებაში დიდი გამოყენება აქვს რენეის
კატალიზატორს, რომელიც წარმოადგენს ტუტით დამუშა-
ვებულ ნიკელისა და ალუმინის შენადნობს და ხასიათდება
დიდი აქტიური ზედაპირით. მოლეკულური წყალბადით
კატალიზური ჰიდრირება გამოიყენება ძირითადად ნახშირ-
წყალბადებში π -ბმის აღდგენისათვის.

ქვემოთ განიხილება აღდგენის რეაქციები ორგანული
ნაერთების ძირითადი კლასების მიხედვით.

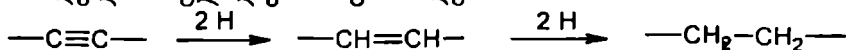
1.2.1. ალკენებისა და ალკინების აღდგენა

ალკენების აღდგენა შეიძლება ჩატარდეს ნატრიუმის
ამიაკური ხსნარით: მეთილის, ეთილის სპირტის ან კალციუმის
ამიაკატის თანაობისას:



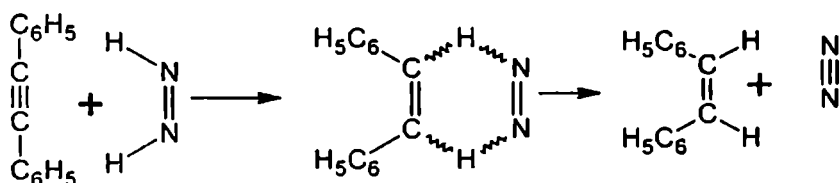
განსაზღვრეთ ყოველი ატომის ჟანგვითი რიცხვი
შემდეგ ნაერთებში: ა) 1-ბუტენი, ბ) 1-ქლორ-2-ბუტენი, გ) 2-
ქლორ-2-ბუტენი.

ალკინების აღდგენა შეიძლება ნაწილობრივ -ორმაგ
ბმამდე და სრულად ერთმაგ ბმამდე:

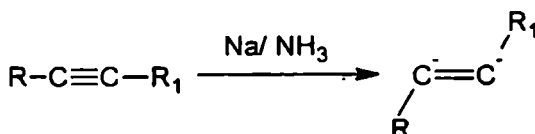


აღსანიშნავია, რომ ალკინის მოლეკულის ჰიდრირება
ხდება სტერეოსელექტიურად. ხშირად ატარებენ ნაწილობრივ
აღდგენას. ნატრიუმის ამიაკალური ხსნარით აღდგენის

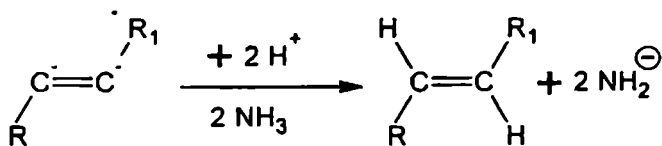
შემთხვევაში წარმოიქმნება ტრანს-დიანაცელებული ეთილენი, ხოლო ჰიდრაზინით აღდგენისას და კატალიზური ჰიდრირებით მიიღება ცის- დიანაცელებული ეთილენი. ჰიდრაზინით აღდგენის შემთხვევაში დამჟანგველის თანაობით, წარმოქმნილი დიიმიდი გადასცემს თავის ორ წყალბადს ალკინის ნახშირბადის ატომებს:



Na/NH₃-ით აღდგენის შემთხვევაში ელექტრონები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ნატრიუმის გახსნით თხევად ამიაკში, უერთდებიან სამმაგ ბმას, წარმოქმნილი სრული უარყოფითი მუხტები ერთმანეთს განზიდვენ და განლაგდებიან ტრანს-მდგომარეობაში.



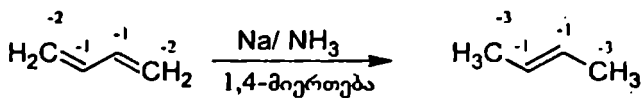
შემდეგ ხდება ამიაკიდან პროტონის მიერთება ისევ ტრანს- ფორმაში:



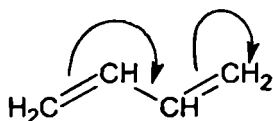
ალკენებისა და ალკინების აღდგენის რეაქციის მექანიზმი რთულია და ბოლომდე არ არის შესწავლილი.

1.2.2. ალკადიენების აღდგენა

აღდგენის პროცესი მნიშვნელოვნად აღვილდება, თუ ნაერთში არის შეუღლებული ორმაგი ბმები. მაგ. შეუღლებული ალკადიენები აღვილად აღდგებიან ნატრიუმის ამიაკალური ხსნარით. აღდგენა მიდის 1,4 მდებარეობაში:

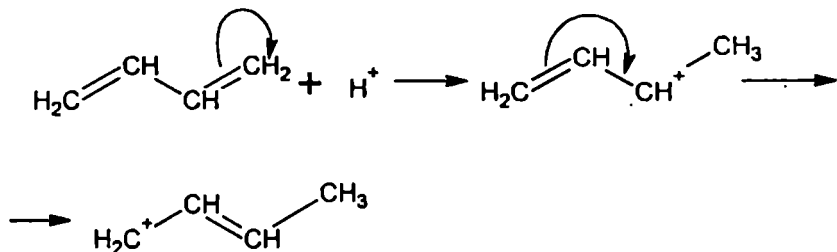


1,3-ბუტადიენის მოლეკულაში π -ბმა პოლარიზდება ელექტროფილური და ნუკლეოფილური ნაწილაკების მოქმედებით და ჯაჭვის ბოლოებზე წარმოიქმნება ორი რეაქციული ცენტრი.

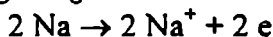


ამით აიხსნება ბუტადიენში 1,4 მდგომარეობის მაღალი რეაქციისუნარიანობა.

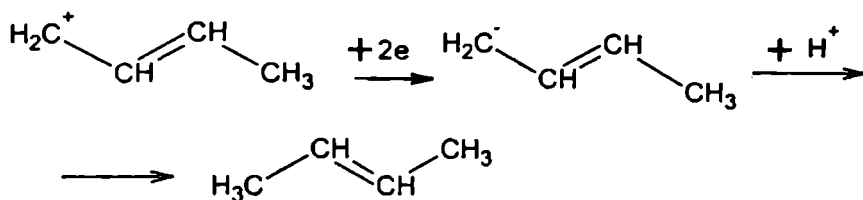
რეაქციის მექანიზმი შეიძლება განხილულ იქნას როგორც იონური. პირველ სტადიაზე ერთ-ერთი ნახშირბადის ატომი, რომელიც შედის შეუღლებულ სისტემაში, იძენს პროტონს გამხსნელიდან და წარმოქმნის კარბოკატიონს:



ამიაკის თხევად ხსნარში ტუტე მეტალები იძლევიან კატიონებს და ელექტრონებს:



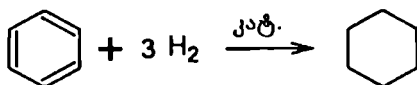
წარმოქმნილ კარბოკატიონს უერთდება მეტალიდან მიღებული ორი ელექტრონი და პროტონი გამხსნელიდან:



1.2.3. არენების (არომატული ნახშირწყალბადების) აღდგენა

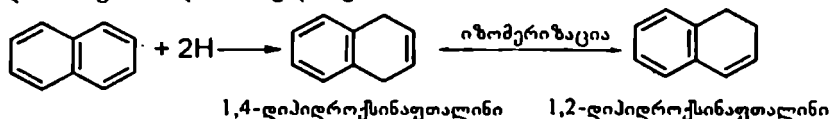
მკვეთრად გამოხატული არომატულობის გამო ბენზოლის აღდგენა მიმდინარეობს სპეციფიკურ პირობებში 1,4-ციკლოჰექსადიენის წარმოქმნით (დაბალი გამოსავალიანობით).

წარმოებაში აგრეთვე სპეციფიკურ პირობებში ტარდება ბენზოლის სრული ჰიდრირება.

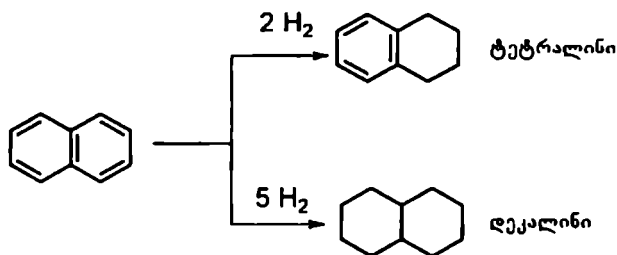


რეაქციის გამოსავალი დაბალია. ასეთი გზით მიღებულ ციკლოჰექსანს ახასიათებს მაღალი სისუფთავე, რაც განაპირობებს მის გამოყენებას სპექტროფოტომეტრიაში.

ბენზოლისაგან განსხვავებით ნაფთალინი ადვილად განიცდის ჰიდრირებას წყალბადით. ნაფთალინის ჰიდრირების რეაქცია მიმდინარეობს კატალიზატორის გარეშე და სითბოს გამოყოფით. მიერთება მიდის 1,4-მდებარეობაში. ამით დადასტურდა ნაფთალინის მეტი დიენურობა და ნაკლები არომატულობა ბენზოლთან შედარებით.

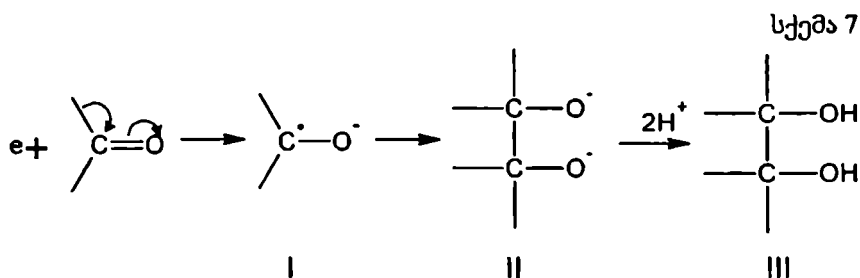


ნაფთალინის კატალიზური ჰიდრირებით მიიღება ტეტრალინი და დეკალინი, რომლებიც ტექნიკაში გამოიყენებიან, როგორც გამხსნელები.

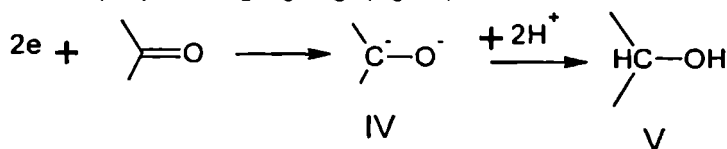


1.2.4. კარბონილური ნაერთების აღდგენა

კარბონილური ნაერთების აღდგენა მიმდინარეობს სხვადასხვა მიმართულებით. ძირითადად ეს დაკავშირებულია აღმდგენელის მიერ კარბონილის ჯგუფისათვის გაცემული ელექტრონების რაოდენობაზე.



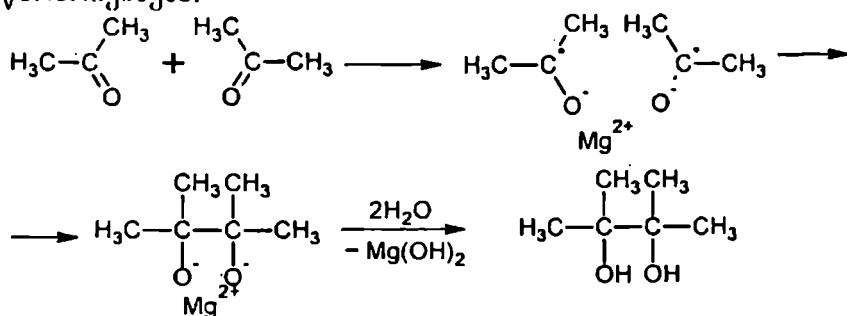
ერთი ელექტრონის მიერთების შემთხვევაში (სქემა 7) წარმოიქმნება ანიონ-რადიკალი I, რომელიც შემდეგ დიმერიზდება II და წარმოიქმნება გლიკოლი III.



ორი ელექტრონის მიერთების შედეგად წარმოიქმნება დიანიონი IV, რომელიც გამხსნელს ართმევს წყალბადის იონებს და გარდაიქმნება სპირტად V. აღდგენის მიმართულება დამოკიდებულია კარბონილური ნაერთის ბუნებაზე და რეაქციის პირობებზე (მეტალი, გამხსნელი, მეტალისა და კარბონილური ნაერთის ურთიერთშეფარდება).

პროტონით მდიდარ გამხსნელებში (წყალი, სპირტი, ტუტე, განზავებული მჟავა) აღდგენისა და კეტონების აღდგენა ხდება სპირტებამდე. პინაკონების წარმოქმნა შესაძლებელია, როცა აღდგენა მიმდინარეობს მეტალების ამალგამებით, ან მეტალების ხსნარებით ეთერში, დიოქსანში და სხვა პროტონშემცველ გამხსნელებში.

ამ დროს მეორეული სპირტი, როგორც წესი, არ წარმოიქმნება.

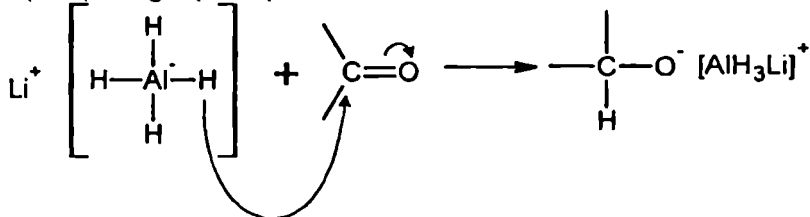


ახსენით აღნიშნული რეაქცია ჟანგვა-აღდგენის თვალსაზრისით და უჩვენეთ აღებული და მიღებული ნაერთების ატომთა ჟანგვითი რიცხვები.

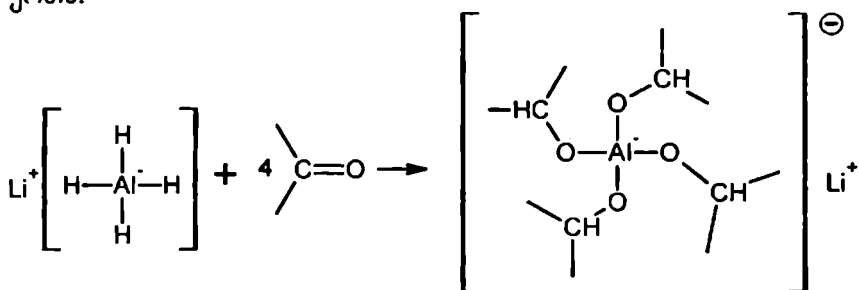
კარბონილური ნაერთები ადვილად აღდგებიან სპირტებამდე მეტალთა ჰიდრიდების მოქმედებით კარგი გამოსავლიანობით.

სხვა მეთოდებთან შედარებით კომპლექსური ჰიდრიდებით აღდგენას მთელი რიგი უპირატესობა აქვს. ეს რეაქცია მიდის ძალიან რბილ პირობებში და მაღალი გამოსავლიანობით ხასიათდება. გარდა ამისა მნიშვნელოვანია ისიც, რომ მეტალების ჰიდრიდებით ძალიან კარგად შეიძლება ჩატარდეს მჟავებისა და მისი ნაკლებად აქტიური ნაწარმების მაგალითად, კარბონმჟავებისა და მისი რთული ეთერების აღდგენა. მეტალის ჰიდრიდი არის ჰიდრიდ-იონების დონორი. განსაკუთრებით ადვილად გადააქვს ჰიდრიდიონები კარბონილის

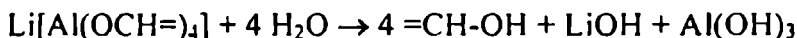
ჯგუფზე ლითიუმის ალუმოჰიდრიდსა და ლითიუმის ბორ-ჰიდრიდს; მაგალითად:



ასეთივე გზით შედის რეაქციაში ალუმინის ჰიდრიდის დანარჩენი წყალბადის ატომები ე.ი. ალუმოჰიდრიდის ერთი მოლეკულა აღადგენს ოთხ მოლეკულა კარბონილურ ნაერთს:



ლითიუმისა და ალუმინის წარმოქმნილი კომპლექსური ალკოჰოლატი შემდეგ განიცდის ჰიდროლიზურ გახლეჩვას.



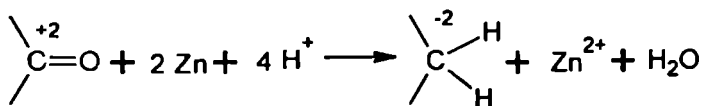
დიდი მნიშვნელობა ენიჭება კარბონილური ნაერთების, კერძოდ, ალდეჰიდებისა და კეტონების აღდგენას უშუალოდ ნახშირწყალბადებამდე. ამისათვის არსებობს ორი ძირითადი მეთოდი:

1) ამაღვამირებული თუთიითა და კონც. HCl-ით აღდგენა (კლემენსენის მეთოდი).

2) ჰიდრაზინითა და ძლიერი ფუძით (KOH ან მესამეული ბუტილის სპირტის კალიუმის მარილი) აღდგენა (კიჟნერ-ვოლფის მეთოდი).

პირველი მეთოდით ხდება უშუალოდ კარბონილის ჯგუფის ნახშირწყალბადებამდე აღდგენა, ხოლო მეორე მეთოდი კი ეკუთვნის გვერდითი აღდგენის მეთოდს, რადგანაც ამ შემთხვევაში პრაქტიკულად აღდგება შესაბამისი ჰიდრაზონი, რომელიც თავის მხრივ წარმოიქმნება ჰიდრაზინისა და კარბონილური ნაერთების მოქმედებით.

კლემენსენის მეთოდით ხდება ალიფატური, ალიციკლური და არომატული აღდგენებისა და კეტონების აღდგენა ნახშირწყალბადებამდე. აღდგენის მეთოდი მდგომარეობს კარბონილური ნაერთის გახურებაში თუთიის მტვერთან, ან ამალგამირებულ თუთიასთან კონც. მარილმჟავაში.



აღნიშნული მეთოდით მიიღება აცეტოფენონი ეთილ-ბენზოლიდან.

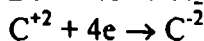
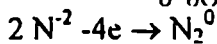
ტუტე ან ნეიტრალურ გარემოში აღნიშნული მეთოდით მიიღება სპირტები, ხოლო ძლიერ მჟავა გარემოში კი - ნახშირწყალბადები. ეს აიხსნება იმით, რომ კარბონილურ ნაერთებს სარეაქციო არესთან დამოკიდებულებით, შეუძლიათ თუთიასთან წარმოქმნან კომპლექნაერთები, რომლებიც შემდეგ განიცდიან სხვადასხვა გარდაქმნებს. ამ მიზეზით აიხსნება ის ფაქტიც, რომ რეაქციის მიმდინარეობის დროს მნიშვნელოვანი რაოდენობით წარმოიქმნება გვერდითი პროდუქტები (პინაკონები, სპირტები, ოლეფინები).

კლემენსენის მეთოდის უარყოფითი მხარეა აგრეთვე ისიც, რომ რეაქცია მიმდინარეობს ხარგრძლივი დროის განმავლობაში და კარბონილური ნაერთის სრული აღდგენა მაინც არ ხდება. აღნიშნული მეთოდით ცხიმის რიგის აღდგენები და კეტონები ადვილად აღდგება, ხოლო დიარილკეტონები კი ცუდად.

კიჟნერ-ვოლფის მეთოდით აღდგენები და კეტონები ჯერ გადადიან შესაბამის ჰიდრაზოიონებში, რომელთა გახურებით 200°C -ზე (ავტოკლავეებში) ნატრიუმის, ან ნატრიუმის ალკოპოლატის თანაობისას პროცესი მიმდინარეობს შემდეგნაირად:



ამ რეაქციის დროს საჭიროა მაღალი წნევა.



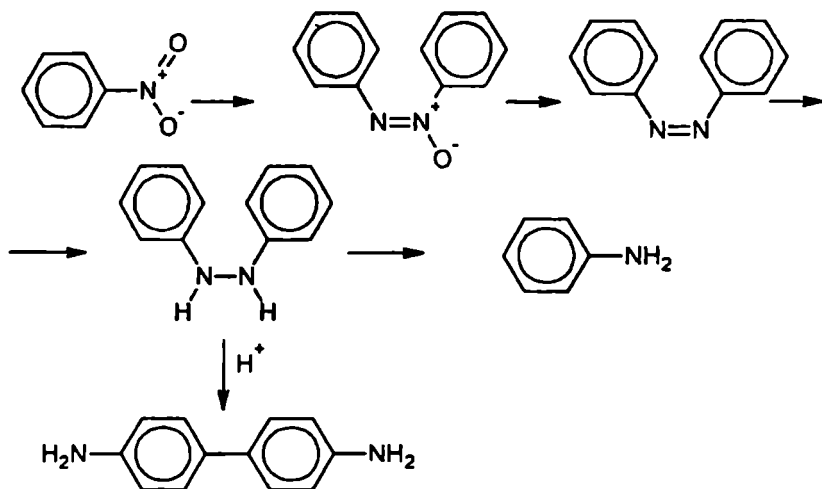
1.2.5. ნიტრონაერთების აღდგენა

დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიტრონაერთების აღდგენას. იმის მიხედვით, თუ როგორი პირობებია შექმნილი აღდგენისათვის, შესაძლებელია სხვადასხვა შუალედური ნაწარმების მიღება. ნიტრონაერთების აღდგენას აწარმოებენ მეტალებით სხვადასხვა გარემოში. მჟავა, ტუტე და ნეიტრალურ გარემოში რეაქციას შემდეგი სახე აქვს.

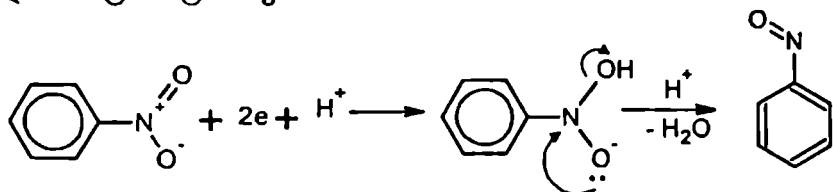
მარტივი სქემა:



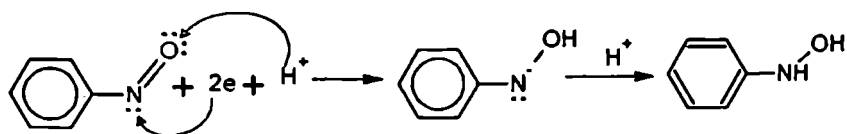
ტუტე გარემოში რეაქცია მიმდინარეობს შემდეგნაირად:



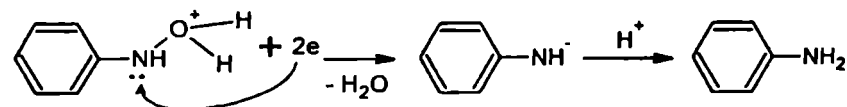
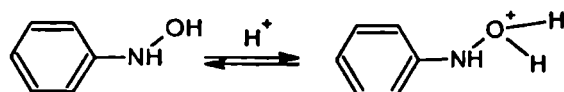
რეაქციის პირველ სტადიაზე იწყება იერიში აღმდგენელის ელექტრონებით ნიტროჯგუფის დადებითად დამუხტული აზოტის ატომზე.



მიღებული ნიტროზონაერთი შგავსი მექანიზმით გადადის ჩანაცვლებულ ჰიდროქსილამინში:



ნიტროზონაერთები აღდგებიან გაცილებით ადვილად, ვიდრე ნიტრონაერთები, ამიტომ მათი ცალკე გამოყოფა არ ხერხდება. მჟავა გარემოში ჰიდროქსილამინის აღდგენა გრძელდება და მიიღება აღდგენის საბოლოო პროდუქტი - ამინი.

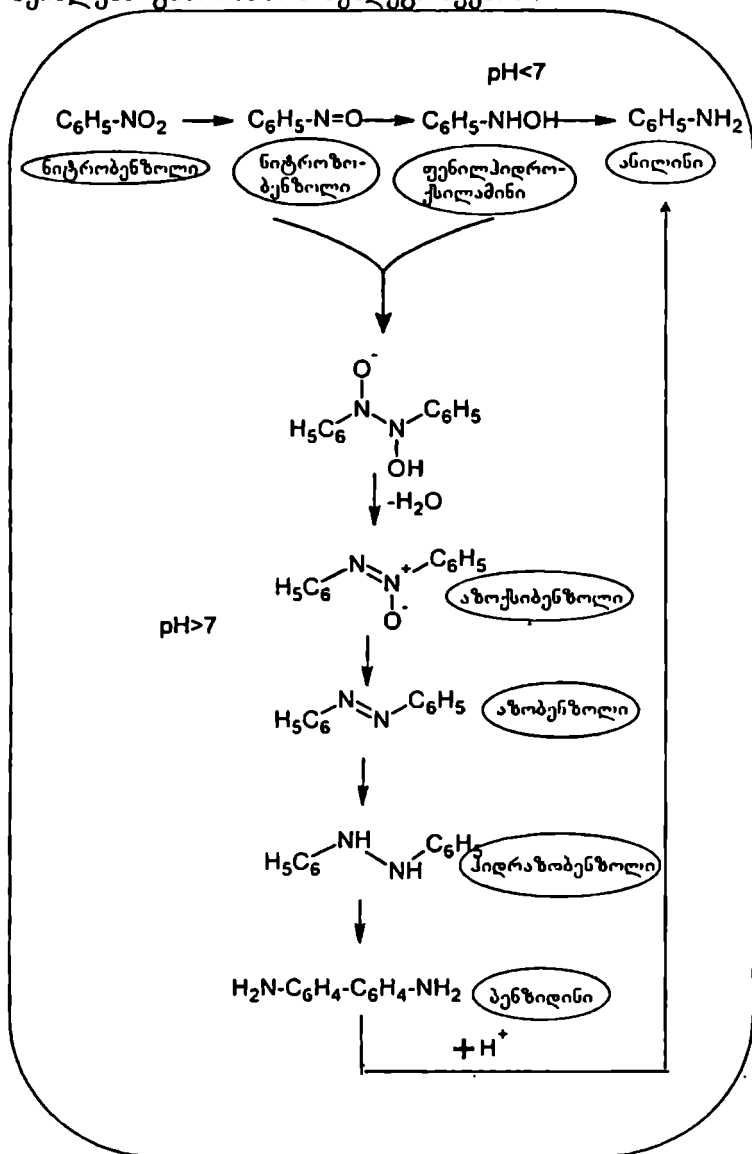


ნეიტრალურ გარემოში ჰიდროქსილამინის აღდგენა მიდის ძალიან ნელა, ამიტომ მისი გამოყოფა შეუძლებელია სარეაქციო ნარევიდან.

ტუტე გარემოში ნიტროზონაერთის და ჰიდროქსილამინის აღდგენა იმდენად ნელდება, რომ წარმოიქმნება აზოჯგუფის შემცველი ნაერთები (Ar-N=N-Ar).

ყველა შუალედური პროდუქტი ძლიერი მჟავების მოქმედებით გადაჯგუფდება და მიიღება შესაბამისი ამინები.

არომატული ნიტრონაერთების აღდგენა ზოგადი სახით შეიძლება გამოისახოს შემდეგი სქემით:



2. კონდენსაციის რეაქციები

მრავალი რეაქცია ორგანულ სინთეზში მიმდინარეობს კონდენსაციის მექანიზმით. კონდენსაციის რეაქციის დროს ხდება ორი მოლეკულის გაერთიანება უფრო დიდ მოლეკულად, ხშირად თანაური დაბალმოლეკულური პროდუქტების გამოყოფით (H_2O , NH_3 და სხვ.). მრავალი მოლეკულის გაერთიანებას მსგავსი გზით პოლიკონდენსაციის რეაქცია ეწოდება.

კონდენსაციის რეაქციის აუცილებელი პირობაა აქტიური ფუნქციური ჯგუფების ($C=O$ კარბონილური; $-NH_2$ ამინო; $-COOH$ კარბოქსილის; $-COO-$ რთული ეთერის და სხვ.) არსებობა.

ამასთან დაკავშირებით კონდენსაციის რეაქცია არის დამახასიათებელი ალდეჰიდებისათვის, კეტონებისათვის, ეთერებისათვის, ძვრადი წყალბადის მქონე ნაერთებისათვის (CH_3 -მჟავებისათვის).

კონდენსაციის პროცესის შედეგად წარმოიქმნება ბმები:

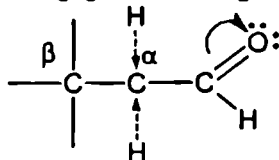


კონდენსაციის რეაქციის შედეგად აგრეთვე შესაძლოა ციკლური ნაერთების წარმოქმნა.

2.1. ალდეჰიდებისა და კეტონების კონდენსაციის რეაქციები ($C-C$ ბმის წარმოქმნა).

კარბონილურ ჯგუფში $\overset{\delta+}{C}=\overset{\delta-}{O}$: π -ბმა საგრძნობლად გადახრილია ელექტროუარყოფითი ჟანგბადის ატომისაკენ. ამასთან დაკავშირებით C ატომი სტაციონალურ მდგომარეობაში იმყოფება ნაწილობრივ დადებითად, ე.ი.

ნახშირბადის ატომი ელექტროფილურია და მზადაა ნუკლეოფილური რეაგენტის „შეტევის“ მისაღებად. ამავე დროს კარბონილური ჯგუფი ძლიერი ელექტრონო-აქცეპტორია, და -I (ინდუქციური) ეფექტის გავლენის გამო α -ნახშირბადატომებთან დაკავშირებული წყალბადატომების ძერადობა (აქტიურობა, მჟავიანობა) საგძნობლად იზრდება.

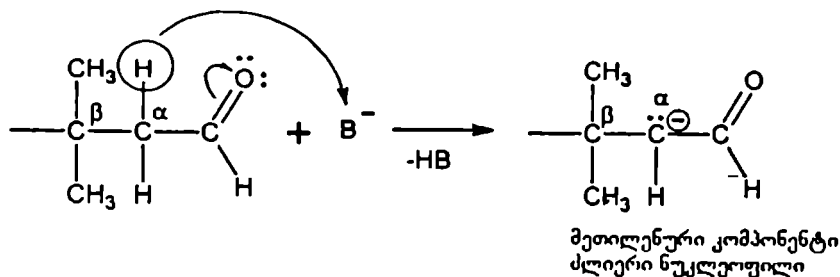


ამრიგად, ალდეჰიდების (ნაკლებად კეტონების) მოლეკულა მზადაა ნუკლეოფილური რეაგენტის მიერთებისათვის (კარბონილური C ატომის δ^+ ნაწილობრივი დადებითობის გამო) და ამავე დროს ნუკლეოფილური რეაგენტის წარმოქმნისათვის (მჟავური α -წყალბადატომების დაკარგვის ხარჯზე). ამით აიხსნება, რომ კონდენსაციის რეაქციებში ხშირად შედიან მსგავსი შედგენილობის ნაერთები (ზღვრულ შემთხვევაში კი - ერთნაირი მოლეკულები).

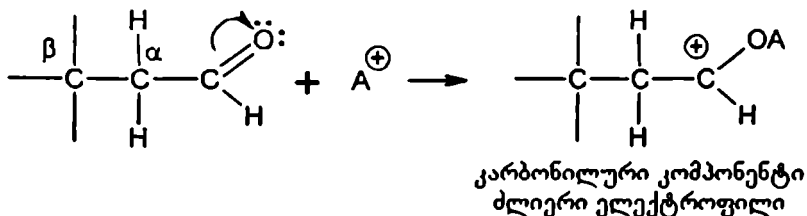
2.1.1. ალდოლური (ბოროდინის) და კროტონული კონდენსაცია

იმისათვის, რომ ერთი და იგივე, ან სხვადასხვა ალდეჰიდებს შორის წარიმართოს კონდენსაციის პროცესი აუცილებელია მათი ელექტროფილურობის ან ნუკლეოფილურობის ხელოვნური გაზრდა. ამისათვის სარგებლობენ კატალიზატორებით.

ა) ფუძე კატალიზატორები: B^- . ($-OH$, NH_3 , CH_3COO^-)
აძლიერებენ კარბონილური ნაერთების ნუკლეოფილურობას

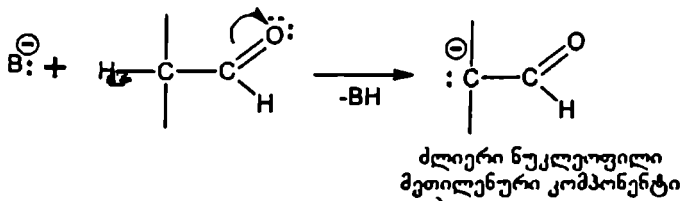


ბ) მჟავური კატალიზატორები: A^+ , (H^+ , AlCl_3 და სხვა) აძლიერებენ კარბონილური ნახშირბადატომის ელექტროფილურობას



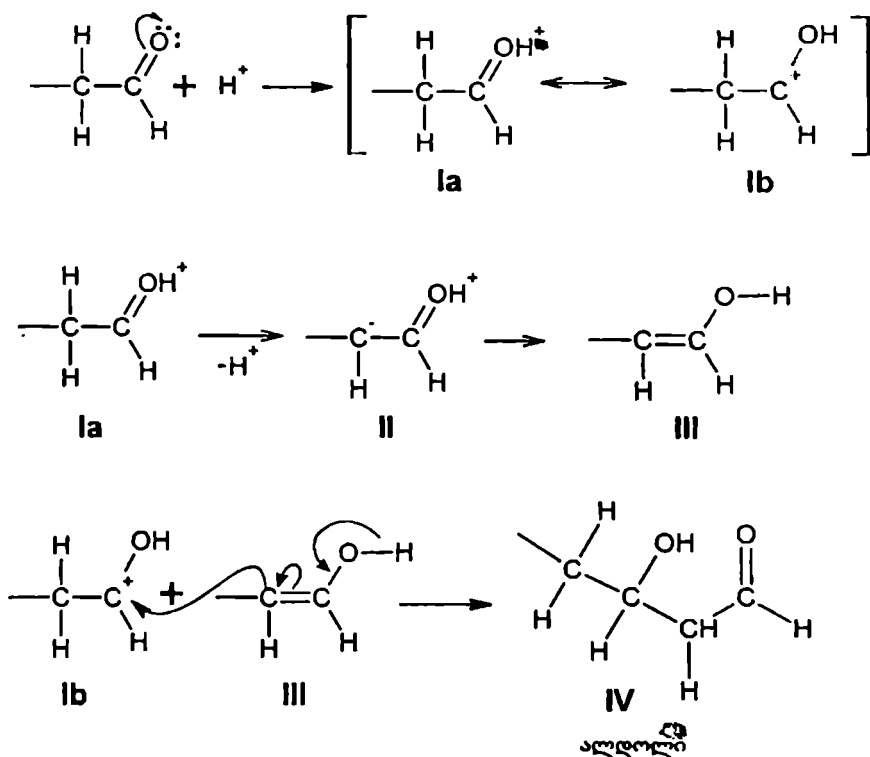
ფუძე კატალიზატორები გამოიყენებიან სხვადასხვა კონდენსაციის რეაქციაში: ალდოლური-კეტოლური, რთულ-ეთეროვანი, კანიცაროს და სხვა.

კონდენსაციის რეაქციის პირველად საფეხურს წარმოადგენს ძლიერი ნუკლეოფილური ნაწილაკის (მეთილენური კომპონენტის) წარმოქმნა და მისი შემდგომი მიერთება კარბონილური კომპონენტის ელექტროფილურ C ატომთან.



მეკუერი კატალიზატორის თანაობისას მექანიზმი იცვლება (სქემა 8). პირველ საფეხურზე მიიღება პროტონირებული ალდეჰიდის ორი მეზომერული ფორმა (Ia, Ib), რომელიც წარმოადგენს ძლიერ ელექტროფილს (კარბონილური კომპონენტი). Ia მეზომერული ფორმა კარგავს წყალბადის პროტონს და წარმოიქმნება შუალედური ბიპოლარული იონი (II). ეს იონი კი ადვილად გარდაიქმნება არამდგრადი უჯერი სპირტის მოლეკულად (III), რომელიც ელექტრონული ღრუბლის აღნაგობის მიხედვით შეიძლება ჩაითვალოს ფსევდომეთილენურ კომპონენტად. აღნიშნული სპირტი (III) და

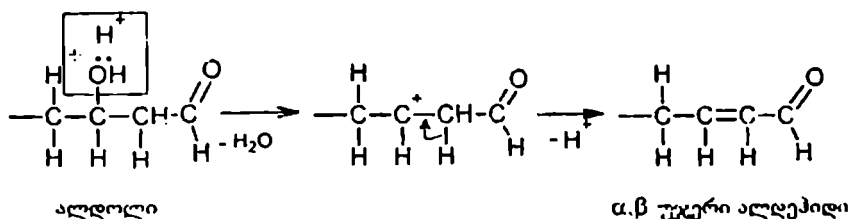
სქემა 8



პროტონირებული ალდეჰიდის მეორე მეზომერული ფორმა (Ib) ურთიერთქმედებს ახალი C-C ბმის წარმოქმნით, რის

შედეგადაც მიიღება ალდოლი (IV).

წარმოქმნილი ალდოლი მჟავა არეში სწრაფად განიცდის დეჰიდრატაციას α, β -უჯერი ალდეჰიდების წარმოქმნით:

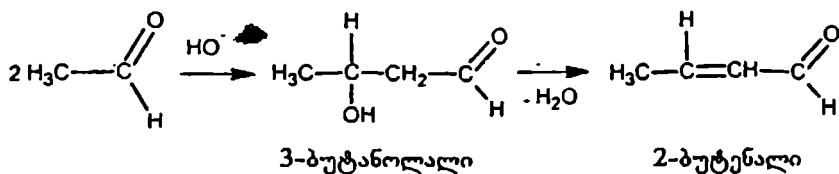


აქედან გამომდინარე, მჟავა კატალიზატორის თანაობისას ალდეჰიდების კონდენსაციისას წარმოქმნილი ალდოლის გამოყოფა არ ხერხდება. ამ უკანასკნელ კონდენსაციის სახეს ეწოდება **კროტონული** კონდენსაცია.

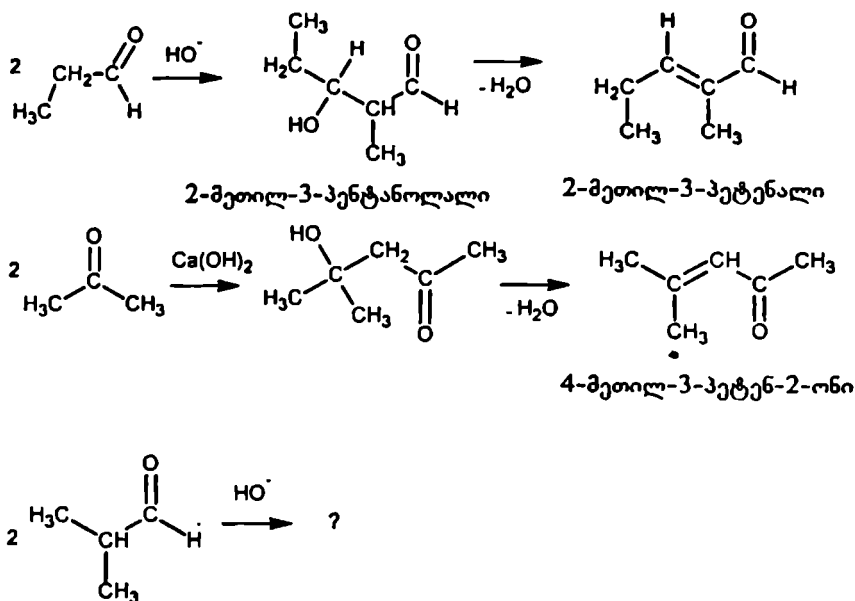
ალდოლუო კონდენსაციასთან ერთად კროტონულ კონდენსაციას ხშირად იყენებენ ორგანულ სინთეზში, ვინაიდან იგი წარმოადგენს კარგ პრეპარატულ მეთოდს უჯერი ალდეჰიდებისა და შესაბამისად უჯერი მჟავების მისაღებად.

აღნიშნულ პირობებში კეტოლების წარმოქმნა (კეტონების კონდენსაციით) მიმდინარეობს ბევრად უფრო მკაცრ პირობებში.

ზემოთ მოყვანილი ზოგადი სახით კონდენსაციის რეაქციის მექანიზმის გამოყენებით (ტუტე კატალიზატორის თანაობისას) დაწერეთ შემდეგი რეაქციების მექანიზმები:

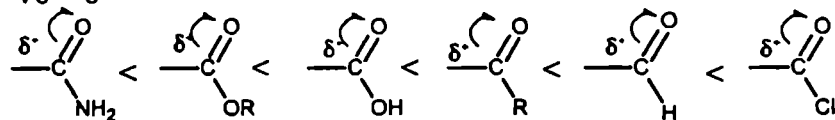


* დასახელება მომდინარეობს ორი უმარტივესი α -წყალბადის შემცველი ალდეჰიდების - აცეტალდეჰიდების - კონდენსაციით მიღებული უჯერი ალდეჰიდის - კროტონალდეჰიდის სახელიდან.



2.2. შერეული კონდენსაცია

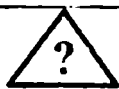
სხვადასხვა ალდეჰიდებს ან ალდეჰიდებსა და კეტონებს შორის კონდენსაცია ალდოლური კონდენსაციის მექანიზმით მიმდინარეობს. რეაქციის წარმართვისათვის აუცილებელია, რომ ერთ-ერთი კომპონენტი შეიცავდეს მინიმუმ ერთ აქტიურ α -წყალბადს. კომპონენტების შერჩევისას შესაძლებელია ვიხელმძღვანელოთ კარბონილური ჯგუფის შემცველი ნაერთების რეაქციისუნარიანობის ზრდის ქვემოთ მოყვანილი მწკრივით:



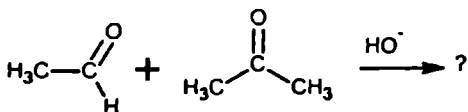
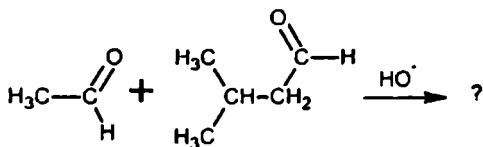
მარცხნიდან მარჯვნივ იზრდება კარბონილური კომპონენტის წარმოქმნის შესაძლებლობა და, შესაბამისად მარჯვნიდან მარცხნივ მეთილენური კომპონენტის წარმოქმნის შესაძლებლობა.

აქედან გამომდინარეობს, რომ კეტონების და ალდეჰიდების კონდენსაციის დროს ალდეჰიდი ყოველთვის კარბონილური კომპონენტია.

სხვადასხვა ალდეჰიდებს კონდენსაციის დროს ერთმანეთთან ნაკლებად ჩანაცვლებული ალდეჰიდი ყოველთვის კარბონილური კომპონენტია.

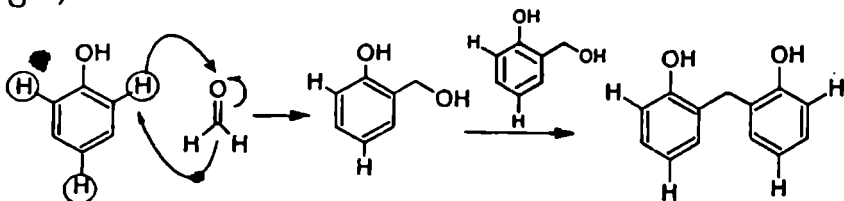


ალდეჰიდებისა და კეტონების კონდენსაციის დროს ალდეჰიდზე კეტონს რატომ უმატებენ წვეთ-წვეთობით?



ჭიანჭველმეჟა ალდეჰიდს არ გააჩნია α - წყალბად-ატომი, ამიტომ კონდენსაციის რეაქციაში იგი მონაწილეობს როგორც კარბონილური კომპონენტი.

აღსანიშნავია, რომ ჭიანჭველმეჟა ალდეჰიდი იმდენად ძლიერი კარბონილური კომპონენტია (იხ. მწკრივი) რომ შედის რეაქციაში ნაკლებად ძერადი წყალბადის ატომების მქონე ნაერთებთან. ამის კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს ფენოლ-ფორმალდეჰიდური ფისის სინთეზი (პოლიკონდენსაციის რეაქცია).

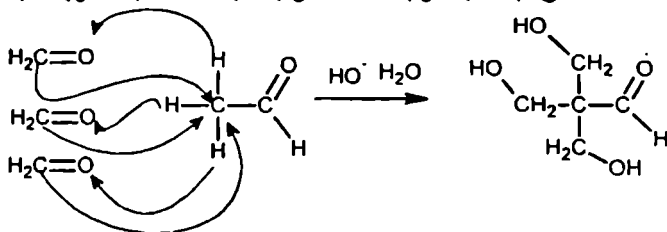


(H) ძერადი წყალბადატომები



გაიხსენეთ OH ჯგუფის გავლენა არომატულ ბირთვზე.

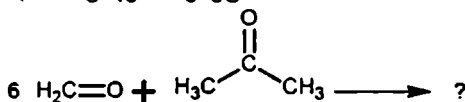
მხოლოდ ჭიანჭველმეყევა აღდექიდა შეუძლია კონდენსაციის რეაქციაში ისარგებლოს მეთილენური კომპონენტის ყველა α -წყალბადატომით (ყველა ზემოთ მოყვანილ მაგალითში მონაწილეობდა მხოლოდ ერთი α წყალბადატომი).



ამ სტადიაზე რეაქცია არ ჩერდება.

ეს არის მხოლოდ პირველი საფეხური. სრული რეაქცია განიხილება კანიცაროს რეაქციის განხილვისას.

დაასრულეთ რეაქცია:

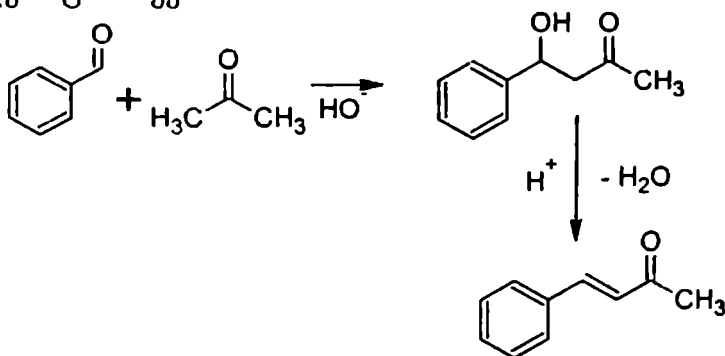


ამ რეაქციაში მონაწილეობს აცეტონის ყველა, ექვსივე α წყალბადატომი.

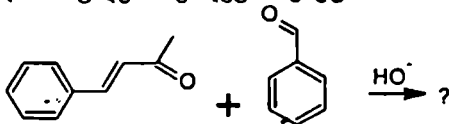
შერეულ კონდენსაციას მიეკუთვნება: კლაიზენ-შმიდტის (არომატული ალდეჰიდებისა და კეტონების ურთიერთქმედება), კნევენაგელის (არომატული ალდეჰიდებისა და დიკარბონმეყელების ურთიერთქმედება) და პერკინის (არომატული ალდეჰიდებისა და მეთათა ანჰიდრიდების ურთიერთქმედება) რეაქციები.

2.2.1. კლავინ-შმიდტის კონდენსაციის რეაქცია

რეაქცია მიმდინარეობს არომატულ ალდეჰიდსა და კეტონს შორის. კეტონი წარმოადგენს მეთილენურ კომპონენტს. რეაქცია მიმდინარეობს ალდოლური კონდენსაციის მექანიზმით.



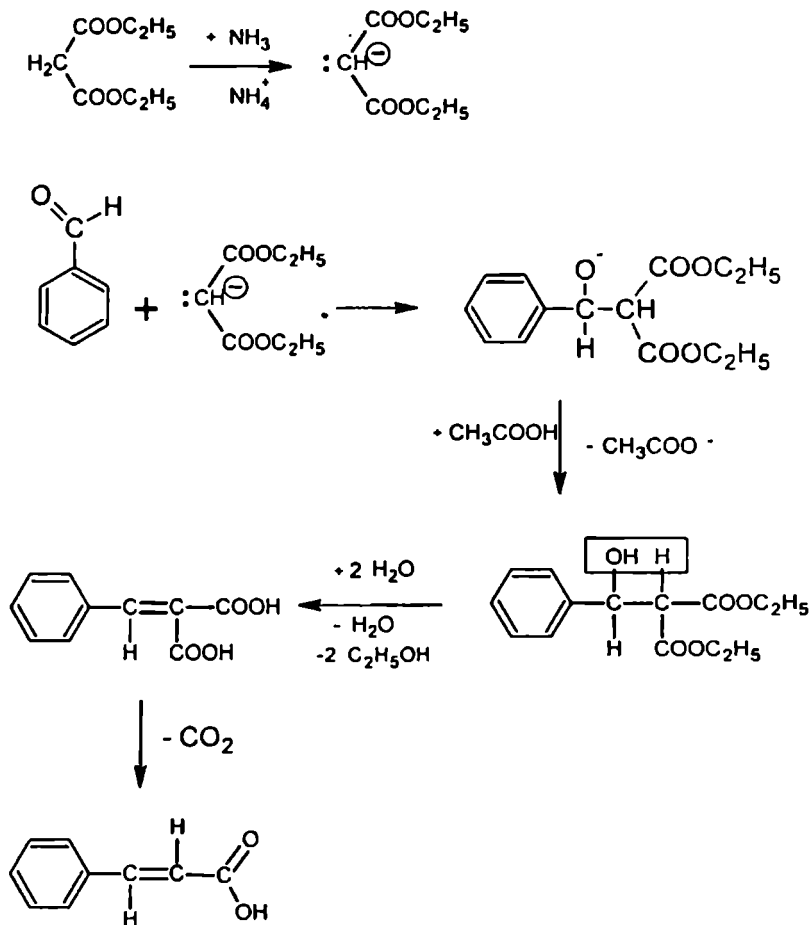
წარმოქმნილ ბენზალდეჰიდის მოლეკულას აქვს აქტიური CH_2 ჯგუფი. ამიტომ რეაქცია შესაძლებელია კვლავ გაგრძელდეს. დაასრულეთ შემდეგი რეაქცია:



2.2.2. კნევენაგელის კონდენსაციის რეაქცია

კნევენაგელის კონდენსაციის რეაქციაში ურთიერ-ქმედებენ C-H მჟავა თვისების მქონე დიკარბონმჟავები და არომატული ალდეჰიდები. დიკარბონმჟავა რეაქციის პირველ საფეხურზე რეაქციაში შედის ძლიერ ნუკლეოფილთან და წარმოქმნის მეთილენურ კომპონენტს. ეს უკანასკნელი კი

რეაქციის შემდგომ საფეხურზე ალდეჰიდთან ურთიერთქმედებს ალდოლური კონდენსაციის მექანიზმით.

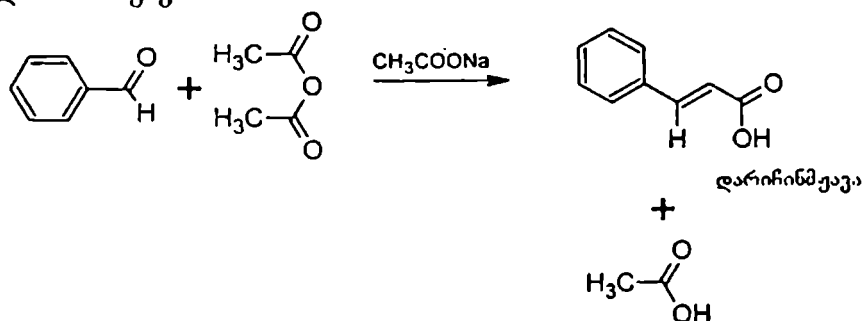


2.2.3. პერკინის კონდენსაციის რეაქცია

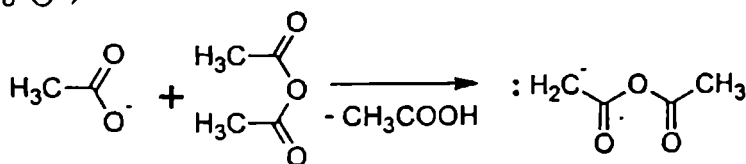
კონდენსაციის რეაქციებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია არომატული ალდეჰიდების კონდენსაციას მუჟავათა ანჰიდრიდებთან.

მეთილენური კომპონენტის როლს ამ რეაქციაში ასრულებს კარბონმჟავას ანჰიდრიდი. კონდენსაციის ძირითად აგენტებად იყენებენ კარბონმჟავათა ტუტე მარილებს, მესამეულ ამინებს, ან კალიუმის კარბონატს.

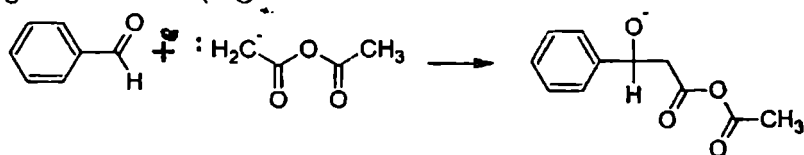
ბენზალდეჰიდის გაზურებით ძმარმჟავა ანჰიდრიდთან ნატრიუმის აცეტატის, ან პოტაშის თანაობისას წარმოიქმნება დარიჩინმჟავა.



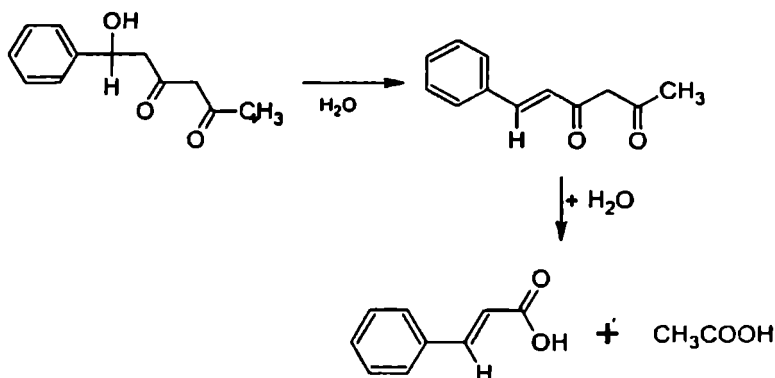
რეაქციის მექანიზმი შეიძლება წარმოდგენილი იქნას შემდეგნაირად: აცეტატანიონი (CH_3COO^-) იერთებს ძმარმჟავას ანჰიდრიდის მეთილის ჯგუფის წყალბადს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მეზომერული კარბანიონი (მეთილენური კომპონენტი).



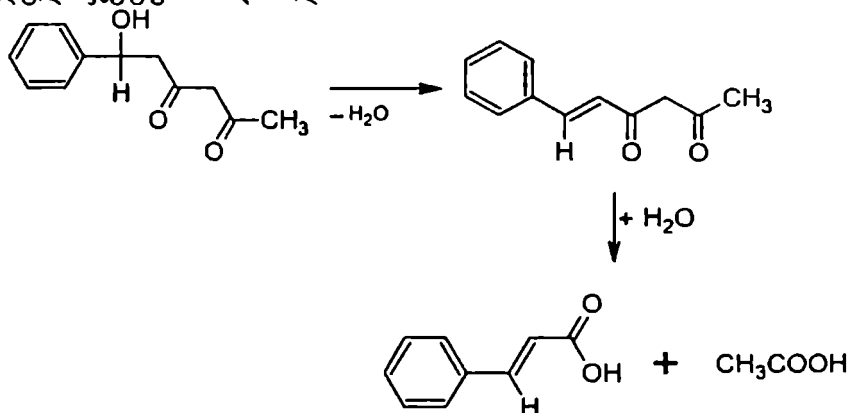
უკანასკნელი უერთდება ალდეჰიდის კარბონილის ჯგუფის ნახშირბად ატომს.



კონდენსაციის პროდუქტის ანიონი იერთებს ძმარმჟავას პროტონს, რის შედეგადაც ხდება კატალიზატორის რეგენერაცია (CH_3COO^-).

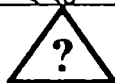


შემდგომ მიმდინარეობს წყლის მოხლეჩა და ანჰიდრი-
დული ჯგუფის ჰიდროლიზი:



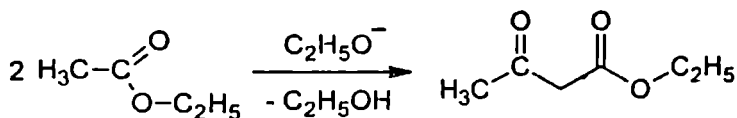
პერკინის რეაქციაში სხვადასხვა ალდეჰიდის აქტიურო-
ბა არ არის ერთნაირი: ტოლუოლალდეჰიდები ნაკლებად
რეაქციისუნარიანები არიან, ვიდრე ბენზალდეჰიდი, ხოლო ო-
იოდბენზალდეჰიდი კონდენსირდება ძმარანჰიდრიდთან უფრო
ადვილად.

პერკინის რეაქციაში შედიან 1-ნაფთალდეჰიდი, ფურ-
ფუროლი, 2-თიოფენალდეჰიდი და სხვა ჰეტეროციკლური
ალდეჰიდები.



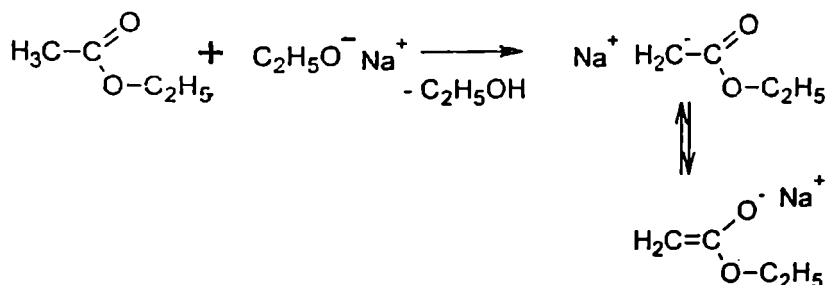
დაწერეთ ზემოთ ჩამოთვლილი ალდეჰიდების
ძმარმეაყა ანჰიდრიდთან კონდენსაციის რეაქციები.

2.3. რთულეთეროვანი (კლავინის) კონდენსაცია

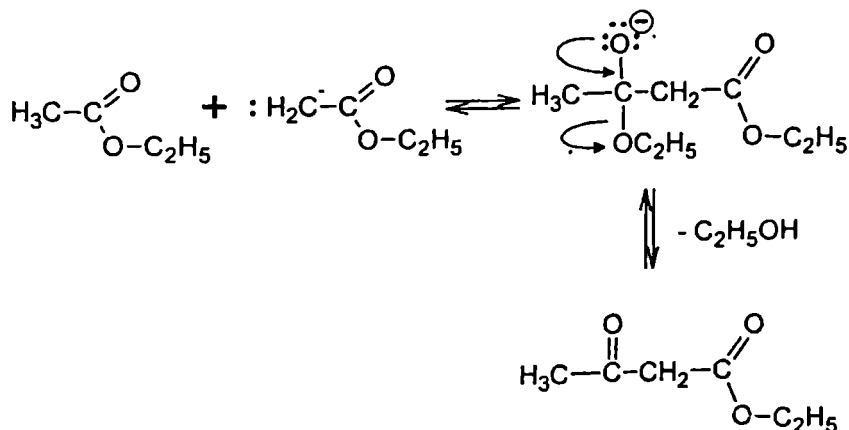


აეტომარმევა უთილს ეთერი

კონდენსაციის რეაქციის მექანიზმი შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ: ალკოჰოლატის გავლენით მმარმევა ეთილის ეთერი წარმოქმნის ლითონორგანულ კომპლექსს:



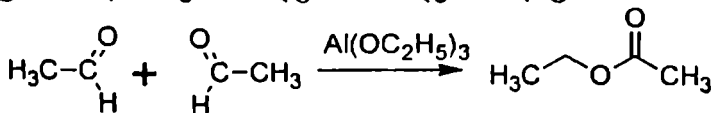
წარმოქმნილი კარბანიონი, როგორც ნუკლეოფილი, მიიერთებს კიდევ ერთ მოლეკულა ეთილატეტატს:



აეტომარმევა უთილ ეთერი

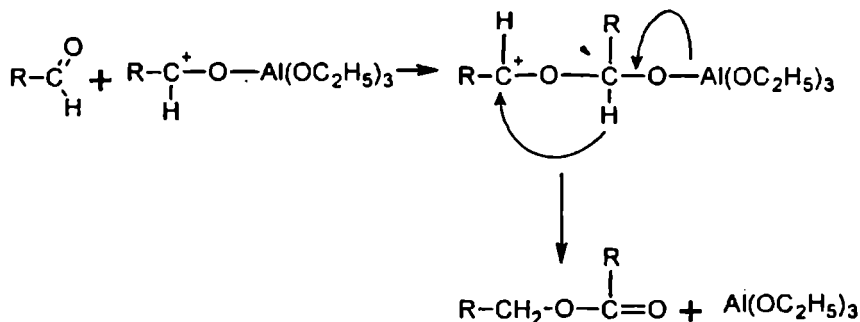
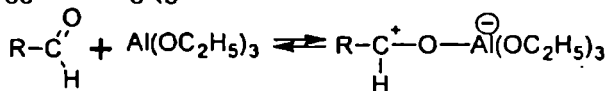
2.4. რთულეთეროვანი (ტიშენკოს) კონდენსაცია

ალდეჰიდების რთულეთეროვანი (ტიშენკოს) კონდენსაცია მიმდინარეობს ალუმინის ალკოჰოლატის თანაობისას:



ძმარმკავეთილის ეთერი

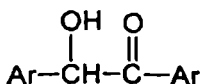
რეაქციის მექანიზმი შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სქემის მიხედვით:



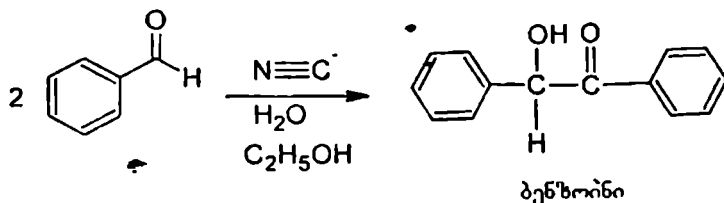
ალუმინის ურთიერთქმედება ალდეჰიდის ჟანგბად-ატომთან მნიშვნელოვნად ზრდის კარბონილის ნახშირბადატომის ელექტროფილურობას, რაც ხელს უწყობს კონდენსაციის წარმართვას.

2.5. ბენზოინური კონდენსაცია

ბენზოინური კონდენსაცია მიმდინარეობს ორ მოლეკულა არომატულ ალდეჰიდს შორის, რის შედეგადაც მიიღება α-ოქსიკეტონი:



შსგავს ნაერთებს ბენზონები ეწოდებათ. რეაქცია მიმდინარეობს სპეციფიკური კატალიზატორის – ციანიდიონის თანაობისას.



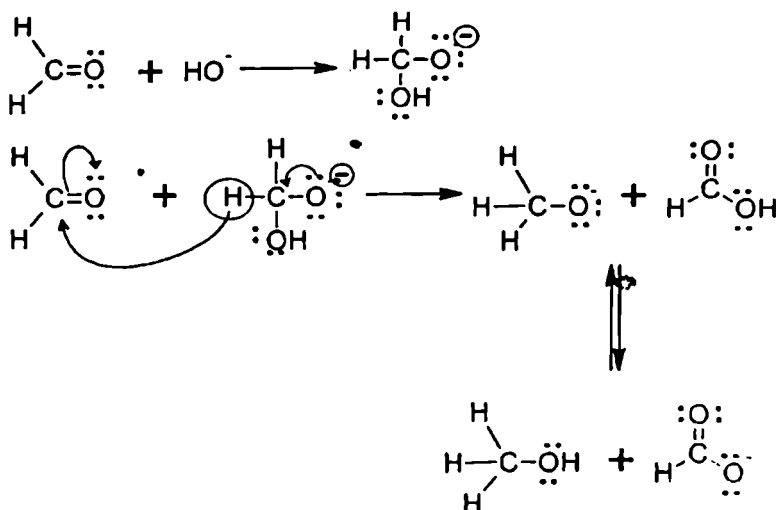
2.6. დისპროპორციონირების რეაქცია

კარბონილურ ნაერთებს ჟანგვითი ხარისხის მიხედვით უჭირავთ შუალედური მდგომარეობა სპირტებსა და მჟავებს შორის. ამიტომ მათ შეუძლიათ მონაწილეობა მიიღონ დისპროპორციონირების რეაქციაში, რომლის დროსაც ერთი მოლეკულა იჟანგება, ხოლო მეორე აღდგება. რეაქცია შესაძლებელია იყოს მოლეკულათშორისი და შიდამოლეკულური.

2.6.1. კანიცაროს რეაქცია

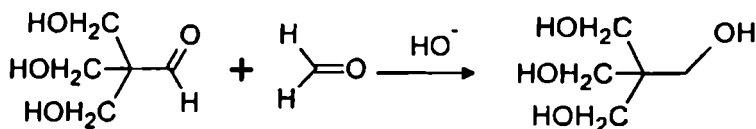
აღდექიდები, რომლებიც არ შეიცავენ კარბონილის მეზობელ α -წყობადატომებს, ტუტეებთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნიან 1 მოლ სპირტს და 1 მოლ მჟავას (ძარილის სახით).

ეს პროცესი ცნობილია, როგორც კანიცაროს რეაქცია. რეაქციის მექანიზმი ეყრდნობა ნუკლეოფილურ მიერთებას, მაგრამ მოიცავს ჰიდრიდიონის მიგრაციასაც:



ამ რეაქციის დროს ერთი მოლეკულა ალდეჰიდი იჟანგება, ხოლო მეორე კი – აღდგება. ე. ი. კანტაროს რეაქცია მიეკუთვნება დისპროპორციონირების რეაქციას.

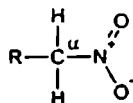
ასეთ კონდენსაციაში მონაწილეობენ ბენზოჰიჟანს, ტრიმეთილძმარჰიჟანს, ჭიანჭველჰიჟანს ალდეჰიდები. კანიცაროს რეაქციითაა გამოწვეული ის ფაქტიც, რომ აცეტალდეჰიდისა და ფორმალდეჰიდის კონდენსაციის პროდუქტი - ალტრიოლი, რომელიც ალდოლური კონდენსაციის მექანიზმით მიიღება, კვლავ შედის ხელახალ კონდენსაციის რეაქციაში (ალდოლური კონდენსაციის რეაქცია იხ. გვ. 38) და წარმოქმნის ოთხატომიან სპირტს - ერიტრიტს.



ერიტრიტი

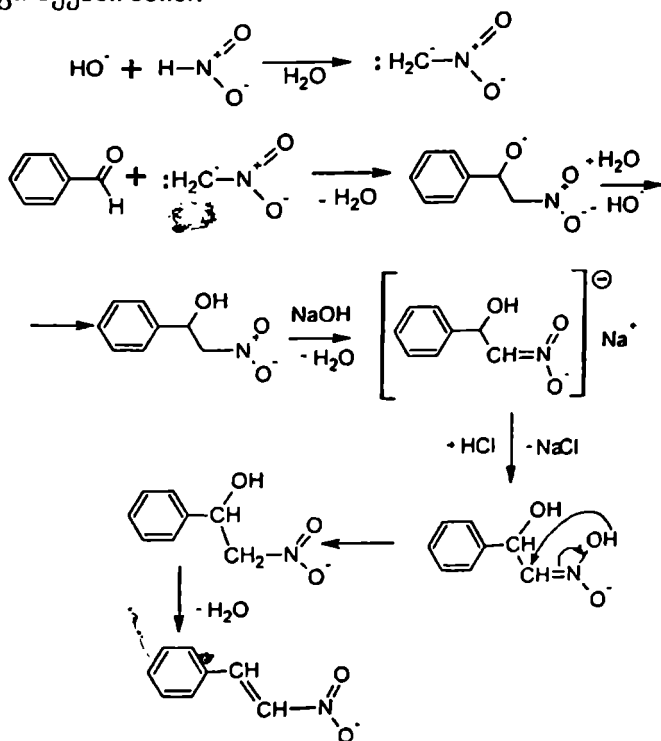
2.7. არომატული ალდეჰიდების კონდენსაცია ნიტრონაერთებთან

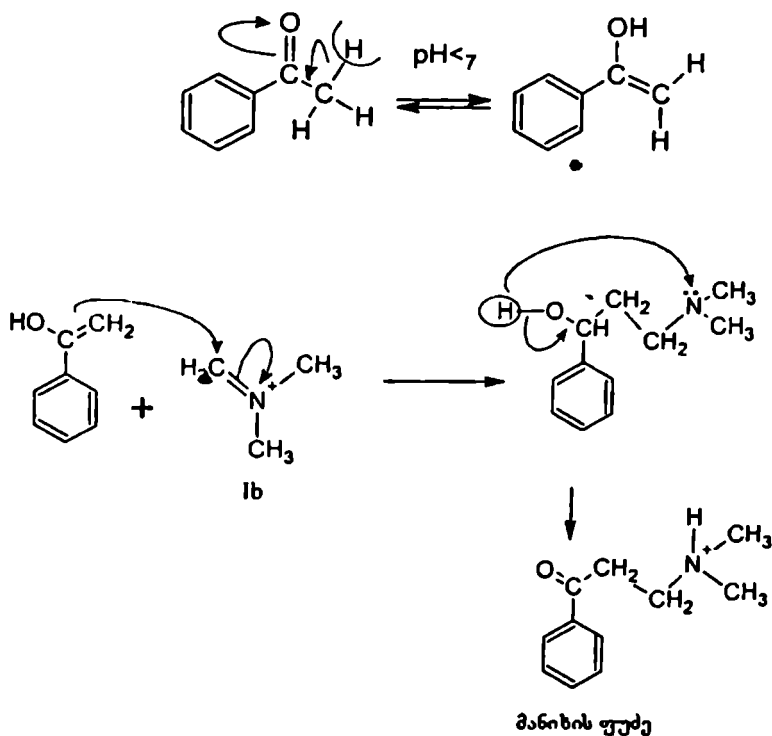
კლაიზენ-შმიდტის რეაქციის (გვ. 39) ანალოგიურად მიმდინარებს არომატული ალდეჰიდების კონდენსაციის რეაქცია ცხიმოვან ნიტრონაერთებთან. ნიტროჯგუფი ძლიერი ელექტრონაქცეპტორია, რაც განაპირობებს α -წყალბადატომების რეაქციის მაღალ უნარს.



ამასთან დაკავშირებით ცხიმოვანი ნიტრონაერთი კონდენსაციის რეაქციებში წარმოადგენს მეთილენურ კომპონენტს (C-H შეყავა).

რეაქცია მიმდინარეობს ძლიერი ტუტის თანაობისას შემდეგი მექანიზმით:

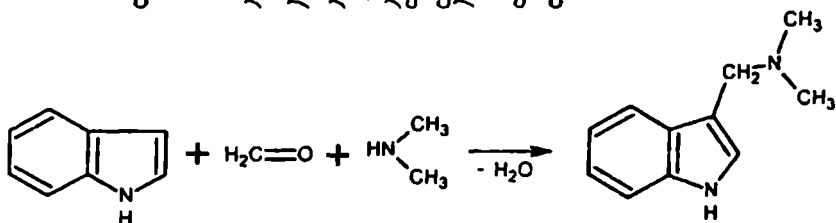




რეაქციის შედეგად ხორციელდება C-H მჟავების ამინომეთილირება.

მანიზის რეაქციით შეიძლება ამინოალკილის ჯგუფის შეყვანა არომატულ ნაერთებში, რომლებიც ადვილად განიცდიან ელექტროფილურ ჩანაცვლებას, მაგალითად, თიოფენში, პიროლში, ინდოლში და სხვ.

ამ გზით ინდოლიდან ღებულობენ გრამინს.

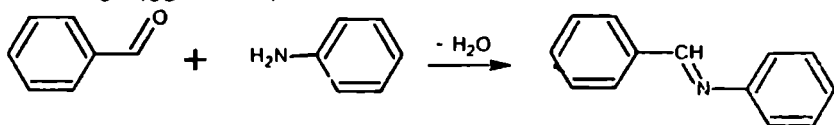


დიმეთილამინიდან და ფორმალდეჰიდიდან წარმოქმნილი კაციონი ურთიერთქმედებს ინდოლთან ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციის მექანიზმით.

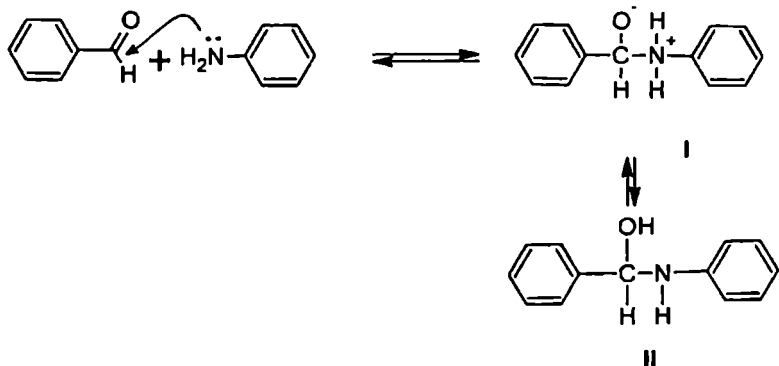
2.9.არომატული ალდეჰიდების კონდენსაცია არომატულ ამინებთან

ალდეჰიდები და კეტონები ადვილად შედიან რეაქციაში აზოტოვან ფუძეებთან. მაგალითად, ბენზალდეჰიდის ანილინთან ურთიერთქმედებით მიიღება ბენზალანელინი.

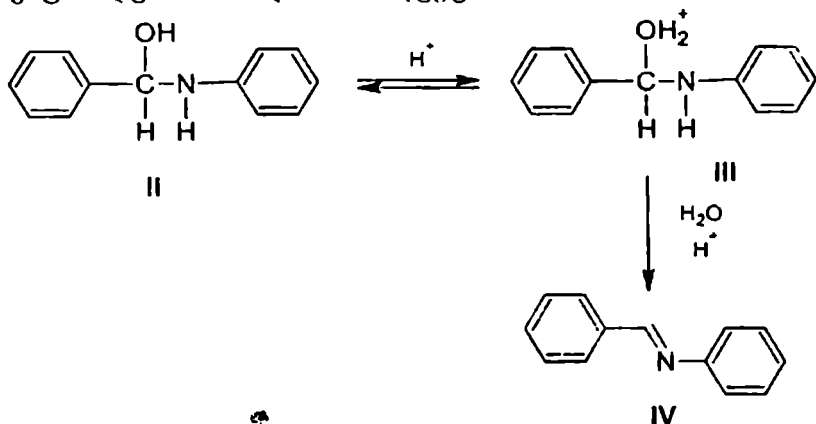
პირველად ამინებთან რეაქცია მიდის ალდეჰიდ და არ საჭიროებს მჟავების კატალიზურ მოქმედებას. პირველადი ამინებიდან წარმოიქმნება აზომეთინი ან შიფის ფუძე. რეაქცია მიდის შემდეგნაირად:



წარმოქმნილი ბიპოლარული იონი (I) სტაბილიზირდება „შინაგანი“ ნეიტრალიზაციის შედეგად (II) პროტუქტის წარმოქმნით. შემდეგ გამხსნელის გავლენით მიმდინარეობს ჰიდროქსილის ჟანგბადის პროტონიზაცია და მიიღება ოქსონიუმიონი (III), რომელიც განიცდის წყლის მოლეკულისა და პროტონის მოხლეჩას.



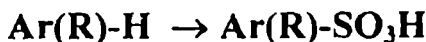
პროტონის მოხლეჩის შედეგად წარმოიქმნება რეაქციის ნეიტრალური საბოლოო პროდუქტი (IV).



3. სულფირების რეაქციები

სულფირების რეაქცია ეწოდება აციკლურ და ციკლურ (უმთავრესად არომატულ) ნაერთებში სულფოჯგუფის SO_3H -ის შეყვანის პროცესს.

არომატული და ალკანსულფომჟავების წარმოქმნისას მიმდინარეობს წყალბადის ჩანაცვლება შემდეგი სქემით:



ამ პროცესს დიდი გამოყენება აქვს, რადგან სულფოჯგუფი ორგანულ მოლეკულას ანიჭებს მრავალმხრივ მნიშვნელოვან თვისებებს.

სულფოჯგუფის შეყვანასთან ერთად იზრდება ორგანული ნაერთის ხსნადობა წყალში. ამის გამო მრავალ საღებარში (განსაკუთრებით კვების მრეწველობაში გამოყენებული) და ფარმაცევტულ პრეპარატში სულფოჯგუფის არსებობა აუცილებელია. ამ თვისებას აგრეთვე ეყრდნობა სულფი-

რების რეაქციის გამოყენება ორგანული ნაერთების (ნავთობ-პროდუქტების) გასასუფთავებლად.

სულფოჟგუფი შედარებით ადვილად ჩაინაცვლება სხვა ფუნქციური ჯგუფებით. ეს თვისება განაპირობებს სულფირების რეაქციის გამოყენებას ორგანულ მოლეკულაში, სხვადასხვა ფუნქციური ჯგუფის ($-OH$, NO_2 და სხვა) შეყვანას არაპირდაპირი გზით.

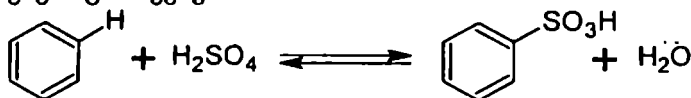
ბოლო ხანებში სულფომჟავეებს ფართოდ იყენებენ, როგორც ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებებს. სარეცხი საშუალებების აქტიურ ნაწილს შეადგენს ალკანსულფომჟა.

მთავარი მასულფირებელი აგენტი არის სხვადასხვა კონცენტრაციის გოგირდმჟავა. ტექნიკაში ხშირად გამოიყენება აჯასის ზეთი (92-94%), მონოჰიდრატი (100%), ოლეუმი (SO_3 -ის ხსნარი მონოჰიდრატში). აგრეთვე მასულფირებელ აგენტად გამოიყენება ქლორსულფინის მჟავა $ClSO_3H$, გოგირდის ანჰიდრიდი SO_3 , პირიდინსულფოტრიოქსიდი, გოგირდოვანი ანჰიდრიდი და სხვა.

3.1. არომატული ბირთვის სულფირება

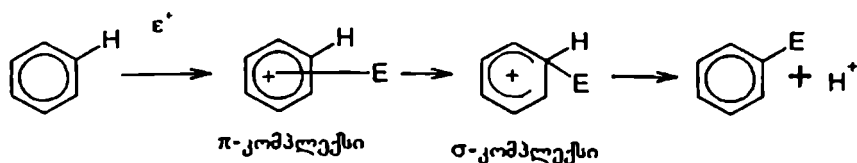
3.1.1. ბენზოლისა და ნაფთალენის სულფირება

არომატული ბირთვის სულფირება მიმდინარეობს გოგირდმჟავას გამოყენებით.



რეაქციის შექცევადობასთან დაკავშირებულია კონცენტრირებული გოგირდმჟავას გამოყენება. რეაქციის დროს გამოყოფილი წყალი ამცირებს გამოყენებული გოგირდმჟავას კონცენტრაციას და აგრეთვე ზრდის წარმოქმნილი ბენზოსულფომჟავას ჰიდროლიზის რეაქციის სიჩქარეს. რეაქციის შექცევადობას ამცირებს აგრეთვე გოგირდმჟავას გამოყენება ჭარბი რაოდენობით (სტექიომეტრულ რაოდენობასთან შედარებით 2-5 ჯერ მეტი).

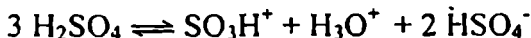
არომატული ბირთვის სულფირება მიმდინარეობს ელექტროფილური ჩანაცვლების (S_E) მექანიზმით.



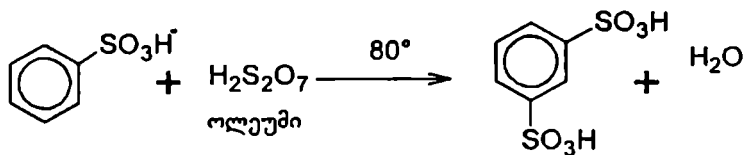
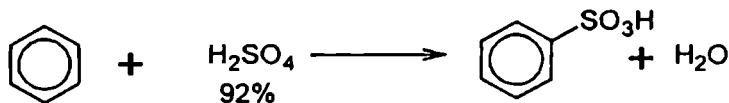
E^+ ელექტროფილური ნაწილაკი, რომელიც სულფირების რეაქციის შემთხვევაში, როგორც ვარაუდობენ შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით:



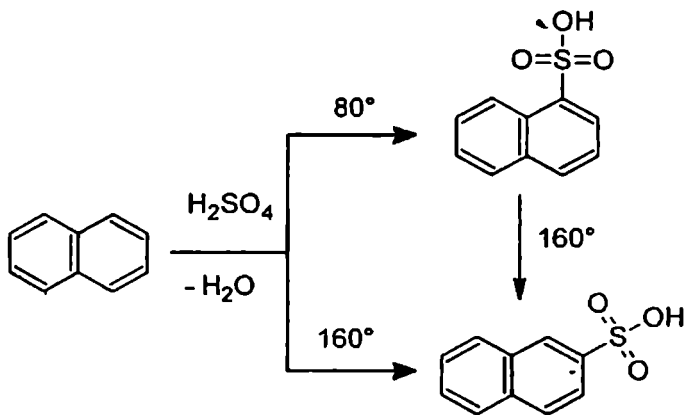
ან კათიონი $^+\text{SO}_3\text{H}$, რომელიც წარმოიქმნება შემდეგი რეაქციით:



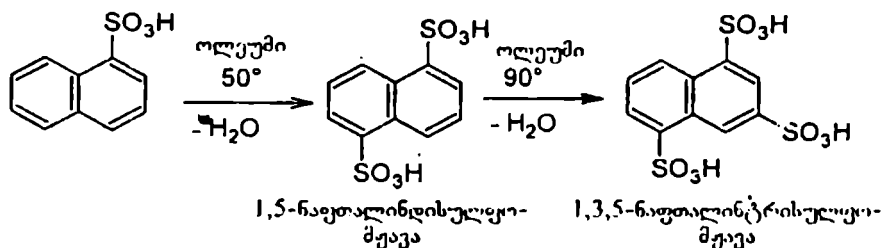
სულფირების რეაქციის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს რეაქციის ოპტიმალური პირობების (გოგირდმჟავას კონცენტრაცია, ტემპერატურის ხანგრძლივობა) დაცვას. სულფო-ჯგუფი მიეკუთვნება მეორე რიგის (ელექტრონოაქცეპტორულ) ჩამნაცვლებლებს და ამცირებს არომატული ბირთვის რეაქციისუნარიანობას, რაც განაპირობებს მონოსულფომჟავების მიღების შესაძლებლობას. დი-, ტრი- და პოლისულფომჟავების მიღებას აწარმოებენ უფრო მკაცრ პირობებში მაღალ ტემპერატურაზე ოლეუმის გამოყენებით.



შსგავსი მექანიზმით მიმდინარეობს ნაფთალინის სულფირება. მონო ნაფთალინსულფომჟავას ბუნებაზე ღიდ გავლენას ახდენს ტემპერატურული ფაქტორი. α-ნაფთალინსულფომჟავა წარმოიქმნება შედარებით რბილ პირობებში.

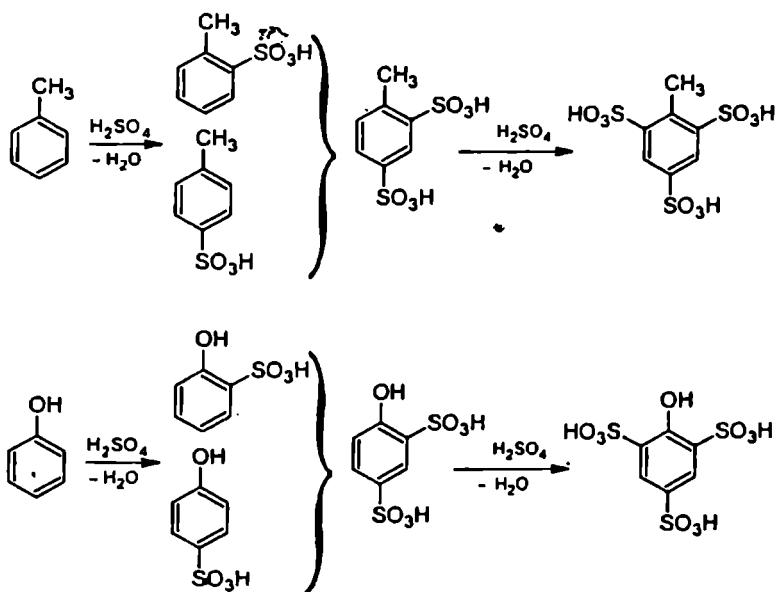


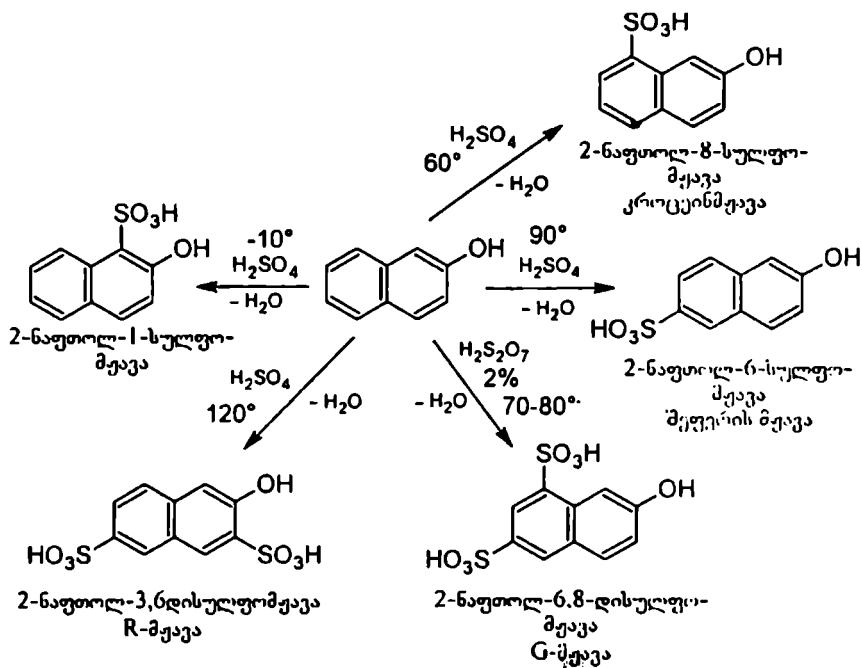
მეორე სულფოჯგუფი შედის არაჩანაცვლებულ ბირ-
თეში.



3.1.2. ჩანაცვლებული ბენზოლისა და ნაფთალინის სულფირება

სულფოჯგუფის შეყვანა არომატულ ბირთვში მიმდინარეობს უფრო რბილ პირობებში, როდესაც ბირთვთან არის დაკავშირებული პირველი რიგის (ელექტრონოდონორული) ჩამნაცვლებელი.

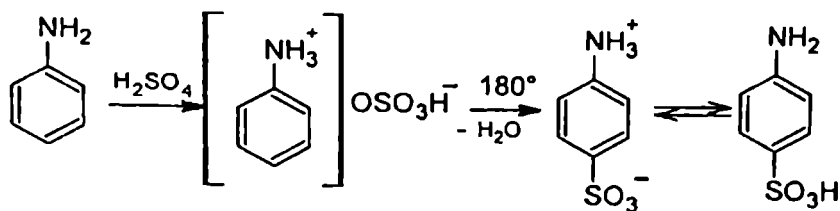




აღსანიშნავია, რომ დი- და ტრი-სულფომჟავების სინთეზის დროს მიღებული სარეაქციო ნარევი (სულფონარევი) შეიცავს იზომერულ სულფომჟავებს.

3.1.3. არომატული ამინების სულფირება

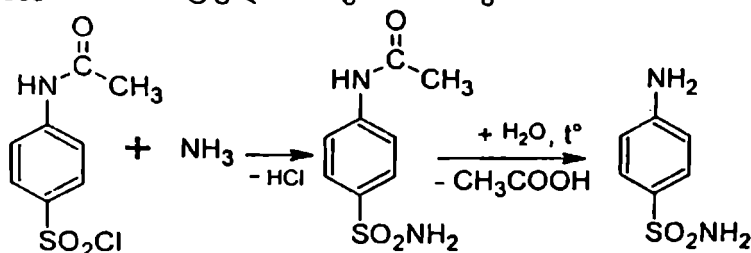
პირველადი არომატული ამინების მონოსულფომჟავების მისაღებად გამოიყენება ე.წ. „შეცხოვის მეთოდი“. ეს მეთოდი ემყარება იმას, რომ მრავალი პირველადი არომატული ამინის გოგირდმჟავა მარილი, რომელიც მიიღება ექვიმოლური რაოდენობა გოგირდმჟავას მოქმედებით, მაღალ ტემპერატურაზე რამოდენიმე საათის განმავლობაში გაცხელებით ($180-190^\circ\text{C}$ ფარგლებში), უპირატესად პარა ჩანაცვლებულ სულფომჟავად გარდაიქმნება.



სულფანილმჟავა

მიღებული სულფანილმჟავა წარმოადგენს შიდამოლეკულურ მარილს.

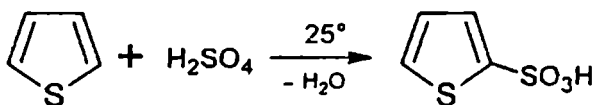
აქვე უნდა აღინიშნოს სულფამიდური ჯგუფის $-SO_2NH_2$ შეყვანა არომატული ამინების ბირთვში



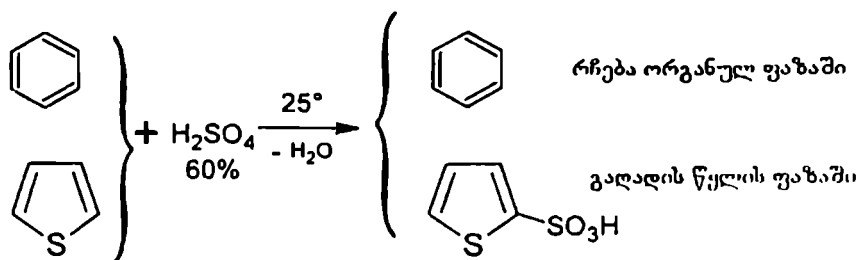
თეთრი სტრეპტოციდი

3.1.4. პეტეროციკლური ნაერთების სულფირება

ხუთწევრიანი პეტეროციკლური ნაერთები, რომლებიც ხასიათდებიან არომატული თვისებებით: თიოფენი, პიროლი, ფურანი წარმოქმნიან შესაბამის სულფომჟავეებს:

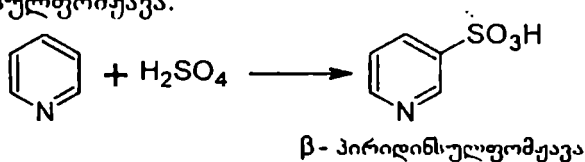


მთავარ პროდუქტს წარმოადგენს α -სულფომჟავა. აღსანიშნავია, რომ სულფირების რეაქცია არომატულ ნახშირწყალბადებთან შედარებით პეტეროციკლურ ნაერთებში მიმდინარეობს შედარებით რბილ პირობებში. სულფირების რეაქციით მიმდინარეობს ნედლი ბენზოლის გასუფთავება თიოფენისაგან.



α-თიოფენსულფომჟეა იხსნება გოგირდმჟეაში და განშრელება ბენზოლიდან.

ექვსწევრიანი პეტეროციკლური ნაერთების სულფირება მიმდინარეობს მკაცრ პირობებში. წარმოიქმნება უმთავრესად β-სულფომჟეა.



3.1.5. აციკლური ნაერთების სულფირება

ალკანსულფომჟეების მიღება გოგირდმჟეას გამოყენებით პრაქტიკულად არ ხერხდება. დაბალი კონცენტრაციის გოგირდმჟეასთან რეაქციის სიჩქარე ძალიან მცირეა, ხოლო კონცენტრირებულ გოგირდმჟეასთან სულფირების რეაქციასთან ერთად მიმდინარეობს დაჟანგვის რეაქციები.

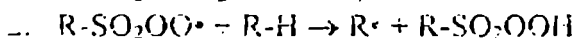
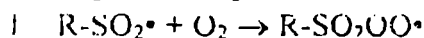
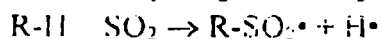
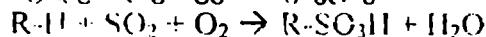
ალკანსულფომჟეები დიდი გამოსავლიანობით წარმოიქმნებიან სულფოდაჟანგვისა და სულფოქლორირების რეაქციებით. რეაქციის მექანიზმი ჯაჭვურ-რადიკალურია.

სულფოქლორირების რეაქცია:



1. $\text{Cl}-\text{Cl} \xrightarrow{h\nu} 2 \text{Cl}\cdot$
2. $\text{Cl}\cdot + \text{RH} \rightarrow \text{R}\cdot + \text{HCl}$
3. $\text{R}\cdot + \text{SO}_2 \rightarrow \text{R}-\text{SO}_2\cdot$
4. $\text{R}-\text{SO}_2\cdot + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{RSO}_2\text{Cl} + \text{Cl}\cdot$ და ა.შ.
5. $\text{R}\cdot + \text{Cl}\cdot \rightarrow \text{R}-\text{Cl}$
- 6. $\text{Cl}\cdot + \text{Cl}\cdot \rightarrow \text{Cl}_2$

სულფოლაქსანგის რეაქციები



ალკანსულფომჟავების მარილებისა და საპნის მოლეკულები შეიცავენ ჰიდროფილურ და შედარებით მაღალმოლეკულურ ჰიდროფობურ ჯგუფებს. ალკანსულფომჟავების უპირატესობა არის ის, რომ თითქმის ყველა მათი მარილი არის ხსნადი როგორც ხისტ, ისე რბილ წყალში, რაც განაპირობებს მათ საუკეთესო გამრეცხ თვისებებს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Ворожцов Н.Н. Основы синтеза промежуточных продуктов и красителей. М.: Госхимиздат, 1955.
2. Vogel A. Text book of practical organic chemistry. London: Longmans, 1964.
3. Вейганд-Хильгетаг. Методы эксперимента в органической химии. М.: Химия, 1969.
4. Уотерс С. Окисление органических соединений. Пер. с англ. М.: Мир, 1972.
5. Органикум. Практикум по органической химии. Пер. с нем. М.: Мир, 1979. Т.1-2.
6. Кери Ф., Сандберг Р., Углубленный курс органической химии. Пер. с англ. М.: Химия, 1981. Т.1.
7. Терней А. Современная органическая химия. Пер. с англ. М.: Мир, 1981. –Т.1,2.

სარჩევი

წინასიტყვაობა	3
1. ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები	4
1.1. ჟანგვის რეაქციები	6
1.1.1. ალკანების ჟანგვა	7
1.1.2. ალკენების და ალკინების დაჟანგვა	11
1.1.3. არენების დაჟანგვა	14
1.1.4. ალკანოლების დაჟანგვა	16
1.1.5. კარბონილური ნაერთების დაჟანგვა	17
1.2. აღდგენის რეაქციები	19
1.2.1. ალკენებისა და ალკინების აღდგენა	20
1.2.2. ალკალიდების აღდგენა	21
1.2.3. არენების (არომატული ნახშირწყალბადების) აღდგენა	23
1.2.4. კარბონილური ნაერთების აღდგენა	24
1.2.5. ნიტრონაერთების აღდგენა	28
2. კონდენსაციის რეაქციები	31
2.1. ალდეჰიდებისა და კეტონების კონდენსაციის რეაქციები (C-C ბმის წარმოქმნა)	31
2.1.1. ალდოლური (ბოროდინის) და კროტონული კონდენსაცია	32
2.2. შერეული კონდენსაცია	36
2.2.1. კლაიზენ-შმიდტის კონდენსაციის რეაქცია	39
2.2.2. კნევენაგელის კონდენსაციის რეაქცია	39
2.2.3. პერკინის კონდენსაციის რეაქცია	40
2.3. რთულეთეროვანი (კლაიზენის) კონდენსაცია	43
2.4. რთულეთეროვანი (ტიშენკოს) კონდენსაცია	44
2.5. ბენზოინური კონდენსაცია	44
2.6. დისპროპორციონირების რეაქცია	45
2.6.1. კანიცაროს რეაქცია	45
2.7. არომატული ალდეჰიდების კონდენსაცია ნიტრონაერთებთან	47
2.8. ამინების კონდენსაცია ალდეჰიდებთან	48
2.8.1. მანიხის რეაქცია	48
2.9. არომატული ალდეჰიდების კონდენსაცია არომატულ ამინებთან	50
3. სულფირების რეაქციები	51
3.1. არომატული ბირთვის სულფირება	52
3.1.1. ბენზოლისა და ნაფთალინის სულფირება	52
3.1.2. ჩანაცვლებული ბენზოლისა და ნაფთალინის სულფირება	55
3.1.3. არომატული ამინების სულფირება	56
3.1.4. ჰეტეროციკლური ნაერთების სულფირება	57

3.1.5. აციკლური ნაერთების სულფირება	58
გამოყენებული ლიტერატურა	60
სარჩევი	61

კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ელიზბარაშვილის

იბეჭდება ავტორთა მიერ
წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 28.05.2005. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 07.06.2005.
ქაღალდის ზომა 60x84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 4. სააღრიცხვო-
საგამომცემლო თაბახი 3. ტირაჟი 100 ეგზ. შეკვეთა № 299

გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,
კოსტავა 77

