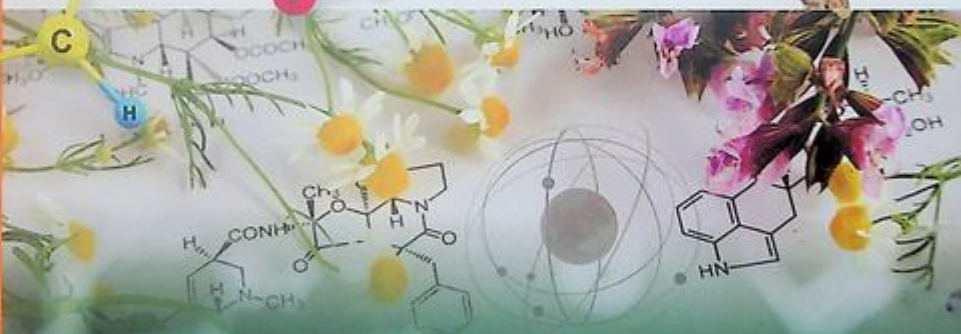
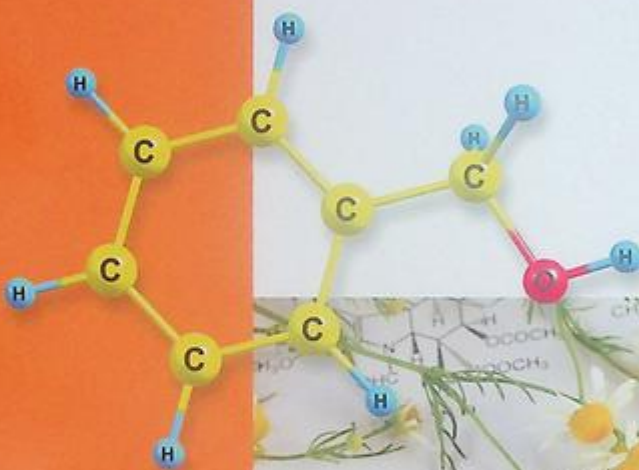


გიული ანდრონიკაშვილი
ლალი გერიძე
ნინო ვეფხიშვილი

12

ქიმია



გიული ანდრონიკაშვილი
ლალი ბერიძე
ნინო ვეფხიშვილი

12

ქიშია


მოსწავლის წიგნი



გამომცემლობა „კლიო“

კარბონმთავები და მათი ნაწარმები	117
20. კარბონმთავები	117
21. ესტერები	125
22. ცხიმები	128
ნახშირწყლები	131
23. მონოსაქარიდები	131
24. დისაქარიდები	138
25. პოლისაქარიდები	140
ტიპური ამოცანების ამოხსნა	146
IV თავის შემავჯამებელი სავარჯიშოები, ტესტები და ამოცანები	149
თავი V. აზოტბმცველი ორგანული ნაერთები	153
26. ამინები	154
27. ამინომჟავები	159
28. ცილები	163
29. პეტეროციკლური ნაერთები	168
30. ნუკლეინმჟავები	171
ტიპური ამოცანების ამოხსნა	173
V თავის შემავჯამებელი სავარჯიშოები, ტესტები და ამოცანები	177
თავი VI. გალამოლეკულური ნაერთები	179
31. პოლიმერების სინთეზი	180
32. ხელოვნური და სინთეზური ბოჭკო	188
33. კაუჩუკი	191
VI თავის შემავჯამებელი სავარჯიშოები, ტესტები და ამოცანები	194
ზოგიერთ ორგანულ ნაერთთა თვისებითი აღმომჩენი რეაქციები	195
სახელმძღვანელოში მოყვანილი ამოცანის პასუხები	196
დანართი	197

სახელმძღვანელოში გამოყენებული პირობითი ნიშნები

<p>აუსაარიმენტი</p>  <p>უსაფრთხოების ნიშნები</p>	<p>გაკვეთილის თემასთან დაკავშირებული კითხვა</p>
<p>ბაიზრათი</p> <p>მოცემული დავალბებუ სრულდება გაკვეთილზე უკუფურად, წვეილებში ან ინდივიდუალურად, მასწავლებლის შეხედულებით.</p>	<p>საინტერესოა...</p> <p>დამატებითი ინფორმაცია</p>
<p>შეასრულეთ</p> <p>საშინაო დავალბება სასწავლო თემის სრულყოფილად ასათვისებლად</p>	

თემა I ნახშირწყადბაღების ქიმია

თავი I

ორგანულ ნაერთთა ქიმიური აღნაგობის თეორია ელემენტარული თეორია

ამ თავის შესწავლისას გაცნობით:

- ორგანული ქიმიის ჩამოყალიბების ისტორიას;
- ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების მსგავსებასა და განსხვავებას;
- ორგანული ნაერთების გავლენას ადამიანის ცხოვრების ყველა სფეროზე;
- ორგანულ ნაერთთა აღნაგობის თეორიის ძირითად დებულებებს; იზომერიის ცნებასა და მის მნიშვნელობას;
- ატომთა სივრცეში განლაგებასა და ელექტრონული სტრუქტურის გავლენას ორგანულ ნივთიერებათა თვისებებზე;
- ორგანული ნივთიერებების შესწავლის აუცილებლობას;
- ორგანულ ნაერთთა სიმრავლისა და მრავალფეროვნების მიზეზებს.



სურ. 1. იენს იაკობ ბერცელიუსი (1779-1848), შვედი ქიმიკოსი. ტერმინი „ორგანული ქიმია“ შეცვლილ რეზიუმეში დამატებულა ნახევრულად, რაც ბერცელიუსმა 1827 წელს შეტანა ორგანული ქიმიის პირველი სახელწოდებაში.

ნივთიერებათა კლასიფიკაციის პირველი ცდა იყო მათი დაყოფა მინერალურ, მცენარეულ და ცხოველურ ნივთიერებად. ეს კლასიფიკაცია ხანგრძლივი დროის განმავლობაში უცვლელი რჩებოდა.

XVIII საუკუნის მეორე ნახევრიდან დაიწყო მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ნივთიერებების ინტენსიური შესწავლა. ქიმიკოსებმა მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმებიდან გამოიყვეს მთელი რიგი ნივთიერებები, მაგალითად, მჟაუნმჟავა (გვხვდება მცენარეებში), რძემჟავა, ლიმონმჟავა, გლიცერინი და სხვ. მაგრამ ვერ დაადგინეს, რატომ განსხვავდება მკვეთრად ეს ნივთიერებები მინერალური ნივთიერებებისაგან. ფრანგმა მეცნიერმა ანტუან ლავუაზიემ შეიმუშავა ნივთიერებების შედგენილობის განსაზღვრის რაოდენობრივი მეთოდები და ექსპერიმენტის საფუძველზე დაადგინა, რომ მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ნივთიერებების შედგენილობა, დაახლოებით, ერთნაირია, ისინი შედგება ნახშირბადის, წყალბადისა და ჟანგბადისაგან. ზოგიერთი მათგანი შეიცავს, აგრეთვე, აზოტსა და ფოსფორს. შეიქმნა მცენარეულ და ცხოველურ ნივთიერებათა ცალკე შესწავლის აუცილებლობა.

1808 წელს შეეძმა ქიმიკოსმა ი. ბერცელიუსმა (სურ. 1) წამოაყენა წინადადება, რომ ცოცხალი ორგანიზმებიდან მიღებული ნივთიერებებისათვის ეწოდებინათ ორგანული ნივთიერებები, ხოლო მათი შემსწავლელი მეცნიერებისათვის – ორგანული ქიმიკოსები.

XIX საუკუნის მეცნიერთა შორის განსაკუთრებული პოპულარობით სარგებლობდა მოძღვრება „სასიცოცხლო ძალის“ შესახებ ანუ ვიტალისტური თეორია, რომლის მიხედვითაც ორგანული ნაერთები წარმოიქმნება მხოლოდ ცოცხალ ორგანიზმებში განსაკუთრებული „სასიცოცხლო ძალის“ (ლათ. vis vitalis) გავლენით. ამიტომ მათი მიღება შეუძლებელია ლაბორატორიული გზით.

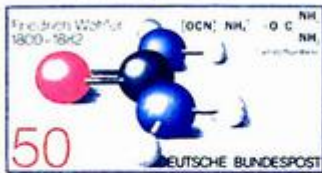
მიუხედავად იმისა, რომ ვიტალისტური თეორია ამუხრუჭებდა ორგანული ქიმიის განვითარებას, თანდათან გროვდებოდა დიდძალი ექსპერიმენტული მასალა ორგანულ ნაერთთა შედგენილობისა და თვისებების შესახებ.

XIX საუკუნის 20-იან წლებში გერმანელმა ქიმიკოსმა, ი. ბერცელიუსის მოსწავლემ ფ. ვიოლერმა (სურ. 2) არაორგანული ნივთიერებებიდან დაასინთეზა შარდოვანა (წარმოიქმნება ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში).

ვიოლერის ამ აღმოჩენებს მოჰყვა ორგანული სინთეზების მთელი სერია. 1845 წელს გერმანელმა ქიმიკოსმა ა. კოლბემ სინთეზური გზით მიიღო ქმარმჟავა. 1894 წელს ფრანგმა ქიმიკოსმა პ. ბერტლომ დაასინთეზა ცხიმები, ხოლო 1861 წელს რუსმა ქიმიკოსმა ა. ბუტლეროვმა – ნახშირწყლები.



სურ. 2. ფრიდრიხ ვიოლერი (1800-1882), გერმანელი ქიმიკოსი.

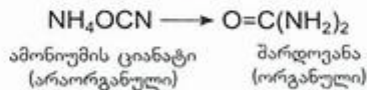


სურ. 3. ვიოლერის გარდაცვალების 100 წლისთავისადმი მიძღვნილი გერმანული საფოსტო მარკა

ფრიდრიხ ვიოლერის აღმოჩენა

არაორგანული ნივთიერებიდან ორგანული ნივთიერების სინთეზი პირველად 1828 წელს განახორციელა ფრიდრიხ ვიოლერმა. მან მისწერა თავის მასწავლებელს ბერცელიუსს „უნდა მოგახსენოთ, რომ შემოძლია შარდოვანას მიღება ადამიანის, ძაღლის ან სხვა ცხოველის თირკმლების გარეშე...“ ის გულიანტეკილს გამოთქვამდა, რომ გახდა მეცნიერებაში უდიდესი „ტრაგედიის“ მოწმე – მშვენიერი პიპოთეზის (იგულისხმება ვიტალისტური თეორია) დასამარებისა ამ ფაქტით.

ფ. ვიოლერმა არაორგანული ნივთიერების ამონიუმის ციანატის წყალხსნარის აორთქლებისას ატომთა გადაჯგუფების შედეგად, მიიღო ორგანული ნივთიერება შარდოვანა – ცხოველების შარდის კომპონენტი. ამონიუმის ციანატი და შარდოვანა სტრუქტურული იზომერებია.



„ვიოლერის სინთეზი“ იყო მნიშვნელოვანი აღმოჩენა, რადგან ბიოარაორგანული ნივთიერებიდან ქიმიურ ლაბორატორიაში განხორციელებული ორგანული ნივთიერების მიღება უარყოფდა ვიტალისტურ თეორიას.

სინთეზების ამ ჯაჭვმა მთლიანად გააცამტვერა ნარმოდგენები „სასიცოცხლო ძალის“ შესახებ და შექმნა საფუძველი ახალი მეცნიერული თეორიის შესაქმნელად.

XIX საუკუნის შუა წლებში გერმანელმა ქიმიკოსმა ა. კეკულემ ორგანული ქიმია განსაზღვრა, როგორც **ნახშირბადის ნაერთთა ქიმია**. ასეთი განმარტება სრულყოფილი არაა, რადგან ნახშირბადის შემცველი მრავალი ნაერთი (ნახშირმჟავა და მისი მარილები, ნახშირბადის ოქსიდები) მიეკუთვნება არაორგანულ ნაერთებს, რადგან ავლენს არაორგანული ნაერთებისათვის დამახასიათებელ თვისებებს.

მოგვიანებით, 1889 წელს გერმანელმა ქიმიკოსმა კარლ შორლემერმა ორგანულ ქიმიას **ნახშირწყალბადებისა და მათი ნანარმების ქიმია** უწოდა.

დღეისათვის გამოიყენება როგორც ერთი, ისე მეორე განმარტება.

ამრიგად:

ორგანული ქიმია შეისწავლის **ნახშირბადის შემცველ ნაერთებს – ნახშირწყალბადებსა და მათ ნანარმებს**.

ორგანული ქიმია ახალგაზრდა მეცნიერებაა, თუმცა ორგანულ ნივთიერებებს და მათ გარდაქმნებს ადამიანი უხსოვარი დროიდან იცნობდა და იყენებდა: ყურძნის წვენიდან ღებულობდნენ ღვინოს, მარცვლეულიდან – ლუდს, მცენარეებიდან



გამოყოფდნენ ბუნებრივ საღებრებს, ეთერზეთებს, ცხიმებს, სამკურნალო საშუალებებს და სხვ.

ტერმინმა „ორგანული ქიმია“ დღეისათვის უფრო ფართო მნიშვნელობა შეიძინა, ვიდრე თავდაპირველად ჰქონდა. ამჟამად ორგანული ქიმია მოიცავს არა მხოლოდ ცოცხალ ორგანიზმებში შემავალ ნივთიერებებს, არამედ სინთეზის გზით მიღებულ ნივთიერებებსაც, რომელთაც არავითარი კავშირი არა აქვს ცოცხალ ბუნებასთან, მაგრამ ავლენენ ორგანული ნაერთებისათვის დამახასიათებელ თვისებებს.

ორგანული ქიმია საფუძველია მრეწველობის მრავალი დარგის – სათბობის, საღებრების, ასაფეთქებელი ნივთიერებების, სინთეზური კაუჩუკის, ქიმიური ბოჭკოს, პლასტმასების, ორგანული სასუქების, შხამქიმიკატების, ვიტამინების, სამკურნალო პრეპარატების წარმოებისა და სხვ.

განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ორგანულ ქიმიას ბიოლოგიისა და მედიცინისათვის. ჩვენ ვცხოვრობთ ორგანულ ნაერთთა გარემოცვაში და ნივთიერებათა ცვლა, რომელიც საფუძველად უდევს სასიცოცხლო პროცესებს, უმთავრესად ორგანულ ნაერთთა გარდაქმნებს წარმოადგენს. თანამედროვე ორგანული ქიმიის საფუძველზე ჩამოყალიბდა ახალი მეცნიერული მიმართულება – ბიოორგანული ქიმია, რომელიც სწავლობს სასიცოცხლო პროცესებში მონაწილე ორგანულ ნაერთთა (ცილები, ნახშირწყლები, ლიპიდები, ჰორმონები და სხვ.) აღნაგობას, თვისებებს და ახდენს ბიოლოგიური პროცესების მოდელირებას.



ჩვენი სხეული და ყველა ცოცხალი ორგანიზმი ორგანული ნაერთებისგან შედგება. ორგანული ნაერთები ჩვენი ყოველდღიური ცხოვრების განუყოფელი ნაწილია.

ბაიზრეტი

1. დაასახელეთ, ყოფაცხოვრებაში გამოყენებული ნივთიერებებიდან რომელია ორგანული და რომელი — არაორგანული.
2. დაასახელეთ მაგალითები, რომლებიც ადასტურებს ორგანული და არაორგანული ნაერთების ერთიანობას.

შეასრულეთ

1. რომელი ქიმიური რეაქციებით შეიძლება ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების ერთმანეთისგან განსხვავება?

2 ორგანულ ნაერთთა ქიმიური აღნაგობის თეორია

XIX საუკუნის 50-იანი წლებისათვის ორგანულ ქიმიასში მრავალი ბუნებრივი და სინთეზურად მიღებული ნივთიერება იყო ცნობილი. საჭირო გახდა ისეთი თეორიის შემუშავება, რომელიც სისტემაში მოიყვანდა დაგროვილ მასალას, განაზოგადებდა და დაუკავშირებდა ერთმანეთს ცალკეულ ფაქტებს. ასეთი თეორიის არარსებობა აფერხებდა ორგანული ქიმიის შემდგომ განვითარებას.

XIX საუკუნის 60-იან წლებში შეიქმნა ორგანულ ნაერთთა ქიმიური აღნაგობის თეორია, რომელიც ორგანული ქიმიის თეორიულ საფუძველს შეადგენს. მის შექმნაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს გერმანელმა ქიმიკოსმა ფ. კეკულემ, შოტლანდიელმა ქიმიკოსმა ა. კუპერმა, რუსმა ქიმიკოსმა ა. ბუტლეროვმა. ფ. კეკულემ და ა. კუპერმა დაადგინეს ნახშირბადის ოთხვალენტურობა ორგანულ ნაერთებში, ასევე გამოთქვეს მოსაზრება ნახშირბადატომთა ერთმანეთთან ჯაჭვურად შეერთების უნარზე. ფ. ვიოლერმა და ი. ლიბიხმა აღმოაჩინეს იზომერიის მოვლენა. ა. ბუტლეროვმა ექსპერიმენტის საფუძველზე ახსნა იზომერიის მოვლენის არსი და მიუთითა მოლეკულის აგებულება-თვისებების ურთიერთკავშირზე.

ქიმიური აღნაგობის თეორიის ძირითადი არსი შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგი დებულებების სახით:

1. მოლეკულებში ატომები განლაგებულია არა უნესრიგოდ, არამედ ერთმანეთთან შეერთებულია გარკვეული თანმიმდევრობით, მათი ვალენტობის შესაბამისად. ატომთა შეერთების რიგს ქიმიური აღნაგობა ეწოდება. ორგანულ ნაერთთა მოლეკულებში ნახშირბადის ვალენტობა ყოველთვის 4-ის ტოლია.
2. ნივთიერებათა თვისებები დამოკიდებულია არა მხოლოდ იმაზე, თუ რომელი ელემენტის ატომები და რა რაოდენობით შედის მათი მოლეკულების შემადგენლობაში, არამედ მოლეკულაში ატომთა შეერთების თანმიმდევრობაზეც, ე.ი. მოლეკულის ქიმიურ აღნაგობაზე.
3. მოლეკულის წარმომქმნელი ატომები ან ატომთა ჯგუფები ერთმანეთზე ახდენენ გავლენას, რაზეც დამოკიდებულია მოლეკულების რეაქციისუნარიანობა. ერთმანეთთან უშუალოდ დაკავშირებულ ატომთა ურთიერთგავლენა უფრო ძლიერია.

ამრიგად:

ორგანულ ნაერთთა ქიმიური აღნაგობის თეორია არის მოძღვრება ორგანულ ნაერთთა მოლეკულებში ატომთა შესაძლო განლაგებისა და ურთიერთგავლენის შესახებ.



სურ. 1. ფრიდრიხ კეკულე (1829-1896), გერმანელი ქიმიკოსი



სურ. 2. არჩიზალდ კუპერი (1831-1891), შოტლანდიელი ქიმიკოსი



სურ. 3. ალექსანდრე ბუტლეროვი (1828-1886), რუსი ქიმიკოსი

ამ თეორიის საფუძველზე დაიწყო ორგანული ქიმიის, როგორც მეცნიერების დამოუკიდებელი დარგის სწრაფი განვითარება. მან ახსნა არა მარტო იმ დროისათვის ცნობილ ორგანულ ნაერთთა მოლეკულების აღნაგობა და თვისებები, არამედ შესაძლებელი გახადა მრავალი ახალი ნივთიერების წინასწარმეტყველება და მათი სინთეზის გზების ძიება.

ორგანული ქიმიის შემდგომი განვითარების პროცესში ქიმიური აღნაგობის თეორია შეივსო სივრცითი (სტერეოქიმიური) და ელექტრონული აღნაგობის თეორიებით. სივრცითი აღნაგობის თეორია შეისწავლის ორგანულ ნაერთთა მოლეკულებში ატომთა სივრცით განლაგებას. ელექტრონული აღნაგობის თეორია კი არკვევს მოლეკულაში ატომთა შორის ქიმიური ბმების ხასიათს, ხსნის ატომთა ურთიერთგავლენის არსს და ამა თუ იმ ქიმიური თვისების გამოვლენის მიზეზს.

გაიაზრეთ

1. რაში მდგომარეობს ორგანულ ნაერთთა ქიმიური აღნაგობის თეორიის ძირითადი არსი? აღნაგობის თეორიის რომელი დებულების დასაბუთება შეგიძლიათ სათანადო მაგალითების მოყვანით?
2. ვალენტობისადმი ჩვეულებრივი მიდგომით, როგორი ვალენტობა უნდა მიგვეწერა ნახშირბადისათვის ნაერთებში – C_2H_6 , C_2H_4 , C_6H_6 ? როგორია სინამდვილეში ნახშირბადის ვალენტობა ყველა ორგანულ ნაერთში? როგორ ახსნით ამ შეუსაბამობას?

3 ელექტრონული ორბიტალების ჰიბრიდიზაცია ორბანულ ნაერთებში

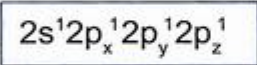
ორგანულ ნაერთთა მოლეკულები წარმოადგენს გარკვეული თანმიმდევრობით ერთმანეთთან კოვალენტური ბმებით დაკავშირებულ ატომთა ერთობლიობას, რომელშიც ძირითადად ნახშირბადის ატომები.

გავიხსენოთ ნახშირბადის ატომის გარე ენერგეტიკული დონის ორბიტალებზე სავალენტო ელექტრონების განაწილება ძირითად და აღგზნებულ მდგომარეობაში (სურ.1, 2):



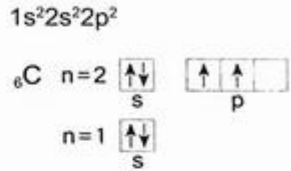
სურ. 2. ნახშირბადის ატომის გარე ენერგეტიკული დონის ორბიტალებზე სავალენტო ელექტრონების განაწილება ძირითად და აღგზნებულ მდგომარეობაში

ნახშირბადის აღგზნებული ატომის სავალენტო შრეზე ოთხი გაუნწყვილებელი ელექტრონის ($\cdot\dot{\text{C}}$) არსებობა მის ოთხვალენტურობას განაპირობებს. შესაბამისი ელექტრონული კონფიგურაცია ასე გამოისახება:



საიდანაც ჩანს, რომ ნახშირბადის ატომში კოვალენტური ბმების წარმოქმნაში მონაწილე ელექტრონები სხვადასხვა ბუნებისაა: ერთი ელექტრონი s-ორბიტალზე, სამი კი ურთიერთმართობულად განლაგებულ p-ორბიტალებზეა. შედეგად უნდა წარმოქმნას არატოლფასი ბმები, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდება ელექტრონული ღრუბლების გადაფარვის ხარისხით და სივრცეში განლაგებით. ე.ი. უნდა განსხვავდებოდეს წარმოქმნილი ბმის თვისებებითაც, რაც ექსპერიმენტულად არ დადასტურდა.

ამ მოვლენის ასახსნელად ამერიკელმა ლაინუს პოლინგმა მეცნიერებაში შემოიტანა წარმოდგენა ელექტრონული ღრუბლების (ორბიტალების) ჰიბრიდიზაციის შესახებ. ლ. პოლინგის მიხედვით, ბმის წარმოქმნაში მონაწილეობს სანაყისი ორბიტალების შერევით მიღებული ჰიბრიდული ორბიტალები. წარმოქმნილი ჰიბრიდული ორბიტალების რიცხვი ჰიბრიდიზაციაში მონაწილე სანაყისი ორბიტალების რიცხვის ტოლია. ჰიბრიდიზაციაში მონაწილეობს ენერგეტიკული დონის სხვადასხვა ქვედონის) ორბიტალები. შედეგად მათი ენერგიების გასაშუალება ხდება, რაც ელექტრონული ღრუბლის ფორმის შეცვლაში გამოიხატება (სურ.3). ჰიბრიდული ორბიტალი ასიმეტრულია, აქვს ერთ მხარეს



სურ. 1. ნახშირბადის ელექტრონული და ელექტრონულ-გრაფიკული ფორმულა

▶ გაიხსენო!
ელექტრონული წველის გათიშვაზე დახარჯული ენერგია ანაზღაურდება იმ ენერგიის ხარჯზე, რომელიც გამოიყოფა წარმოქმნილი გაუნწყვილებელი ელექტრონებით ქიმიური ბმების წარმოქმნისას.



სურ. 3. ორბიტალების სქემატური გამოსახვა

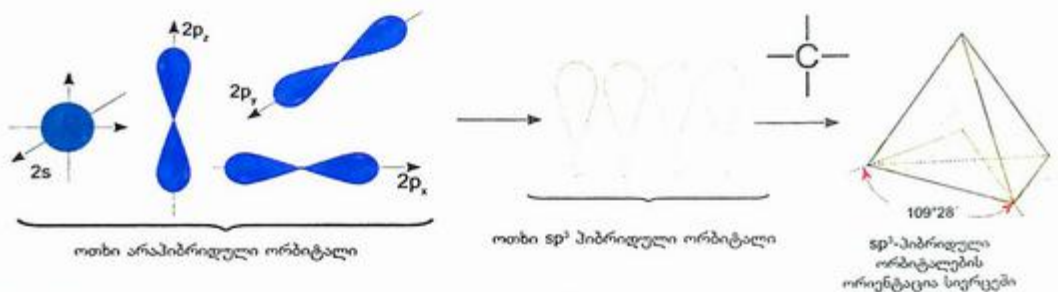
განვლილი რვიანის ფორმა. ბუნებრივია, ასეთი ორბიტალებით ბმის დამყარებისას არაჰიბრიდულ ორბიტალებთან შედარებით გადაფარვის ხარისხი მეტია. შედეგად ჰიბრიდული ორბიტალებით უფრო მტკიცე ბმები მყარდება.

ამრიგად:

ჰიბრიდიზაცია არის განსხვავებული ფორმისა და ენერჯიის ატომური ორბიტალების ერთმანეთთან შერევა ერთნაირი ფორმისა და ენერჯიის ორბიტალების წარმოქმნით.

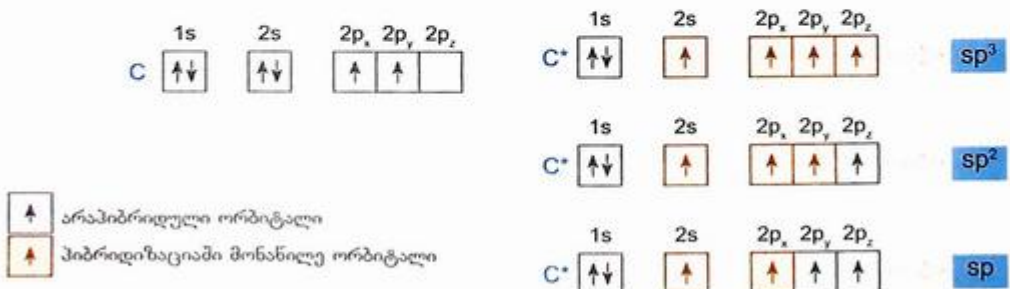
ერთი s- და სამი p-ორბიტალის ჰიბრიდიზაციით წარმოქმნილი ოთხი ჰიბრიდული ორბიტალი, სივრცეში მაქსიმალური ურთიერთგანზიდვის გამო, მიმართულია ტეტრაედრის წვეროებისაკენ. კუთხე მათ შორის $109^{\circ}28'$ -ია. ჰიბრიდიზაციის ამ სახეს sp^3 -ჰიბრიდიზაცია ეწოდება (სურ. 4).

ტეტრაედრის წვეროებისაკენ მიმართული ოთხი sp^3 -ჰიბრიდული ორბიტალით ნახშირბადი კოვალენტურ σ -ბმებს ამყარებს ნახშირბადის ან სხვა ელემენტის (მაგალითად, წყალბადის, ჟანგბადის და სხვ.) ატომებთან.



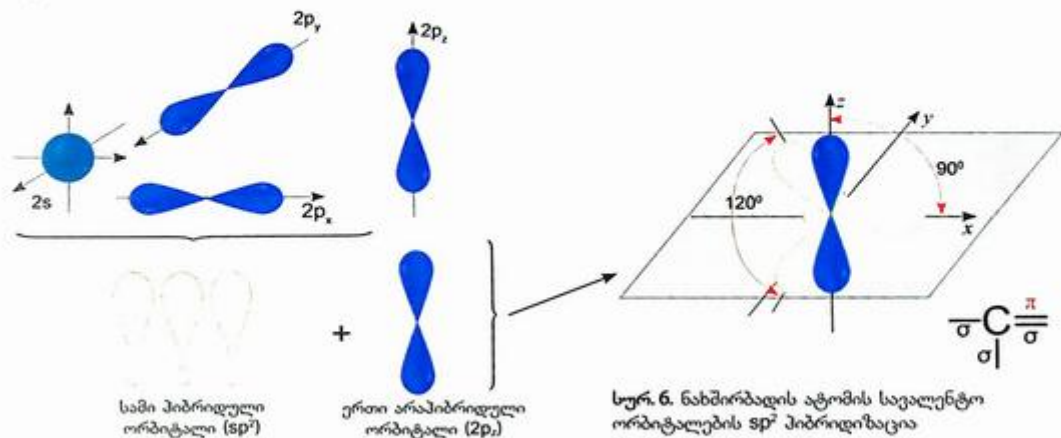
სურ. 4. ნახშირბადის ატომის სავალენტო ორბიტალების sp^3 ჰიბრიდიზაცია

ჰიბრიდიზაციაში ყოველთვის მონაწილეობს s-ორბიტალი, p-ორბიტალებიდან კი შეიძლება მონაწილეობდეს მხოლოდ ნაწილი (სურ. 5).

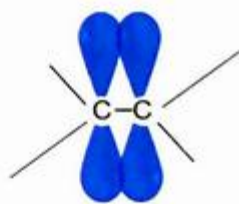


სურ. 5. ნახშირბადის ელექტრონულ-გრაფიკული ფორმულები

თუ ჰიბრიდიზაციაში მონაწილეობს ერთი s- და ორი p-ორბიტალი, წარმოიქმნება სამი ჰიბრიდული ორბიტალი, რომლებიც ერთმანეთისგან მაქსიმალური დაცილებით, 120° -იანი კუთხით განლაგდება ერთ სიბრტყეში. ჰიბრიდიზაციის ამ სახეს sp^2 -ჰიბრიდიზაცია ეწოდება (სურ. 6).

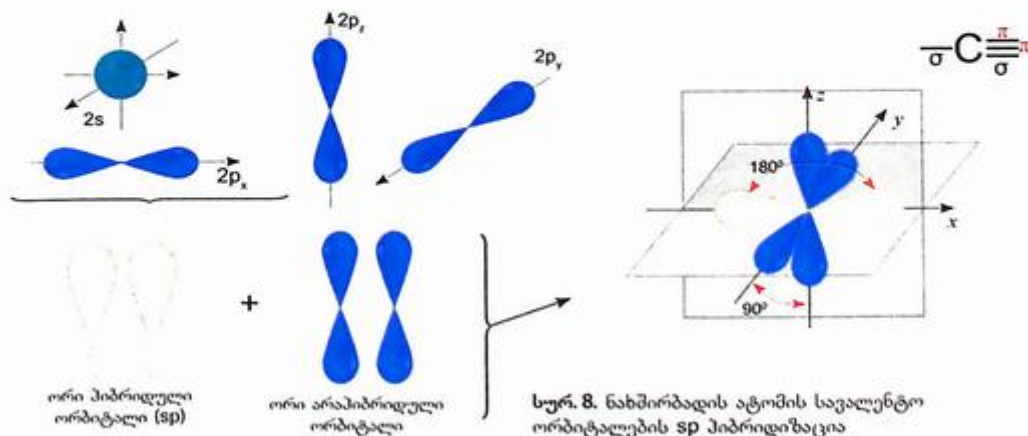


წარმოქმნილი სამი sp^2 -ჰიბრიდული ორბიტალით ნახშირბადი სამ σ -ბმას ამყარებს სხვა ატომებთან ერთ სიბრტყეში. მას რჩება ერთი p-ორბიტალი, რომელიც ინარჩუნებს მოცულობითი რვიანის ფორმას, იგი განლაგდება სიბრტყის მართობულად და მეზობელი ნახშირბადის (ან უანგბადის) ატომის p-ორბიტალთან გვერდული გადაფარვით წარმოქმნის π -ბმას (სურ. 7).



სურ. 7. π -ბმის წარმოქმნა

თუ ჰიბრიდიზაციაში მონაწილეობს ერთი s- და ერთი p-ორბიტალი, ჰიბრიდიზაციის ამ სახეს ეწოდება sp -ჰიბრიდიზაცია. წარმოქმნილი ორი ჰიბრიდული ორბიტალი, მაქსიმალური ურთიერთგანზიდვის გამო, ლაგდება ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით, ერთმანეთის მიმართ 180° -ით და ორ σ -ბმას ახორციელებს სხვა ატომებთან (სურ. 8).





სურ. 9. p -ბმების წარმოქმნა

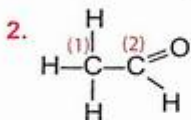
ჰიბრიდიზაციის გარეშე დარჩენილი ორი p -ორბიტალი ურთიერთმართობულ სიბრტყეში წარმოქმნის ორ π -ბმას (სურ. 9).

ცხრილი 1. ჰიბრიდიზაციის კავშირი სივრცით აღნაგობასთან

ჰიბრიდიზაცია	გეომეტრიული ფორმა	სავალენტო კუთხე
sp^3	ტეტრაედრული	$109^{\circ}28'$
sp^2	ბრტყელი	120°
sp	ხაზოვანი	180°

გაიაზრეთ

1. გაიხსენეთ კოვალენტური ბმის სახეები. რომელი ორბიტალები მონაწილეობს კოვალენტური ბმის წარმოქმნაში? მოიყვანეთ მაგალითები.



დაადგინეთ მოყვანილ ნაერთში (1) და (2) ნახშირბადატომები როგორი სახის ჰიბრიდული ორბიტალებით ახორციელებს σ -ბმებს. გაითვალისწინეთ σ -ბმების წარმოქმნაში მონაწილე ჰიბრიდული ორბიტალების რაოდენობა და მისი კავშირი ჰიბრიდიზაციის სახესთან.

შეასრულეთ

1. რითი იყო განპირობებული ატომური ორბიტალების ჰიბრიდიზაციის თეორიის შემოტანა ქიმიასში და რაში მდგომარეობს ამ თეორიის ძირითადი არსი?
2. როგორი ორბიტალებით წარმოქმნის ნახშირბადი σ - და π ბმებს ორგანულ ნაერთთა მოლეკულებში?
3. ჰიბრიდიზაციის რომელ სახეს შეესაბამება ნახშირბადატომთან დაკავშირებული ატომების ხაზოვანი, ბრტყელი და სივრცითი განლაგება?

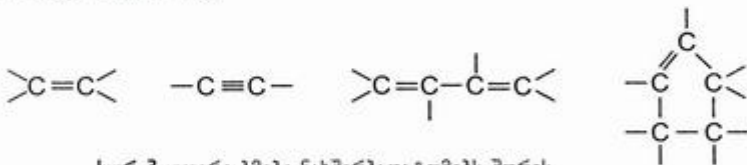
4 ნახშირბადის ატომთა თავისებურებანი

ნახშირბადის ნაერთების შესწავლა წარმოადგენს ორგანული ქიმიის ძირითად მიზანს. რით არის გამოორჩეული ელემენტი ნახშირბადი? რატომაა, რომ დღეისათვის ცნობილი 150 მილიონზე მეტი ნივთიერება შეიცავს ნახშირბადს, მაშინ როცა არაორგანულ ნივთიერებათა რაოდენობა მილიონზე ნაკლებია? ამის ახსნა შესაძლებელია ნახშირბადის მდებარეობით ელემენტთა პერიოდულ სისტემაში და მისი ატომის ელექტრონული აღნაგობით.

ნახშირბადის ატომის რადიუსი მცირეა, ოთხივე სავალენტო ელექტრონის მონყვეტა ბირთვთან ძლიერი მიზიდვის გამო ძნელია, ასევე ძნელია ოთხი ელექტრონის მიერთება გარე ენერგეტიკული დონის დასრულებისათვის. ამის გამო ნახშირბადი თითქმის არ წარმოქმნის იონურ ბმებს, მაგრამ ადვილად წარმოქმნის კოვალენტურ ბმებს. რადგან ელექტრონების გაცემისა და მიერთების უნარი მასში თითქმის თანაბრად ვლინდება, კოვალენტური ბმები ადვილად მყარდება ნახშირბადის ატომებს შორისაც.

კოვალენტური ბმებით ერთმანეთთან დაკავშირებული ნახშირბადის ატომები წარმოქმნის სხვადასხვა სიგრძისა და აღნაგობის ხაზოვან, განშტოებულ და ციკლურ ჯაჭვებს (სურ. 2).

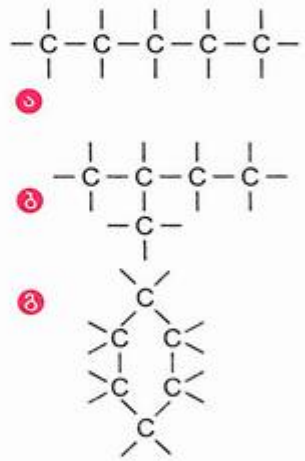
ნახშირბადის ატომებს შორის ბმის ხასიათიც შეიძლება იყოს განსხვავებული. ნახშირბადატომები ერთმანეთს უკავშირდება არა მარტო მარტივი (ერთმაგი) ბმით, არამედ უჯერი (ორმაგი, სამმაგი) ბმებითაც:



სურ. 3. უჯერი ბმები ნახშირბადატომებს შორის

										VIIA	
IA			IIA	IVA	VA	VIA	VIIA				He
H	B	C	N	O	F						Ne
	Al	Si	P	S	Cl						Ar
	Ga	Ge	As	Se	Br						Kr
	In	Sn	Sb	Te	I						Xe
	Tl	Pb	Bi	Po	At						Rn
	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts						Og

სურ. 1. ორგანულ ნაერთებში შემავალი ძირითადი ელემენტები



სურ. 2. ა) ხაზოვანი, ბ) განშტოებული და გ) ციკლური ჯაჭვები

ამრიგად:

რა განაპირობებს ნახშირბადის შემცველ ნაერთთა სიმრავლეს?

1. ნახშირბადის ატომები მტკიცე ბმებს ამყარებს არა მარტო სხვა ელემენტის ატომებთან, არამედ ერთმანეთთანაც გრძელი ჯაჭვებისა და ციკლების წარმოქმნით.
2. ნახშირბადატომებს აქვს უნარი, დაუკავშირდეს როგორც ერთმანეთს, ისე სხვა ელემენტის ატომებს ჯერადი – ორმაგი და სამმაგი ბმებით.
3. ნახშირბადის ატომებს აქვთ უნარი, შეუერთდნენ ერთმანეთს და სხვა ელემენტის ატომებს განსხვავებული თანმიმდევრობით, რაც განაპირობებს იზომერიის მოვლენას.

იზომერია

იზომერიის მოვლენა ცნობილი იყო ქიმიური აღნაგობის თეორიის შექმნამდე. ცნობილი იყო ნივთიერებები, რომელთაც ერთნაირი შედგენილობა, მაგრამ განსხვავებული თვისებები გააჩნდათ. ამ მოვლენას ი. ბერცელიუსმა იზომერია უწოდა (ბერძნული სიტყვა „იზოს“ ტოლს ნიშნავს, „მეროს“ – ნაწილაკს). იზომერიის მოვლენას მეცნიერული ახსნა მისცა აღნაგობის თეორიამ.

ორგანულ ქიმიამში, გარდა მოლეკულური ფორმულებისა, გამოიყენება აღნაგობის ფორმულები, რომელსაც სტრუქტურულ ფორმულებსაც უწოდებენ. სტრუქტურული ფორმულები გამოსახავს მოლეკულაში ატომთა შეერთების რიგს.

ჩანერის სიმარტივისათვის სტრუქტურულ ფორმულებში ხშირად ხაზებით აღნიშნავენ ბმებს მხოლოდ ნახშირბადის ატომებს შორის. ასეთ ფორმულებს შეკვეცილ ან მოკლე სტრუქტურულ ფორმულებს უწოდებენ.

ქიმიური აღნაგობის თეორიის ძირითადი დებულებებიდან გამომდინარე, ერთნაირი მოლეკულური შედგენილობის ნაერთებში შესაძლებელია ატომთა შეერთების თანმიმდევრობა იყოს განსხვავებული. მაგალითად, პროპანისაგან განსხვავებით, ბუტანში (C_4H_{10}) შესაძლებელია ნახშირბადატომთა ორგვარი განლაგება (ცხრ. 1).

ცხრილი 1. აღნაგობის ფორმულები

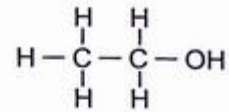
სახელწოდება	ეთანი	პროპანი	ბუტანი ($t_{\text{დოვ}} = -0,5^{\circ}C$)	იზობუტანი ($t_{\text{დოვ}} = -11,7^{\circ}C$)
მოლეკულური ფორმულა	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_4H_{10}
სტრუქტურული ფორმულა	$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -C-H \\ & \\ H & H \end{array}$	$\begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & H & H \end{array}$	$\begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & H & H \end{array}$	$\begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ & H & H-C-H \\ & & \\ & & H \end{array}$
შეკვეცილი სტრუქტურული ფორმულა	CH_3-CH_3	$CH_3-CH_2-CH_3$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	$\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$

თუ აღნაგობის თეორია მართებულია, უნდა არსებულებოთ თვისებებით განსხვავებული ორი ბუტანი. იმ დროისათვის ცნობილი იყო მხოლოდ ერთი ბუტანი. მეორე – განშტოებული აღნაგობის ბუტანი 1867 წელს დაასინთეზა ა. ბუტლეროვმა და მას იზობუტანი უწოდა. აღნიშნული სინთეზით ა. ბუტლეროვმა ექსპერიმენტულად დაადასტურა აღნაგობის თეორიის ჭეშმარიტება და მეცნიერული ახსნა მისცა იზომერიის მოვლენას.

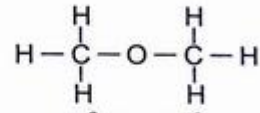
იზომერები ნივთიერებებია, რომელთაც გააჩნიათ ერთი და იგივე შედგენილობა, მაგრამ განსხვავებული აღნაგობა და, ამის გამო, განსხვავებული თვისებები.

ორგანული ქიმიის შემდგომმა განვითარებამ იზომერები სრულიად განსხვავებული თვისებების მქონე ნივთიერებებს შორისაც გამოავლინა. მაგალითად, ეთილის სპირტისა და დიმეთილეთერის შედგენილობა გამოისახება ერთი და იმავე მოლეკულური ფორმულით – C_2H_6O ,

მაგრამ მათი ფიზიკური და ქიმიური თვისებები განსხვავებულია. ეთილის სპირტი სითხეა, დიმეთილეთერი – აირი. ეთილის სპირტი ურთიერთქმედებს ნატრიუმთან, დიმეთილეთერი კი არ რეაგირებს ნატრიუმთან. ეს ნაერთები ერთმანეთის იზომერებია (სურ. 3).



ეთილის სპირტი



დიმეთილეთერი

არსებობს იზომერიის ორი სახე: ქიმიური აღნაგობის იზომერია ანუ სტრუქტურული იზომერია და სივრცითი იზომერია (სტერეო-იზომერია).

სტრუქტურული იზომერები თავის მხრივ იყოფა:

1. ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერებად;
2. ჯერადი ბმების ან ფუნქციური ჯგუფების მდებარეობის იზომერებად;
3. კლასთაშორის იზომერებად.

სტერეოიზომერიის ერთ-ერთი სახეობაა გეომეტრიული ანუ ცის-ტრანს იზომერია (იზომერიის ამ სახეებს, სათანადო მასალის შესაბამისად, თანდათან შეისწავლით).

სურ. 3. ეთილის სპირტისა და დიმეთილეთერის სტრუქტურული ფორმულები

C და Si-ს შედარება

ნახშირბადი და სილიციუმი განსაკუთრებული მნიშვნელობის ელემენტებია ჩვენს პლანეტაზე. ნახშირბადი ორგანული სამყაროს ძირითადი ელემენტია, ხოლო სილიციუმი დედამიწის ქერქის ამაგები ძირითადი ელემენტი.

ნახშირბადის მსგავსად სილიციუმიც წარმოქმნის სილიციუმწყალბადებს ზოგადი ფორმულით $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$, მაგრამ ცნობილია, რომ ამ რიგის მხოლოდ 6 წევრი არსებობს სილანი SiH_4 ; დისილანი – Si_2H_6 ; ტრისილანი – SiH_8 და ა.შ. სილიციუმწყალბადები, განსხვავებით შესაბამის ნახშირწყალბადებისაგან, ნაკლებმდგრადებია. მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ ნახშირბადისაგან განსხვავებით სილიციუმისათვის არ არის დამახასიათებელი უჯერი ბმების წარმოქმნა.

IVA
14

6 C ნახშირბადი 12,01
14 Si სილიციუმი 28,09
32 Ge გერმანიუმი 72,63
50 Sn სპილენძი 118,71
82 Pb პლუმბი 207,2

სურ. 4. ქიმიური ელემენტთა პერიოდული სისტემის IVA ჯგუფის ელემენტებია C, Si, Ge, Sn, Pb. IVA ჯგუფის ელემენტებიდან მხოლოდ პირველი ელემენტი – ნახშირბადია არამეტალი, სილიციუმი მეტალოიდი, დანარჩენი კი მეტალები.

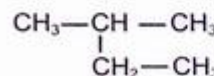
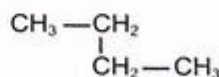
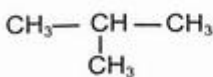


ა) შეადარეთ C–C და Si–Si ბმები და დაასაბუთეთ თქვენი მოსაზრება ამ ბმების მონანილებობით წარმოქმნილ ნაერთთა მდგრადობაზე.

ბ) ნახშირბადის ანალოგიურად, რატომ არ წარმოქმნის სილიციუმის ატომები ჯერად ბმებს (π-ბმებს)?

შეასრულეთ

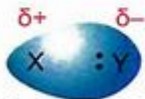
1. როგორ ხსნის ორგანულ ნაერთთა აღნაგობის თეორია იზომერიის მოვლენას?
2. რამდენი ნივთიერებაა გამოსახული შემდეგი ფორმულებით:



▶ გაიხსენეთ!



კოვალენტური ბმა



პოლარულ-კოვალენტური ბმა

ორგანულ ნაერთთა მოლეკულებში ნახშირბადის ატომებს შორის მხოლოდ კოვალენტური ბმებია: σ -ბმები წარმოქმნილია პიბრიდული ორბიტალებით, π -ბმები კი — არაპიბრიდული p -ორბიტალებით. ამავე დროს ნახშირბადატომებს შორის ბმები არაპოლარულია, მაგრამ თუ ნახშირბადთან ბმას ახორციელებს განსხვავებული ელექტროუარყოფითობის მქონე ატომი, ბმა პოლარული ხდება. გაიხსენეთ, პოლარული ბმით დაკავშირებულ ატომებს გააჩნია ფორმალური (ნაწილობრივი) მუხტები, რომლებიც აღინიშნება ბერძნული ასოთი „დელტა“ (δ). ატომი, რომლის ელექტროუარყოფითობა უფრო მეტია, თავისკენ გადაწევს ბმის ელექტრონულ სიმკვრივეს და ლებულობს ნაწილობრივ უარყოფით მუხტს (δ^-). მასთან დაკავშირებულ ატომს კი უწინდება ელექტრონული სიმკვრივის დეფიციტი და ბირთვის მუხტის ხარჯზე იძენს ნაწილობრივ დადებით მუხტს (δ^+). როგორც ვხედავთ, ფორმალური მუხტის არსებობა დაკავშირებულია ბმის პოლარობასთან.

ზოგიერთი ატომი ან ატომთა ჯგუფი (ჩამნაცვლებელი) იწვევს ნახშირბადოვან ჯაჭვში ელექტრონული სიმკვრივის შეცვლას — გაძლიერებას ან შესუსტებას (პოლარიზაციას), თუ ჩამნაცვლებელი ნახშირბადოვან ჯაჭვში ზრდის ელექტრონულ სიმკვრივეს, ასეთი ჩამნაცვლებელი ელექტრონდონორული ბუნებისაა (მაგალითად, CH_3), ხოლო თუ ამცირებს — იგი ელექტრონაქცეპტორული ბუნებისაა (მაგალითად, Cl , OH).

ატომთა ფორმალური მუხტები დაკავშირებულია ჟანგვის რიცხვთან. გაიხსენოთ, პოლარულ-კოვალენტური ბმის შემთხვევაში ატომი, რომლისკენაც გადაწეულია ბმის ელექტრონული სიმკვრივე (ელექტრონული ნყვილი), ლებულობს უარყოფით ჟანგვის რიცხვს, ხოლო ატომი, რომლიდანაც გადაწეულია ბმის ელექტრონები ლებულობს დადებით ჟანგვის რიცხვს.

მაშასადამე, უფრო ელექტროუარყოფითი ელემენტი ავლენს უარყოფით ჟანგვის რიცხვს, ხოლო ნაკლებელექტროუარყოფითი — დადებითს.

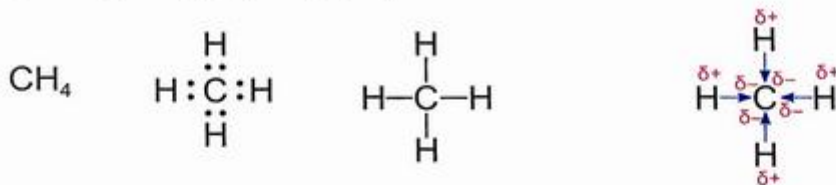
არაპოლარულ-კოვალენტური ბმის შემთხვევაში ბმაში მონაწილე ატომთა ჟანგვის რიცხვები ნულის ტოლია.

არაორგანული ნაერთების ანალოგიურად, ორგანულ ნაერთთა მოლეკულებშიც ატომთა ჟანგვის რიცხვების ალგებრული ჯამი ნულის ტოლია.

მოციყვანოთ მაგალითები:

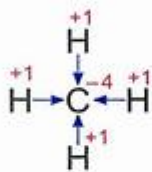
მაგალითი 1

როგორია ატომთა უანგვის რიცხვი მეთანში?



ელექტროუარყოფითობებს შორის სხვაობა შეადგენს:

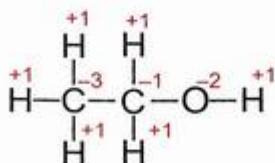
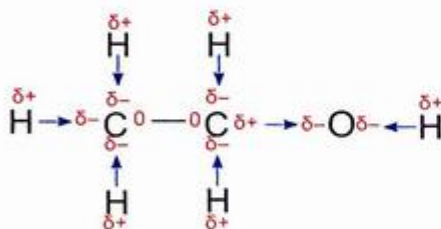
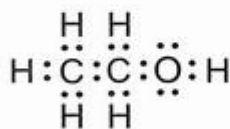
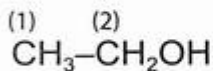
$$\Delta x = x(C) - x(H) = 2,5 - 2,1 = 0,4 \text{ ე.ი. ბმები პოლარულია}$$



C-ს უანგვის რიცხვია -4
 H-ის უანგვის რიცხვია $+1$
 $-4 + 4 = 0$

მაგალითი 2

როგორია (1) და (2) ნახშირბადატომების უანგვის რიცხვები ეთილის სპირტში?

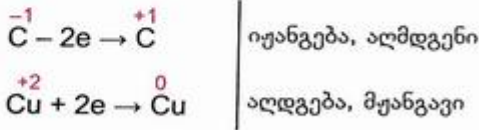
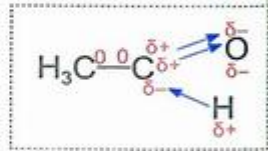
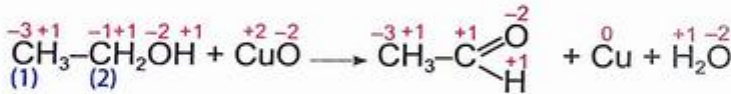


(1) ნახშირბადის ატომის უანგვის რიცხვია -3 , (2) ნახშირბადის ატომის უანგვის რიცხვია -1 .

როგორც ვხედავთ, ფორმალური მუხტის შესაბამისად, პოლარულ-კოვალენტური ბმის შემთხვევაში ატომები იძენს დადებით ან უარყოფით უანგვის რიცხვს.

მოყვანილ რეაქციაში რომელი ატომი იცვლის ჟანგვის რიცხვს?
რომელია მათ შორის მჟანგავი და აღმდგენი?
სპირტის ნახშირბადის რომელი ატომი იჟანგება?

განვსაზღვროთ თითოეული ატომის ჟანგვის რიცხვი.



იჟანგება (2) ნახშირბადის ატომი, აღმდგენია C^{-1} ,
მჟანგავია Cu^{+2} .

შეასრულეთ!

1. შეავსეთ ცხრილი:

ბმა	ბმის ტიპი	ფორმალური მუხტი (დადებითი, უარყოფითი)
C-C		
C-H		
C-Cl		
C-N		
C-O		
C-Si		

2. დაწერეთ მოყვანილ ნაერთთა ელექტრონული ფორმულები - C_2H_6 , CH_3OH , CH_3Cl .

- ა) რომელ ნაერთშია არაპოლარულ-კოვალენტური ბმა? პოლარულ-კოვალენტური ბმა?
- ბ) რომელ ნაერთშია ბმის პოლარობა ყველაზე დიდი? ყველაზე მცირე?

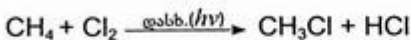
6 ორგანულ ჩაეჭიათა თაჟისაბუჩაბანი, ჩაეჭიათა სიჟაბი

ორგანული ნივთიერებების მონაწილეობით მიმდინარე რეაქციები (ორგანული რეაქციები) ემორჩილება იმავე კანონზომიერებებს, რომელსაც ჩვენ მიერ შესწავლილი არაორგანული რეაქციები. მაგრამ ორგანულ რეაქციებს სპეციფიკური თავისებურებანიც ახასიათებს:

1. არაორგანულ ნივთიერებებს შორის რეაქციები უპირატესად მიმდინარეობს წყალხსნარებში იონების მონაწილეობით, ამიტომ ასეთი რეაქციები მთავრდება ძლიერ სწრაფად. არაორგანული რეაქციებისაგან განსხვავებით, ორგანული რეაქციები მიმდინარეობს მნიშვნელოვნად ნელა, ზოგჯერ მკაცრ პირობებში (მაღალი ტემპერატურა, წნევა, კატალიზატორი).
2. არაორგანული რეაქციებისაგან განსხვავებით ორგანული რეაქციები მიმდინარეობს საფეხურებად – რეაქციის პროდუქტი მიიღება არა ერთი, არამედ რამდენიმე სტადიის შედეგად, ამიტომ ასეთი რეაქციების გამოსავალი მნიშვნელოვნად მცირეა.
3. ორგანული რეაქციების გამოსახვისათვის არ გამოიყენება ტოლობის ნიშანი, რომელიც გამოსახავს რეაგენტებისა და რეაქციის პროდუქტების სტექიომეტრულ თანაფარდობას; იხმარება პროდუქტის მხარეს მიმართული ისარი, რომლის ზემოთ იწერება რეაქციის მიმდინარეობის პირობები.
4. ორგანული რეაქციების უმრავლესობაში ცვლილებას განიცდის არა ორგანული ნაერთის მოლეკულა მთლიანად, არამედ მხოლოდ მისი ნაწილი – მოლეკულის სარეაქციო ცენტრი.

ორგანულ რეაქციათა კლასიფიკაციას ახდენენ სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით. საბოლოო შედეგის გათვალისწინებით ასხვავებენ: ჩანაცვლების, მიერთების, მოხლეჩისა (ელიმინირების ინგლ. Elimination – მოხლეჩა) და იზომერიზაციის რეაქციებს.

- 1** ჩანაცვლების რეაქციების დროს სანყისი ნივთიერების მოლეკულიდან ხდება ატომის ან ატომთა ჯგუფის ჩამოშორება და მის ადგილს იკავებს ახალი ატომი ან ატომთა ჯგუფი.
მაგალითად:



- 2** მიერთების რეაქციების დროს ორგანული ნაერთის მოლეკულა იერთებს მასზე მოქმედი ნივთიერების – რეაგენტის მოლეკულას.

მაგალითად:



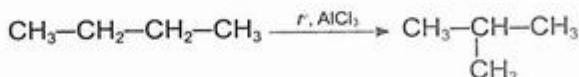
მიერთების რეაქციებს ეკუთვნის პოლიმერიზაციის რეაქციებიც.

- 3** მოხლეჩის რეაქციების დროს მოხლეჩილი მოლეკულა წარმოიქმნება ნახშირბადატომებიდან ჩამოცილებული ორი ნაწილაკის შეერთების ხარჯზე, მაგალითად, მეზობელ ნახშირბადატომებიდან ჩამოცილებული ორი ნაწილაკის შეერთებით. აღნიშნულ ნახშირბადატომებს შორის ჯერადი ბმა წარმოიქმნება:



ელიმინირება მიერთების შებრუნებული პროცესია.

- 4** იზომერიზაციის რეაქციის დროს ხდება ცალკეული ატომის ან ატომთა ჯგუფის გადასვლა მოლეკულის ერთი უბნიდან მეორეზე:



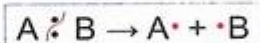
თითოეული განხილული რეაქცია ხორციელდება გარკვეული მექანიზმით. რომლის განხილვისას მნიშვნელოვანია კოვალენტური ბმის განყვეტის მექანიზმის ცოდნა.

კოვალენტური ბმის განყვეტა

ქიმიური რეაქციების დროს მიმდინარეობს ატომებისა და ატომთა ჯგუფების გადაადგილება – არსებული ბმების განყვეტა და ახალი ბმების წარმოქმნა.

კოვალენტური ბმის განყვეტა ორი გზით ხორციელდება.

- 1** კოვალენტური ბმის საზიარო ელექტრონული წყვილის სიმეტრიული განყვეტა:

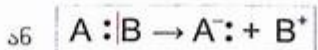
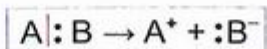


ნაწილაკს – ატომს ან ატომთა ჯგუფს, რომელსაც აქვს გაუნყვილებელი ელექტრონი, რადიკალი ეწოდება;

კოვალენტური ბმის სიმეტრიულ განყვეტას რადიკალური ანუ ჰომოლიზური განყვეტა ეწოდება;

რეაქციებს, რომლებიც მიმდინარეობს თავისუფალი რადიკალების მონაწილეობით, თავისუფალრადიკალური ეწოდება.

- 2** კოვალენტური ბმის საზიარო ელექტრონული წყვილის ასიმეტრიული განყვეტა:



კოვალენტური ბმის ასიმეტრიულ განყვეტას თან სდევს იონების წარმოქმნა, ამიტომ ბმის ასეთ განყვეტას იონური ანუ ჰეტეროლიზური განყვეტა ეწოდება.

ნანილაკი, რომელიც კარგავს ელექტრონს, იძენს დადებით მუხტს, გარდაიქმნება კატიონად. ასეთ ნანილას ეწოდება ელექტროფილური (ელექტრონების მოყვარული) ნანილაკი. ისინი ელექტრონების აქცეპტორია (მაგ., H_3O^+ , H^+ და ა.შ.)

ნანილაკი, რომელიც იძენს ელექტრონს, იმუხტება უარყოფითად, გარდაიქმნება ანიონად. ასეთ ნანილას წუკლეოფილური (დადებითი მუხტის მოყვარული) ნანილაკი ეწოდება (მაგ., OH^- , Cl^- და ა.შ.).

ამრიგად:

არსებობს კოვალენტური ბმის განყვეტის ორგვარი მექანიზმი: რადიკალური ანუ ჰომოლიზური და იონური ანუ ჰეტეროლიზური. თუ რომელი მექანიზმით განხორციელდება ბმის განყვეტა რეაქციის მიმდინარეობისას, დამოკიდებულია ბმის ბუნებასა და რეაქციის ჩატარების პირობებზე.

ბაიაზრეთ

1. რომელი ნანილაკები წარმოიქმნება CH_3Cl მოლეკულაში C-Cl ბმის ჰომოლიზური განყვეტისას?
2. როგორი მექანიზმით შეიძლება განხორციელდეს CH_3OH მოლეკულაში C-O და O-H ბმების განყვეტა?

შეასრულეთ



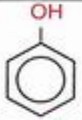

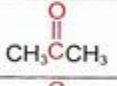
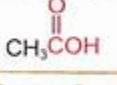
1. კოვალენტური ბმის განყვეტის რომელი ტიპია დამახასიათებელი ელექტრონული წყვილებით აღნიშნული ბმებისათვის?
ა) $H_3C:CH_3$ ბ) $H_3C:OH$ გ) $H_3C:Li$

ნახშირწყალბადების ზოგადი კლასიფიკაცია

ორგანულ ნაერთთა კლასიფიკაციას ახდენენ ნახშირბადოვანი ჯაჭვის აღნაგობის ან მოლეკულაში ფუნქციური ჯგუფის ბუნების მიხედვით.

ატომს ან ატომთა ჯგუფს, რომელიც განაპირობებს ორგანულ ნაერთთა დამახასიათებელ ქიმიურ თვისებებს, ე. ი. მათ ფუნქციებს, ფუნქციური ჯგუფი ეწოდება.

ცხრილი 1. ორგანული ნაერთების კლასები

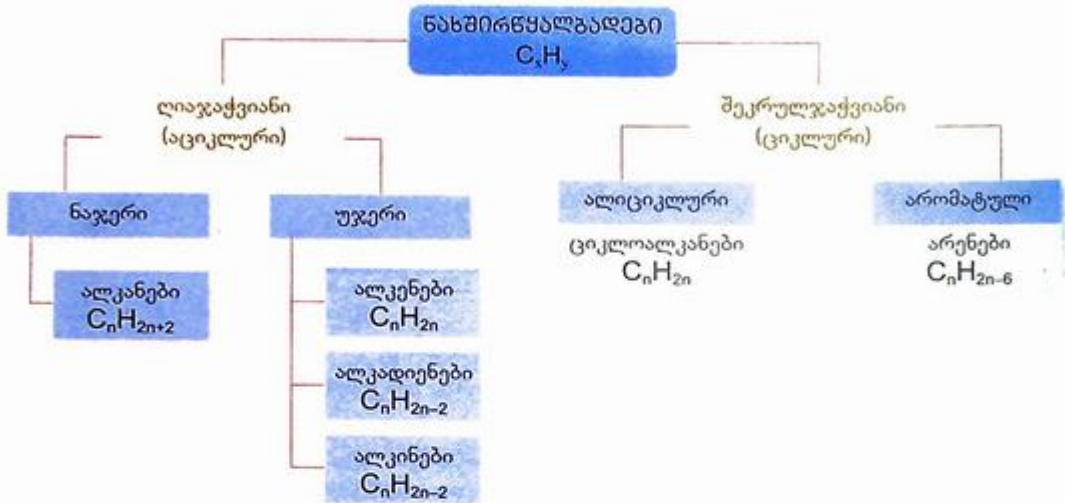
ნაერთთა კლასი	ზოგადი ფორმულა	მაგალითი	სახელწოდება საერთაშორისო (ტრივიალური)	სუფიქს/პრეფიქსი
ნახშირწყალბადები				
ალკანები	RH	CH ₃ CH ₃	ეთანი	-ანი
ალკენები	RR'C=CR'R	H ₂ C=CH ₂	ეთენი (ეთილენი)	-ენი
ალკინები	RC≡CR'	HC≡CH	ეთინი (აცეტილენი)	-ინი
არენები	ArH		ბენზოლი	
ჰალოგენნახშირწყალბადები				
ჰალოგენალკანები	RX (X = F, Cl, Br, I)	CH ₃ CH ₂ Cl	ქლორეთანი	ფთოორ-, ქლოორ-, ბრომ-, იოდ-
არომატული ჰალოგენნარჩებები	ArX		ქლორბენზოლი	ფთოორ-, ქლოორ-, ბრომ-, იოდ-
ჟანგბადმცველი ნაერთები				
სპირტები	ROH	CH ₃ CH ₂ OH	ეთანოლი (ლეინის სპირტი)	-ოლი
ფენოლები	ArOH		ფენოლი	-ოლი
ალდეჰიდები	RCHO		ეთანალი (აცეტალდეჰიდი)	-ალი
კეტონები	RR'C=O		2-პროპანონი (აცეტონი)	-ონი
კარბონმჟავები	RCO ₂ H		ეთანმჟავა (ძმარმჟავა)	-მჟავა
აზოტმცველი ნაერთები				
ამინები	RNH ₂ , RNHR', RNR'R''	CH ₃ CH ₂ NH ₂	ეთილამინი	-ამინი

ნახშირწყალბადები

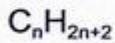
ამ თავის შესწავლისას გაეცნობით:

- განსხვავებას ნახშირწყალბადების კლასებს – ალკანებს, ციკლოალკანებს, ალკენებს, ალკინებსა და არენებს შორის;
- ნახშირწყალბადების ნომენკლატურასა და იზომერიას; ელექტრონულ და სივრცით ალნაგობებს;
- ნახშირწყალბადების ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებს, მიღებასა და გამოყენებას;
- ნახშირწყალბადების ბუნებრივ წყაროებს, მათ მნიშვნელობასა და როლს ადამიანის ცხოვრებაში;
- სხვადასხვა კლასის ნახშირწყალბადების მონაწილეობით მიმდინარე რეაქციების ქიმიური ტოლობების საშუალებით რაოდენობითი გამოთვლების წარმოებას.

ნახშირწყალბადები უმარტივესი ორგანული ნაერთებია, რომელთა მოლეკულები შედგება ნახშირბადისა და წყალბადის ატომებისგან. მათი ზოგადი ფორმულაა C_nH_m . ნახშირწყალბადები ნახშირბადოვანი ჯაჭვის აღნაგობის მიხედვით იყოფა ორ ჯგუფად – ლიაჯაჭვიან (აციკლური) და შეკრულჯაჭვიან (ციკლური) ნახშირწყალბადებად.



7 ნაჯერი ნახშირწყალბადები – ალკანები



ნაჯერი ნახშირწყალბადების ზოგადი ფორმულა

ლიაჯაჭვიან ნახშირწყალბადებს, რომელთა მოლეკულებში ნახშირბადის ატომებს შორის მხოლოდ მარტივი (ერთმაგი) σ -ბმეობია, ეწოდება ნაჯერი ნახშირწყალბადები, საერთაშორისო ნომენკლატურით კი – ალკანები. დაბალი რეაქციის უნარიანობის გამო მათ ხშირად პარაფინებსაც (ლათ. parum affinis – მცირე სწრაფვა) უწოდებენ.

ალკანების ჰომოლოგიური რიგი

უმარტივესი ნაჯერი ნახშირწყალბადია მეთანი, რომელიც იწყებს თვისებებითა და აღნაგობით მსგავს ნაერთთა რიგს, რომელსაც ჰომოლოგიური რიგი ეწოდება. ჰომოლოგიური რიგის წევრები – ჰომოლოგები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ერთი ან რამდენიმე CH_2 ჯგუფით, რომელსაც ჰომოლოგიური სხვაობა ეწოდება.

მაშასადამე, აღნაგობითა და თვისებებით მსგავს ნივთიერებებს, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ერთი ან რამდენიმე CH_2 ჯგუფით, ჰომოლოგები ეწოდებათ.

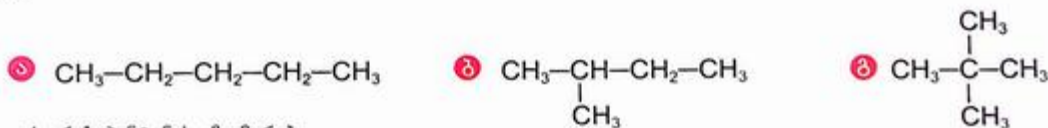
ალკანების ჰომოლოგიური რიგის ზოგადი ფორმულაა C_nH_{2n+2} , სადაც n ნახშირბადატომთა რიცხვია მოლეკულაში. ამ რიგის პირველი ოთხი წევრის სახელწოდება ტრივიალურია (ანუ შემთხვევითი), დანარჩენი ჰომოლოგების სახელწოდებები კი წარმოქმნილია ბერძნული ან ლათინური რიცხვითი სახელებიდან დაბოლოება „ან“-ის დამატებით. რადგანაც ალკანების ჰომოლოგიური რიგის პირველი წევრი მეთანია, ამ რიგს ხშირად მეთანის ჰომოლოგიურ რიგსაც უწოდებენ.

ცხრილი 1. ალკანების ჰომოლოგიური რიგი

სახელწოდება	ფორმულა	გამარტივებული სტრუქტურული ფორმულა	$t^{\circ}C$	$i^{\circ}C$	აგრეგატული მდგომარეობა
მეთანი	CH_4	CH_4	-182,5	- 161,6	აირადი
ეთანი	C_2H_6	CH_3-CH_3	-183,3	- 88,6	აირადი
პროპანი	C_3H_8	$CH_3-CH_2-CH_3$	-187,1	- 42,2	აირადი
ბუტანი	C_4H_{10}	$CH_3-(CH_2)_2-CH_3$	-138,3	- 10,5	აირადი
პენტანი	C_5H_{12}	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$	-129,7	+36,0	თხევადი
ჰექსანი	C_6H_{14}	$CH_3-(CH_2)_4-CH_3$	- 94,3	+68,7	თხევადი
ჰეპტანი	C_7H_{16}	$CH_3-(CH_2)_5-CH_3$	- 90,5	+98,4	თხევადი
ოქტანი	C_8H_{18}	$CH_3-(CH_2)_6-CH_3$	- 56,8	+125,7	თხევადი
ნონანი	C_9H_{20}	$CH_3-(CH_2)_7-CH_3$	- 53,7	+149,5	თხევადი
დეკანი და ა. შ.	$C_{10}H_{22}$	$CH_3-(CH_2)_8-CH_3$	- 29,7	+173,0	თხევადი
*ჰექსადეკანი	$C_{16}H_{34}$	$CH_3-(CH_2)_{14}-CH_3$	+ 18,2	+287,0	მყარი

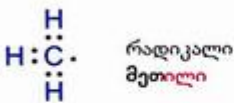
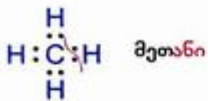
იზომერია და ნომენკლატურა

ალკანების ჰომოლოგიურ რიგში ადგილი აქვს სტრუქტურული იზომერიის ერთ-ერთ სახეს – ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერიას. მეთანს, ეთანს და პროპანს იზომერები არ გააჩნია, ბუტანიდან დაწყებული კი ყველა ალკანს აქვს იზომერები. ამასთან ნახშირბადის ატომთა რიცხვის ზრდასთან ერთად მათი რაოდენობა სწრაფად მატულობს. მაგალითად, პენტანს გააჩნია 3 იზომერი (სურ.1), ჰექსანს – 5, ჰეპტანს – 9, დეკანს – 75 და ა.შ.



სურ. 1. პენტანის იზომერები

იმის მიხედვით, თუ მოლეკულაში მოცემული ნახშირბადის ატომი რამდენ ნახშირბადის ატომს უკავშირდება, იგი შეიძლება იყოს პირველადი, მეორეული, მესამეული და მეოთხეული. მაგალითად პენტანის (ბ) იზომერში პირველი და მეოთხე ნახშირბადატომები პირველადია, მესამე ნახშირბადის ატომი – მეორეული, ხოლო მეორე – მესამეული. (გ) იზომერში კი მეორე ნახშირბადატომი მეოთხეულია.



ალკანის მოლეკულაში წყალბადის ერთი ატომის ჩამოცილების შედეგად რჩება ატომთა ჯგუფი $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ — რომელსაც ალკილის რადიკალს უწოდებენ. მას აქვს ერთი გაუწყვილებელი ელექტრონი და ახასიათებს მაღალი რეაქციისუნარიანობა. ნახშირწყალბადის რადიკალების სახელწოდება წარმოდგება შესაბამისი ალკანების სახელწოდებისაგან დაბოლოება „ან“-ის „ილ“-ით შეცვლით.

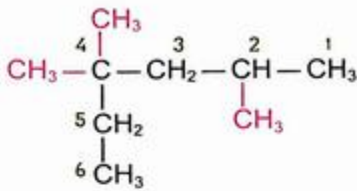
ცხრილი 2. ალკილის რადიკალების სახელწოდება და აღნიშვნა

რადიკალის სახელწოდება	სტრუქტურული ფორმულები
მეთილის	CH_3-
ეთილის	CH_3-CH_2- ან C_2H_5-
პროპილის	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$
იზოპროპილის	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{CH} \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{array} -$
ნ-ბუტილის	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$
მეორეული ბუტილის	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \end{array}$
იზობუტილის	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
მესამეული ბუტილის	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

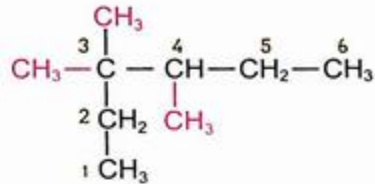
საერთაშორისო ნომენკლატურით (IUPAC) განმტკიცებული აღნიშვნის დასახელებისას უნდა დავიცვათ შემდეგი წესები:

- შევარჩევთ ყველაზე გრძელ, არაგანმტკიცებულ ნახშირბადატომთა ჯაჭვს, რომელიც წარმოადგენს მთავარ ჯაჭვს. თუ ალკანში აღმოჩნდება რამდენიმე ერთნაირი სიგრძის ჯაჭვი, მაშინ მათგან მთავარია ჯაჭვი, რომელიც შეიცავს ყველაზე მეტ ჩამნაცვლებულს.
- მთავარი ჯაჭვის შერჩევის შემდეგ ენომრავთ ჯაჭვში შემავალ ნახშირბადატომებს იმ ბოლოდან, რომელთანაც უფრო ახლოა ჩანაცვლებული ჯგუფი. თუ ეს წესი არ გვაძლევს ერთმნიშვნელოვან პასუხს, მაშინ დანომვრას ვანარმოებთ ისე, რომ ჩამნაცვლებულთა ლოკანტების (იმ ნახშირბადატომთა ნომრები, რომლებთანაც ჩანაცვლებულია რადიკალები) ჯამი იყოს მინიმალური.
- თუ ალკანის მოლეკულაში რამდენიმე სხვადასხვა ჩამნაცვლებულია, მაშინ მათ ვასახელებთ ანბანური თანმიმდევრობით და მიუთითებთ თითოეული მათგანის ლოკანტს. ერთნაირი ჩამნაცვლებლის არსებობის შემთხვევაში შესაბამისი სახელწოდებების წინ მათი რიცხვის მიხედვით ვწერთ პრეფიქსს დი (ორი), ტრი (სამი), ტეტრა (ოთხი) და ა.შ. თუ ორი ერთნაირი რადიკალი ჩანაცვლებულია ერთსა და იმავე ნახშირბადის ატომთან, მაშინ სახელწოდებაში ლოკანტი ორჯერ მეორდება.
- ბოლოს, მთავარ ჯაჭვში არსებული ნახშირბადატომების რიცხვის მიხედვით ვასახელებთ ნახშირწყალბადს, რომელიც საფუძვლად უდევს ალკანის სახელწოდებას.
- არაგანმტკიცებულ ნახშირბადატომთა ჯაჭვის მქონე ნახშირწყალბადის სახელწოდებას წინ ემატება ნ (ნორმალური).

საერთაშორისო ნომენკლატურის წესების გათვალისწინებით დაეასახელოთ ალკანი:

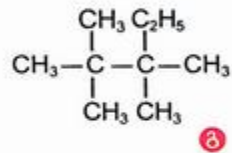
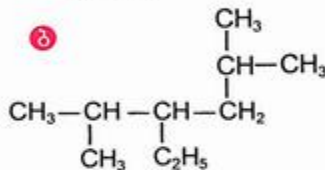
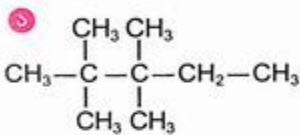


2,4,4-ტრიმეთილჰექსანი



3,3,4-ტრიმეთილჰექსანი

დაასახელეთ საერთაშორისო ნომენკლატურით:



აღნიშნული წესებიდან გამომდინარე, პენტანის იზომერების სახელწოდებებია (სურ. 1): ა) ნ-პენტანი; ბ) 2-მეთილბუტანი; გ) 2,2-დიმეთილპროპანი.

ელექტრონული და სივრცითი აღნაგობა

ალკანების უმარტივესი წარმომადგენლის – მეთანის ელექტრონული აღნაგობაა:



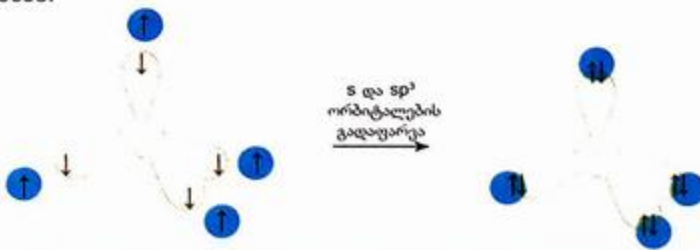
მეთანში ნახშირბადატომი σ -ბმებს წარმოქმნის sp^3 -ჰიბრიდული ორბიტალებით, რომლებიც მიმართულია ტეტრაედრის წვეროები-საკენ (სურ. 2, 3). ჰიბრიდულ ორბიტალთა ღერძებს შორის კუთხე $109^{\circ}28'$ -ის ტოლია. ამგვარად ორიენტირებული ორბიტალები მნიშვნელოვნად გადაიფარება წყალბადის ატომთა s-ორბიტალებით, რაც იწვევს ენერჯიის დიდი რაოდენობით გამოყოფას და მტკიცე, ერთნაირი თვისებების მქონე ოთხი ქიმიური ბმის წარმოქმნას.



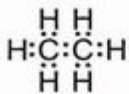
ბურთულ-ლეროვანი მოდელი



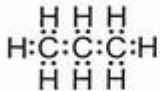
მასშტაბური მოდელი
სურ. 2. მეთანის მოლეკულის მოდელები



სურ. 3. მეთანში ნახშირბადის ატომის ორბიტალების ჰიბრიდიზაცია



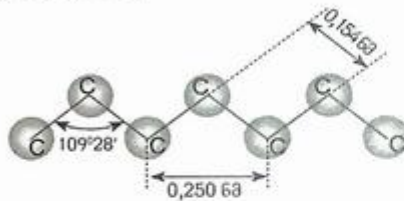
სურ. 4. ეთანის ელექტრონული აღნაგობა და მოლეკულის ბურთულ-ღეროვანი მოდელი



სურ. 5. პროპანის მოლეკულის აღნაგობა

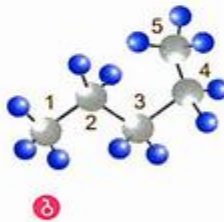
მეთანის ჰომოლოგიური რიგის თითოეული წევრის მოლეკულაში ნახშირბადატომთა ელექტრონული კონფიგურაცია მეთანის ნახშირბადატომის ელექტრონული კონფიგურაციის მსგავსია. ეთანის მოლეკულაში ერთ-ერთი წყალბადატომის ადგილს იკავებს მეორე ტეტრაედრის ნახშირბადატომი (სურ. 4).

პროპანის მოლეკულაში მესამე ტეტრაედრის დაკავშირება მოხდება კუთხით, რომელიც $109^{\circ}28'$ -ის ტოლი იქნება (სურ. 5). ამრიგად, პროპანის, ბუტანისა და სხვა ნახშირწყალბადების მოლეკულაში ნახშირბადატომები ერთმანეთს ზიგზაგისებურად უკავშირდება (სურ. 6):



სურ. 6. ნახშირბადატომთა ჯაჭვის ზიგზაგისებური ფორმა

ნახშირბადატომებს შეუძლია თავისუფლად ბრუნვა მარტივი σ -ბმების გარშემო, ამიტომ ნახშირბადატომთა ზიგზაგისებურმა ჯაჭვმა შეიძლება სხვადასხვა სივრცითი ფორმა მიიღოს. მაგალითად, პენტანის მოლეკულამ შეიძლება სხვადასხვა ფორმები მიიღოს. ყველა ეს ფორმა ადვილად გადადის ერთმანეთში, მაგრამ ატომთა ბმების თანმიმდევრობა მოლეკულაში უცვლელი რჩება (სურ. 7).



სურ. 7. პენტანის მოლეკულის სივრცითი ფორმები

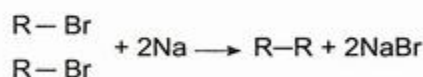
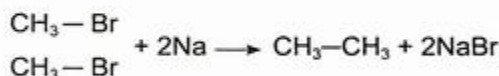
ენერგეტიკულად უფრო ხელსაყრელია ფორმა (ა), რომელშიც წყალბადატომთა ურთიერთდაშორება უდიდესია, ხოლო ურთიერთქმედება კი მინიმალური.

მიღება. ალკანების მიღების ძირითადი წყაროა ნავთობი და ბუნებრივი აირი. ნავთობის ფრაქციული გამოხდით ლებულობენ სხვადასხვა ალკანის ნარევეს. მეთანი წარმოიქმნება მცენარეულ ორგანიზმებში შემავალი ცელულოზიდან სპეციფიკური მიკროორგანიზმების მოქმედებით („მეთანური დულილით“), ამის გამო გვხვდება დაჭაობებულ ადგილებსა და ქვანახშირის მალარობებში. სწორედ ამიტომ უწოდებენ მეთანს „ჭაობის გაზს“, „მალაროს გაზს“. ამჟამად ფართოდ გამოიყენება ბიოგაზი, რომელიც წარმოიქმნება სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენების ლპობის

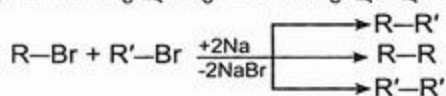
შედეგად ბაქტერიების ზემოქმედებით. ბიოგაზის ძირითადი შემადგენელი ალკანია მეთანი და უპირატესად გამოიყენება სანვავად.

ბუნებრივი წყაროების გარდა ალკანების მისაღებად იყენებენ სინთეზურ მეთოდებს. ნაჯერი ნახშირწყალბადების მიღება შეიძლება:

1 ჰალოგენალკანების ურთიერთქმედებით ნატრიუმთან (ვიურცის რეაქცია). ამ რეაქციით შესაძლებელია ნახშირბადოვანი ჯაჭვის „დაგრძელება“:



ორი განსხვავებული ჰალოგენალკანის შემთხვევაში კი წარმოიქმნება სამი სხვადასხვა ნახშირწყალბადის ნარევი:

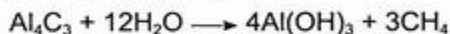


2 კარბონმჟავათა ნატრიუმის მარილისა და ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ნარევის შეღობით. ამ რეაქციით შესაძლებელია ნახშირბადოვანი ჯაჭვის „დამოკლება“. ამ ხერხს იყენებენ, ძირითადად, ლაბორატორიაში მეთანის მისაღებად:

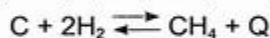


3 მეთანის მიღება შეიძლება

ა) ალუმინის კარბიდის ჰიდროლიზით:



ბ) ნახშირბადის წყალბადთან ურთიერთქმედებით:



ფიზიკური თვისებები. ალკანების ჰომოლოგიური რიგის პირველი ოთხი წევრი აირია, შემდეგი თერთმეტი – სითხე, ხოლო პექსადეკანიდან ($\text{C}_{16}\text{H}_{34}$) დაწყებული – ყველა ალკანი მყარია. აირად და მყარ ალკანებს სუნი არ აქვთ, ხოლო თხევადი ალკანებისთვის დამახასიათებელია ბენზინის სუნი. სუფთა სახით ისინი უფერული და წყალში უხსნადებია, მაგრამ კარგად იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში.

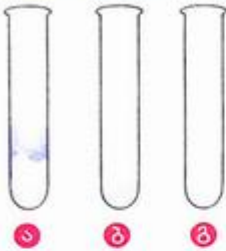
გაიხსენეთ
ლე-შატელიეს
პრინციპი.

რა პირობებში უნდა ჩატარდეს 3ბ რეაქცია, რომ წონასწორობა გადაიხაროს მეთანის წარმოქმნის მხარეს?

► რადგან აირად ალკანებს სუნი არ აქვს, აირის გაფონვის ალმოსაჩენად მას უმატებენ მკვეთრი არასასიამოვნო სუნის მქონე ნივთიერებებს, მაგალითად, გოგირდის შემცველ ორგანულ ნაერთებს – მერკაპტანებს.



ექსპერიმენტის მიზანი: ალკანების ფიზიკური თვისების – ხსნადობის გამოკვლევა



სურ. 8

შედეგი:

- ა. ვაზელინი და წყალი
- ბ. ვაზელინი და ბენზინი
- გ. ვაზელინი და CCl_4

1. აიღეთ სამი სინჯარა და თითოეულში მოათავსეთ მცირე რაოდენობით (0,2 - 0,3 გ) ვაზელინი (მაღალი რიგის ალკანების ნარევი);
2. თითოეულ სინჯარას დაამატეთ მცირე რაოდენობით (2-3 მლ): პირველ სინჯარას – წყალი, მეორე სინჯარას – ბენზინი, მესამეს – ოთხხლორიანი ნახშირბადი (CCl_4). სინჯარები ფრთხილად შეანჯღრიეთ.
3. რას შეამჩნევთ? ვაზელინი არ იხსნება წყალში, მაგრამ კარგად იხსნება ბენზინსა და CCl_4 -ში.

დაასაბუთეთ შედეგი. გამოიყენეთ ზოგადი წესი: არაპოლარული ნივთიერება იხსნება არაპოლარულ გამხსნელში, ხოლო პოლარული ნივთიერება – პოლარულ გამხსნელში.

ალკანების ჰომოლოგიურ რიგში მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად კანონზომიერად მატულობს მათი დუღილისა და ლღობის ტემპერატურები (იხ. ცხრ. 1). ამასთან, არაგანშტოებული (ნორმალური) აღნაგობის ნახშირწყალბადების დუღილის ტემპერატურები უფრო მაღალია, ვიდრე მათი იზომერული განშტოებული ნახშირწყალბადებისა (სურ. 9).



სურ. 9. პენტანის იზომერები და მათი დუღილისა და ლღობის ტემპერატურები

ნებისმიერი ნაერთის დუღილის ტემპერატურა განისაზღვრება მოლეკულებს შორის არსებული მიზიდვის ძალებით. არაპოლარულ ნაერთებში (მათ შორის ნახშირწყალბადებშიც) მოქმედებს სუსტი მოლეკულათაშორისი მიზიდვის ძალები, რომლებიც კიდევ უფრო სუსტდება განშტოების ზრდასთან ერთად, რადგან მოლეკულების დაახლოება და ამ ძალების გამოვლენა ძნელდება. ამის გამო ეცემა მათი დუღილის ტემპერატურაც. ნახშირბადო-

ვანი ჯაჭვის ზრდასთან ერთად იზრდება მოლეკულებს შორის მიზიდვის ძალები, ამიტომ მატულობს მათი ლღობისა და დუღილის ტემპერატურებიც.

ალკანების ფიზიკური თვისებები დამოკიდებულია ნახშირბადოვანი ჯაჭვის სიგრძეზე, ე.ი. მოლეკულურ მასაზე. მაგრამ ქიმიური თვისებები ძირითადად მსგავსი აქვთ ერთნაირი აღნაგობის გამო.

ქიმიური თვისებები

ალკანები (პარაფინები) დაბალი რეაქციის უნარიანობით ხასიათდებიან. ისინი ჩვეულებრივ პირობებში არ რეაგირებენ მჟავებთან, ტუტეებთან და მჟანგავებთან. მათში ატომებს შორის არაპოლარული (C—C), ან მცირედპოლარული (C—H) კოვალენტური ბმებია. მათი ქიმიური გარდაქმნები მიმდინარეობს ამ ბმეების განწყვეტის ხარჯზე (კრეკინგი), ან წყალბადის ატომის სხვა ატომით ან ატომთა ჯგუფით შეცვლის ხარჯზე (ჩანაცვლების რეაქციები). რადგან ალკანების მოლეკულებში ყველა ვალენტობა გაჯერებულია, ისინი არ შედიან მიერთების რეაქციებში.

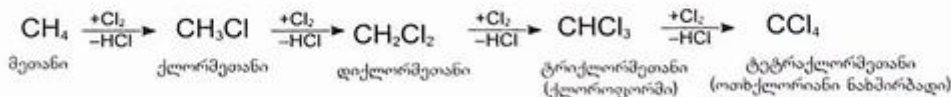
1 წვა. ყველა ალკანი ინვის ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდისა და წყლის წარმოქმნით, ამასთან მეთანი ინვის უფერო ალით. მეთანის ჰომოლოგებში, ნახშირბადის მასური წილის ზრდასთან ერთად, ალის სიკაშკაშე იზრდება. მაღალი წვერები ინვიან ჭვარტლიანი ალით:



2 ჩანაცვლება

ჰალოგენირება. ალკანებისათვის განსაკუთრებით დამახასიათებელია ჩანაცვლების, კერძოდ ჰალოგენირების რეაქციები. ისინი აქტიურად რეაგირებენ ფთორთან, ოთახის ტემპერატურაზე სიბნელეშიც კი რეაქცია აფეთქებით მიმდინარეობს. ქლორირების რეაქცია ენერგიულად წარიმართება სინათლეზე, ან მაღალ (250-400°C) ტემპერატურაზე სიბნელეში. რეაქცია ბრომთან უფრო ძნელად ხორციელდება, ხოლო იოდთან ალკანები არ რეაგირებს (რეაქცია შექცევადია).

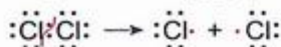
განვიხილოთ მეთანის ქლორირების რეაქცია:



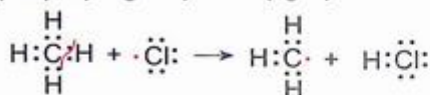
მეთანისა და ჟანგბადის (ჰაერის) ნარევის ანთებას შეიძლება ძლიერი აფეთქება მოჰყვეს, თუ ნარევი მათი მოცულობითი შეფარდებაა 1:2(10). ახსენით მიზეზი, რატომ არის ძლიერ საშიში მეთანისა და ჰაერის ნარევი ქვანახშირის მალაროებსა და ბინებში.



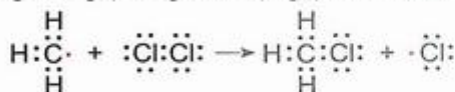
რეაქცია მიმდინარეობს რადიკალური მექანიზმით. სინათლეზე ან გახურებისას ქლორის მოლეკულა იშლება ატომებად:



ნარმოქმნილი ქლორის ატომი – რადიკალი, რომელსაც გაუწყვილებელი ელექტრონი აქვს და ძლიერ რეაქციისუნარიანია, მოხლენს მეთანის მოლეკულას წყალბადის ატომს, შედეგად წარმოიქმნება ქლორწყალბადი და მეთილის რადიკალი.



მიღებული მეთილის რადიკალი დროის ძალიან მცირე შუალედში არსებობს თავისუფალი სახით. იგი რეაგირებს ქლორის მოლეკულასთან, წარმოქმნის ქლორმეთანს და ქლორის ახალ რადიკალს:



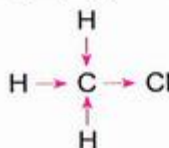
ქლორის რადიკალი, თავის მხრივ, ურთიერთქმედებს ქლორმეთანთან. მიიღება ქლორწყალბადი და ახალი რადიკალი, რომელიც აგრძელებს პროცესს. ამრიგად, მეთანის მოლეკულაში თანდათანობით ხორციელდება წყალბადატომთა ჩანაცვლება ქლორის ატომებით. რეაქცია გრძელდება მანამდე, სანამ არ შეწყდება რადიკალების წარმოქმნა. ეს კი შეიძლება მოხდეს რომელიმე ორი რადიკალის შეერთებით (რეკომბინაციით):



რეაქციებს, რომლებიც თანმიმდევრულ გარდაქმნათა ჯაჭვს წარმოადგენს, ჯაჭვური რეაქციები ეწოდება.

ამრიგად, ქლორირების რეაქცია ჯაჭვური რეაქციაა და მიმდინარეობს რადიკალური მექანიზმით.

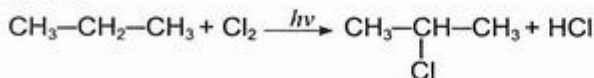
მეთანის მოლეკულაში წყალბადატომის ქლორის ატომით ჩანაცვლება იწვევს დანარჩენი წყალბადატომების რეაქციისუნარიანობის გაზრდას და შემდგომი ქლორირების პროცესის გაადვილებას. ეს განპირობებულია ქლორის ატომის გავლენით C–H ბმების სიმტკიცეზე. ქლორის ატომის ელექტროუარყოფითობა მეტია, ვიდრე ნახშირბადის ატომისა, რის გამოც C–Cl ბმის ელექტრონული სიმკვრივე გადაიწვევს ქლორისაკენ. ბმა პოლარიზდება და ნახშირბადატომზე ჩნდება ელექტრონული სიმკვრივის დეფიციტი (ელექტრონული სიმკვრივე მცირდება), რომლის კომპენსაცია ხდება C–H ბმების ელექტრონული სიმკვრივის გადანეით ნახშირბადის ატომისკენ:



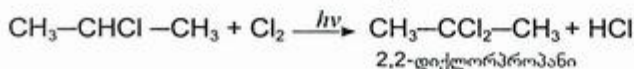
ეს იწვევს ამ ბმების შესუსტებას, რის გამოც ქლორმეთანის მოლეკულაში მომდევნო წყალბადატომის ჩანაცვლება ქლორის ატომით გაცილებით უფრო ადვილად ხორციელდება, ვიდრე მეთანში. ე.ი. ქლორის ატომის ელექტრონაქცეპტორული ბუნების გავლენით მეთილის ჯგუფში წყალბადატომების რეაქციის უნარიანობა იზრდება.

მეთანის ქლორირების ანალოგიურად მიმდინარეობს სხვა ალკანების ქლორირებაც. ამასთან, ჩანაცვლება მით უფრო ადვილად ხორციელდება, რაც უფრო ნაკლებად არის ჰიდროგენიზებული (ნაკლებ წყალბადატომებთან არის ბმული) ნახშირბადის ატომი.

მაგალითად:



2-ქლორპროპანი

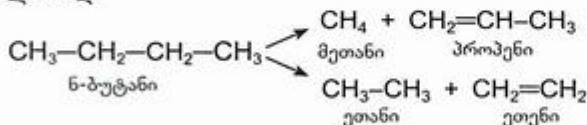


2,2-დიქლორპროპანი

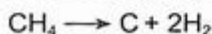
და ა. შ.

- 3 კრეკინგი.** ალკანები 500°C -ზე უფრო მაღალ ტემპერატურაზე უპირობო სივრცეში გახურებისას იშლება უფრო დაბალმოლეკულურ ნახშირწყალბადებად. ამ პროცესს **კრეკინგი** (ინგლ. craking – გახლეჩა) ეწოდება. ალკანების კრეკინგი მიმდინარეობს რადიკალური მექანიზმით. შედეგად მიიღება ნაჯერი და უჯერი ნახშირწყალბადების ნარევი.

მაგალითად:



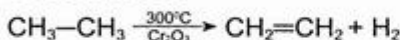
მეთანი 800°C -ზე უფრო მაღალ ტემპერატურაზე იშლება:



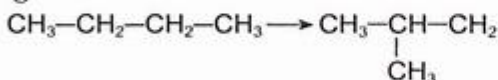
დაშლის შუალედური პროდუქტია აცეტილენი:



- 4 დეჰიდრირება.** ალკანების დეჰიდრირება (წყალბადატომების ჩამოცილება) მიმდინარეობს მაღალ ტემპერატურაზე, კატალიზატორის თანაობისას:



- 5 იზომერიზაცია.** ნორმალური აღნაგობის ალკანები გახურებით კატალიზატორების (AlCl_3 , AlBr_3) თანაობისას განიცდის იზომერიზაციას:





სურ. 10. ნახშირწყალბადი $C_{10}H_8$ პარაფინის ძირითადი კომპონენტი.



სურ. 11. პროდუქტებს, გაფუჭებისაგან დაცვის მიზნით, ხშირად ფარავენ პარაფინის დამცველი აფსკით.

გამოყენება. ნახშირწყალბადების წვის შედეგად გამოყოფილი დიდი რაოდენობის სითბო განაპირობებს მათ გამოყენებას სანვა-ვად. ამ მიზნით გამოიყენება როგორც ბუნებრივი აირი, რომლის ძირითადი შემადგენელი ნივთიერებაა მეთანი, ასევე პროპან-ბუტანის ნარევი (გათხევადებული აირი). თხევადი ნახშირწყალბადების ნარევი იხმარება სანვაგად ავტომანქანებსა და თვითმფრინავებში. პარაფინისაგან (მყარი ალკანების ნარევი) ამზადებენ სანთლებს, მისი მეშვეობით ულენთავენ ქალაღს, რომელიც წყალგაუმტარი ხდება და გამოიყენება შესაფუთად (სურ. 10, 11)

სამედიცინო პრეპარატი – ვაზელინის ზეთი – ალკანების ნარევი, რომელთა მოლეკულებში ნახშირბადატომთა რიცხვი 15-ს არ აღემატება, ხოლო ვაზელინი – მყარი და თხევადი ალკანების ნარევი, რომელთა მოლეკულებში 12-დან 25-მდე ნახშირბადატომია.

ალკანების იზომერიზაციით ლებულობენ განშტოებული ალნაგობის ნახშირწყალბადებს, რომელთაც იყენებენ მაღალი ხარისხის ბენზინის მისაღებად, ასევე კაუჩუკის წარმოებაში. პარაფინების კრეკინგ-ჟანგვით ლებულობენ კარბონმწვავეებს და მათ ბაზაზე საპნებსა და სხვა გამრეცხ საშუალებებს.

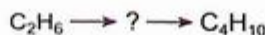
ბაიზრეთ

- შეადგინეთ 3-ეთილ-3,4,5-ტრიმეთილპეტანის სტრუქტურული ფორმულა და მიუთითეთ, რამდენია მასში პირველადი, მეორეული, მესამეული და მეოთხეული ნახშირბადატომები.
- დანერეთ ეთანის მოლეკულის ელექტრონული ფორმულა. რამდენი σ -ბმაა მასში, მათ შორის რომელია არაპოლარულ-კოვალენტური და პოლარულ-კოვალენტური?
- როგორ განასხვავებთ მეთანს წყალბადისაგან ცდის საშუალებით?

შეასრულეთ

- შეადგინეთ პეტანის იზომერების სტრუქტურული ფორმულები და დაასახელეთ ისინი საერთაშორისო ნომენკლატურით.
- შეადგინეთ სტრუქტურული ფორმულა ნახშირწყალბადისა, რომლის სახელწოდებაა – 2,4,5,5-ტეტრამეთილოქტანი.
- რომელი სახელწოდებაა არასწორად მითითებული?

ა) 1,3-დიმეთილპეტანი;	გ) 2-ეთილპეტანი;
ბ) 2,3-დიმეთილპეტანი;	დ) 3-ეთილპეტანი.
- დანერეთ ალკანის ფორმულა, რომლის მოლეკულაში 6 პირველადი ნახშირბადატომია და არ არის მასში მეორეული და მესამეული ნახშირბადატომები.
- დანერეთ პეტანის იმ იზომერის სტრუქტურული ფორმულა, რომლის ნახშირბადატომთა ჯაჭვი ყველაზე მოკლეა.
- როგორ განახორციელებთ გარდაქმნებს:



შიპური ამოსანების ამოსნა

ამოცანა 1

ნაჯერ ნახშირწყალბადში ნახშირბადის მასური წილი 84,21%-ია. დაადგინეთ ნახშირწყალბადის მოლეკულური ფორმულა.

ამოსნა:



n მოლი ნახშირბადის მასაა 12n გ.

1 მოლი ნახშირწყალბადის — C_nH_{2n+2} მასაა $(14n + 2)$ გ.

აქედან

$$\frac{12n}{14n + 2} = 0,8421 \quad | \quad n = 8 \quad \text{ე.ი.} \quad C_8H_{18} \text{ (ოქტანი).}$$

$$m = nM$$

$$M(C) = 12 \text{ გ/მოლი}$$

$$M(H) = 1 \text{ გ/მოლი}$$

ამოცანა 2

ნახშირბადატომთა რიცხვი აღნიშნეთ n -ით და ზოგადი სახით გამოსახეთ ალკანის წვის რეაქციის ტოლობა.

ამოსნა:



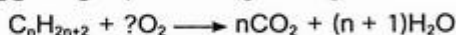
რამდენ ნახშირბადის ატომსაც შეიცავს ნახშირწყალბადი (C_nH_{2n+2}), წვის შედეგად იმდენივე მოლეკულა CO_2 წარმოიქმნება.

ე.ი. n მოლეკულა CO_2 .

წყლის მოლეკულა კი მიიღება 2-ჯერ ნაკლები, ვიდრე წყალბადის ატომებია ნახშირწყალბადის მოლეკულაში.

$$\text{ე.ი.} \quad \frac{2n + 2}{2} = (n + 1) \text{ მოლეკულა } H_2O.$$

წვის რეაქციის ტოლობა მიიღებს სახეს:



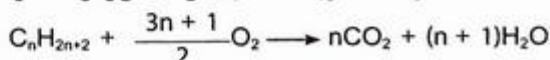
n მოლეკულა CO_2 შეიცავს $2n$ ჟანგბადის ატომს,

$(n + 1)$ მოლეკულა H_2O კი — $(n + 1)$ ჟანგბადის ატომს

ორივე ერთად $2n + n + 1 = (3n + 1)$ ატომს

$(3n + 1)$ ჟანგბადის ატომი (O) წარმოიქმნის $\frac{3n + 1}{2}$ ჟანგბადის მოლეკულას (O_2).

ალკანის წვის რეაქციის ტოლობა იღებს სახეს:

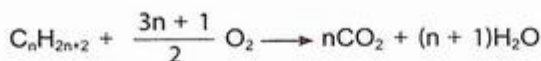


ტოლობა იკითხება: 1 მოლი C_nH_{2n+2} -ის წვისას იხარჯება $\frac{3n + 1}{2}$ მოლი O_2 და მიიღება n მოლი CO_2 და $(n + 1)$ მოლი H_2O .

ამოცანა 3

დანერეთ მოლეკულური ფორმულა ალკანისა, რომლის დანვისას იხარჯება ა) 5-ჯერ მეტი; ბ) 11-ჯერ მეტი მოცულობის ჟანგბადი, ვიდრე აღებული ალკანის მოცულობაა.

ამოხსნა:



ა) $\frac{3n+1}{2} = 5 \quad | \quad n = \frac{9}{3} = 3 \quad \text{ე.ი. } C_3H_8$

ბ) $\frac{3n+1}{2} = 11 \quad | \quad n = \frac{21}{3} = 7 \quad \text{ე.ი. } C_7H_{16}$

ამოცანა 4

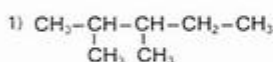
ალკანის ორთქლის სიმკვრივე წყალბადის მიმართ შეადგენს 50-ს. დანერეთ ამ ალკანის ყველა იმ იზომერის სტრუქტურული ფორმულა, რომელიც ძირითად ჯაჭვში შეიცავს ხუთ ნახშირბადატომს და დასახელებით ისინი საერთაშორისო ნომენკლატურით.

ამოხსნა: $D_{H_2} = 50$

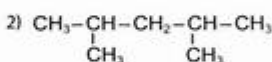
$M = 2D_{H_2} = 2 \cdot 50 = 100 \text{ გ/მოლი}$

$14n + 2 = 100 \quad | \quad n = 7 \quad \text{ე.ი. } C_7H_{16} \text{ (ჰეპტანი)}$

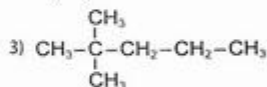
ძირითად ჯაჭვში ხუთ ნახშირბადატომის შემცველი იზომერებია:



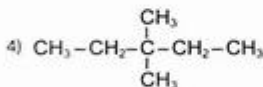
2,3-დიმეთილპენტანი



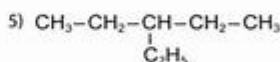
2,4-დიმეთილპენტანი



2,2-დიმეთილპენტანი



3,3-დიმეთილპენტანი



3-ეთილპენტანი

ამოცანა 5

რა მოცულობის (ნ.კ.) მეთანი მიიღება 10 გ უწყლო ნატრიუმის აცეტატის შელლობით ნატრიუმის ჰიდროქსიდთან?

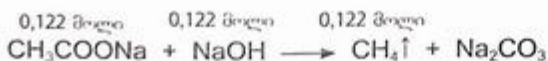
ამოხსნა:

$M(CH_3COONa) = 82 \text{ გ/მოლი}$

$V = nV_M$

$n(CH_3COONa) = \frac{10 \text{ გ}}{82 \text{ გ/მოლი}} = 0,122 \text{ მოლი}$

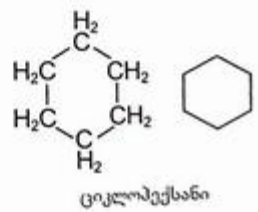
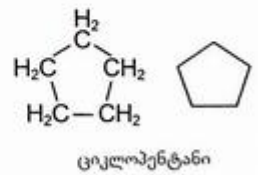
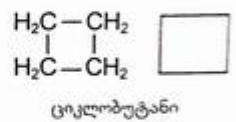
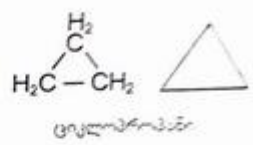
ნატრიუმის აცეტატის შელლობისას ნატრიუმის ჰიდროქსიდთან მიმდინარეობს რეაქცია:



$n(CH_4) = 0,122 \text{ მოლი}$

$V(CH_4) = 0,122 \text{ მოლი} \cdot 22,4 \text{ ლ/მოლი} = 2,73 \text{ ლ}$

ნახშირბადის ატომებმა sp³-ჰიბრიდული ორბიტალებით შეიძლება წარმოქმნას არა მარტო ლია გრძელი ჯაჭვები, არამედ ტომებთან დაკავშირებული წყალბადატომთა რიცხვი მცირდება და ასეთი ნახშირწყალბადების ზოგადი ფორმულაა C_nH_{2n}. მათ მომადგენელია ციკლოპროპანი. ჰომოლოგიური რიგის შემდეგი წევრებია: ციკლობუტანი, ციკლოპენტანი, ციკლოექსანი და ა.შ. სიმარტივისათვის ხშირად ფორმულები გამოსახულია ნახშირბადისა და წყალბადის ატომების აღნიშვნის გარეშე (სურ. 1).



სურ. 1. ციკლოალკანები

აღნაგობა, ნომენკლატურა, იზომერია. მართალია, ციკლოალკანების მოლეკულებში ყველა ნახშირბადატომი ქიმიურ ბმებს sp³-ჰიბრიდული ორბიტალებით წარმოქმნის, მაგრამ ბმებს შორის კუთხე ციკლის ზომაზე დამოკიდებული. მცირე ციკლებში (ციკლოპროპანი, ციკლობუტანი) ეს კუთხე მნიშვნელოვნად განსხვავდება ტეტრაედრული კუთხისაგან, რაც დაძაბულობას იწვევს და მათ არამდგრადობას განაპირობებს.

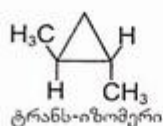
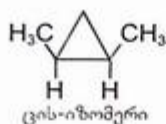
ციკლოალკანთა სახელწოდებები წარმოდგება ნახშირბადატომების შესაბამისი რიცხვის შემცველ ალკანთა სახელწოდებებზე პრეფიქს „ციკლო“-ს დამატებით. თუ ციკლის გარდა ციკლოალკანის მოლეკულაში გვერდითი ჯაჭვიც არსებობს, მაშინ ციკლის სახელწოდების წინ უთითებენ შესაბამისი რადიკალის სახელწოდებას, ამასთან, ციკლში ნახშირბადატომების დანომვრას ისე აწარმოებენ, რომ ჩამნაცვლებლებს უმცირესი ლოკანტები გააჩნდეს.

ციკლოალკანებში იზომერია განპირობებულია ციკლის ზომით, ჩანაცვლებული ჯგუფების რიცხვით, მდებარეობითა და აღნაგობით. აქედან გამომდინარე, ციკლოექსანს შეიძლება ჰქონდეს შემდეგი იზომერები:



სურ. 2. ციკლოექსანი და მისი იზომერები

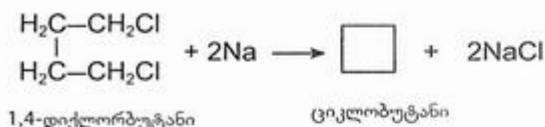
ალკანებისაგან განსხვავებით, ციკლოალკანებში C-C ბმის გარშემო ბრუნვა შეუძლებელია, რის გამოც ჩანაცვლებულ ციკლოალკანებში გვხვდება სივრცითი იზომერიის სახეობა - გეომეტრიული ანუ ცის-ტრანს იზომერია. იგი განპირობებულია



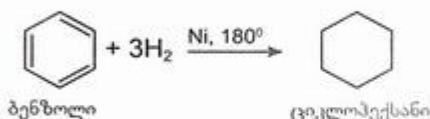
სურ. 3. 1,2-დიმეთილციკლოპროპანის ცის-იზომერი და ტრანს-იზომერი

ჩანაცვლებული ჯგუფების განსხვავებული განლაგებით ციკლის სიბრტყის მიმართ. მაგალითად, 1,2-დიმეთილციკლოპროპანში მეთილის ჯგუფები შეიძლება მდებარეობდეს ციკლის სიბრტყის ერთ (ცის-იზომერი) ან სხვადასხვა (ტრანს-იზომერი) მხარეს. (სურ. 3).

მიღება. ციკლოალკანების მიღების ძირითადი ხერხია ალკანების 1,3- და 1,4-დიჰალოგენანარმთა ურთიერთქმედება აქტიურ მეტალებთან (შიგამოლეკულური ვიურცის რეაქცია):



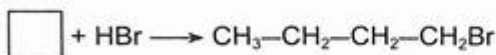
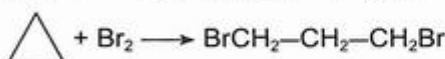
ციკლოპექსანის მიღება შეიძლება ბენზოლის ჰიდრირებით კატალიზატორის (Ni, Pt) თანაობისას:



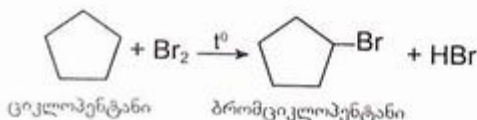
ფიზიკური თვისებები. ჩვეულებრივ პირობებში ციკლოპროპანი და ციკლობუტანი აირებია, C_5H_{10} – $\text{C}_{16}\text{H}_{32}$ შედგენილობის ციკლოალკანები – სითხეები, ხოლო ჰომოლოგიური რიგის შემდეგი წევრები – მყარი ნივთიერებები. ისინი წყალში უხსნადებია.

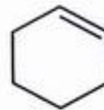
ქიმიური თვისებები

1 ციკლოპროპანისა და ციკლობუტანისათვის დამახასიათებელია ჰალოგენის, ჰალოგენწყალბადის, წყალბადის მიერთების რეაქციები, რომლებიც ციკლის განყვეტით მიმდინარეობს:



2 ციკლოპენტანი და ციკლოპექსანი (ჩვეულებრივი ციკლები) უფრო ადვილად შედიან ჩანაცვლების რეაქციებში. მათი ჰალოგენირების რეაქცია, ალკანების ანალოგიურად, რადიკალური ჩანაცვლების მექანიზმით მიმდინარეობს:





სურ. 4. ციკლოპექსენი

მაღალ ტემპერატურაზე კატალიზატორის (Pt, Pd) თანაობისას ჩვეულებრივი ციკლების დეჰიდრირებით შეიძლება წარმოიქმნას ერთი ან რამდენიმე ორმაგი ბმის შემცველი ციკლური ნაერთები ან არენები. მაგალითად, ციკლოპექსანის დეჰიდრირებით, პირობების მიხედვით, შეიძლება მივიღოთ ციკლოპექსენი, ციკლოპექსადიენი ან ბენზოლი.

გამოყენება. ციკლოალკანები ბუნებაში გვხვდება ნავთობის შემადგენლობაში. რაც უფრო მეტ ციკლოალკანებს შეცავს ნავთობი, მით მეტია მისი ღირებულება.

ციკლოპროპანს მედიცინაში იყენებენ ნარკოზისათვის. ციკლოპენტანის ბირთვი შედის ადამიანის ორგანიზმში არსებული დაბალმოლეკულური ბიორეგულატორების შემადგენლობაში. ციკლოალკანთა უმრავლესობა გამოიყენება ორგანულ სინთეზებში. მაგალითად, ციკლოპექსანიდან და მეთილციკლოპექსანიდან დეჰიდრირებით ლებულობენ ბენზოლსა და ტოლუოლს, რომელთაც იყენებენ საღებურების, მედიკამენტების და სხვა მნიშვნელოვანი ნაერთების სინთეზისათვის.

შეასრულეთ

1. C_6H_{12} შედგენილობის ციკლოალკანის რამდენი სამჩანაცვლებელი იზომერი შეიძლება არსებობდეს? დანერეთ მათი აღნაგობის ფორმულები.
2. როგორია ფორმულა ციკლოალკანისა, რომლის ორთქლის წვაზე იხარჯება 9-ჯერ მეტი მოცულობის ჟანგბადი?
3. 1 ლ ციკლოალკანის ორთქლის წვისას მიიღება 4 ლ ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი. რა მოცულობის (ლ) ჟანგბადი იხარჯება ამ დროს (მოცულობები გაზომილია ერთნაირ პირობებში)?

თიკური ამოცანის ამოხსნა

ამოცანა

ციკლოალკანის ორთქლის სიმკვრივე წყალბადის მიმართ შეადგენს 42-ს. მისი მოლეკულა ძირითად ნახშირბადოვან ჯაჭვში არ შეიცავს გვერდით განშტოებებს. დაადგინეთ ციკლოალკანის აღნაგობა და დაასახელეთ იგი.

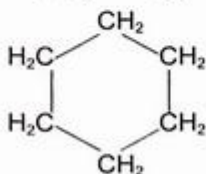
ამოხსნა:

$$M = 2D_{H_2} = 2 \cdot 42 = 84 \text{ გ/მოლი}$$

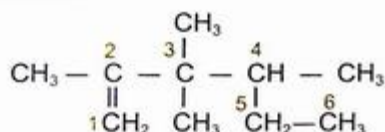
$$M(C_nH_{2n}) = 84 \text{ გ/მოლი}$$

$$14n = 84 \quad | \quad n = 6 \quad \text{ე.ი. } C_6H_{12}$$

რადგან ციკლოალკანი ძირითად ნახშირბადოვან ჯაჭვში არ შეიცავს გვერდით განშტოებებს, მისი აღნაგობა იქნება:



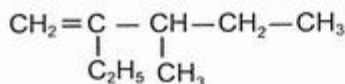
ციკლოპექსანი



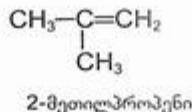
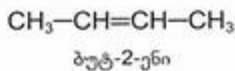
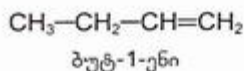
2,3,3,4-ტეტრამეთილპენტს-1-ენი



დადასახელებთ საერთაშორისო ნომენკლატურით:



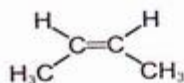
ალკენებში იზომერია იწყება ბუტენიდან:



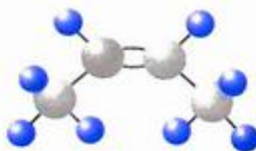
ბუტენის იზომერები

პენტენს აქვს ხუთი იზომერი, ჰექსენს – 13, და ა.შ. რაც უფრო იზრდება ნახშირბადატომთა რიცხვი ალკენებში, მით უფრო მეტია იზომერების რიცხვი.

ალკენებისათვის, გარდა სტრუქტურული იზომერიისა, დამახასიათებელია აგრეთვე სივრცითი იზომერიის სახეობა – გეომეტრიული ანუ ცის-ტრანს იზომერია. სივრცითი იზომერია განპირობებულია მოლეკულაში ორმაგი ბმის არსებობით. π-ბმის წარმოქმნილი ნახშირბადატომები კარგავს თავისუფალი ბრუნვის უნარს ბმის განყვეტის გარეშე. ამიტომ ჩანაცვლებული ჯგუფები შეიძლება განლაგდეს ორმაგი ბმის სიბრტყის ერთ ან სხვადასხვა მხარეს. თუ ჩანაცვლებული ჯგუფები ორმაგი ბმის სიბრტყის ერთ მხარესაა (ლათ. cis), მიიღება ცის-იზომერი, ხოლო, თუ სხვადასხვა მხარეს (ლათ. trans) – ტრანს-იზომერი. მაგალითად, ბუტ-2-ენის გეომეტრიული იზომერები ასე გამოიხატება:



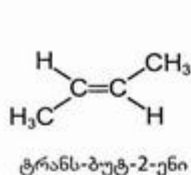
ცის-ბუტ-2-ენი



ცის-ბუტ-2-ენის მოლეკულის ბურთულურთავიანი მოდელი



ცის-ბუტ-2-ენის მოლეკულის მასშტაბური მოდელი



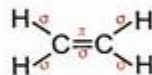
თუ ორმაგი ბმის წარმოქმნელ რომელიმე ნახშირბადატომთან დაკავშირებული ორივე ატომი ან ატომთა ჯგუფი ერთნაირია (მაგალითად, 2-მეთილპროპენი), მაშინ ასეთ ალკენს გეომეტრიული იზომერები არ გააჩნია.

პენტენის იზომერებიდან ცის-ტრანს იზომერია მხოლოდ პენტ-2-ენს ახასიათებს.

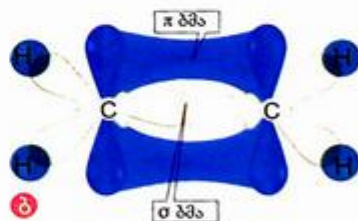
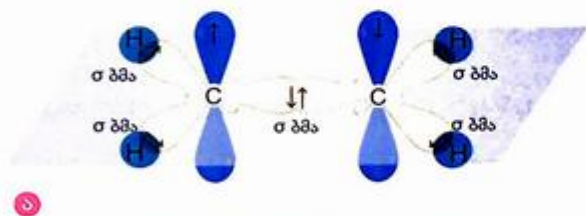
დანერეთ პენტენის იზომერები და დაასახელეთ საერთაშორისო ნომენკლატურით. დაასაბუთეთ, რატომ ახასიათებს ცის-ტრანს იზომერია მხოლოდ პენტ-2-ენს.

ეთილენის ელექტრონული აღნაგობა

ალკენების ელექტრონული აღნაგობა განვიხილოთ ეთილენის მაგალითზე (სურ. 2). მის მოლეკულაში თითოეული ნახშირბადატომი sp^2 -ჰიბრიდული ორბიტალებით წარმოქმნის სამ σ -ბმას, ერთს – ნახშირბადის და ორს – წყალბადის ატომებთან, ერთ სიბრტყეში, 120° -კუთხით. თითოეულ ნახშირბადატომს რჩება თითო p -ორბიტალი, რომელიც არ განიცდის ჰიბრიდიზაციას და ინარჩუნებს მოცულობით რვიანის ფორმას. ისინი განლაგდებიან σ -ბმების სიბრტყის მართობულად და გვერდული გადაფარვით სიბრტყის ზევით და ქვევით ნახშირბადატომებს შორის წარმოქმნიან მეორე ბმას – π -ბმას:



ეთილენის სტრუქტურული ფორმულა

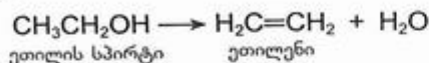


სურ. 2. ნახშირბადატომების ჰიბრიდიზაცია ეთილენში. σ და π ბმის წარმოქმნა

ამრიგად, ალკენებში ორმაგი ბმის წარმოქმნელ ნახშირბადატომებს შორის ერთი σ - და ერთი π -ბმაა. ამის გამო მანძილი ნახშირბადატომთა ბირთვებს შორის უფრო მცირეა (0,134 ნმ), ვიდრე ალკანებში (0,154 ნმ). მარტივი σ -ბმის ენერჯია 346 კჯ/მოლის ტოლია, ხოლო π -ბმისა – 256 კჯ/მოლი, რაც აიხსნება იმ ფაქტით, რომ p -ორბიტალების გვერდული გადაფარვა ნაკლები ხარისხით ხდება, ვიდრე გადაფარვა ატომბირთვების შემაერთებული წრფის გასწვრივ.

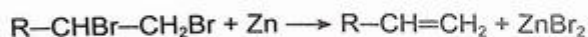
მიღება. ალკენები ქიმიურად საკმაოდ აქტიური ნივთიერებებია, რის გამოც ბუნებაში თავისუფალი სახით თითქმის არ გვხვდება. ალკანებისაგან განსხვავებით, ბუნებრივი აირისა და ნავთობის შედგენილობაში ისინი ძალიან მცირე რაოდენობით შედიან. ალკენების მიღება შეიძლება ნავთობის შემადგენელი ნახშირწყალბადების კრეკინგით, ასევე სინთეზური მეთოდებით:

1 ნაჯერი ერთატომიანი სპირტების შიგამოლეკულური დეჰიდრატაციით:

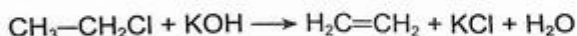


ლაბორატორიულ პირობებში ეთილის სპირტისა და კონცენტრირებული გოგირდმჟავას ნარევის აცხელებენ 170°C ტემპერატურაზე. წარმოებაში ტემპერატურა $300-350^\circ\text{C}$ აღწევს, კატალიზატორად კი ალუმინის ოქსიდი გამოყენებული.

2 ალკანების დიჰალოგენანარმებზე აქტიური მეტალების (Zn, Mg) მოქმედებით (დეჰალოგენირება):



3 ალკანების მონოჰალოგენანარმების ურთიერთქმედებით ტუტის სპირტსნართან (დეჰიდროჰალოგენირება):



წყალბადატომის მოწყვეტა უპირატესად ხორციელდება ყველაზე ნაკლებად ჰიდროგენიზებული ნახშირბადის ატომიდან (ზაიცევის წესი):



4 ალკანების დეჰიდრირებით მაღალ (300°C) ტემპერატურაზე, კატალიზატორის (Cr_2O_3) თანაობისას:



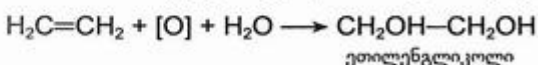
ფიზიკური თვისებები. ეთილენი უფერო, უსუნო აირია. მისი ჰომოლოგები, ბუტენის ჩათვლით, აირადი ნივთიერებებია. პენტენიდან ოქტადეცენის ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}$) ჩათვლით ყველა ალკენი სითხეა. ხოლო ნონადეცენიდან ($\text{C}_{19}\text{H}_{38}$) დანელებული – მყარი ნივთიერებები. აირად და მყარ ალკენებს სუნი არ აქვს, თხევადებს კი ნავთის სუნი აქვს. ისინი წყალში უხსნადი ნივთიერებებია, მაგრამ კარგად იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში.

ქიმიური თვისებები. ალკენების შედგენილობაში შედარებით სუსტი π-ბმის არსებობა განაპირობებს მათ მაღალ რეაქციისუნარიანობას. π ბმის განწყვეტის ხარჯზე ალკენები ადვილად შედიან უანგვის, მიერთებისა და პოლიმერიზაციის რეაქციაში.

1 ნვა. ალკანებისგან განსხვავებით, ალკენები იწვის მნათი ალით:



2 უანგვა. ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ალკენები ადვილად იჟანგებიან. ამასთან, უანგვას განიცდის ორმაგი ბმით დაკავშირებული ორივე ნახშირბადის ატომი. მაგალითად, ეთილენის გატარებისას კალიუმის პერმანგანატის წყალხსნარში, ხსნარის იისფერი შეფერილობა ქრება. ამ დროს ეთილენი იჟანგება კალიუმის პერმანგანატით და ორატომიანი სპირტი – ეთილენგლიკოლი წარმოიქმნება. თუ მუანგავს პირობითად აღვნიშნავთ უანგვადის ატომის სახით, რეაქციის ტოლობა ასე ჩაიწერება:



კალიუმის პერმანგანატის ხსნართან რეაქცია უჯერი ნახშირწყალბადების აღმომჩენ რეაქციად ითვლება.

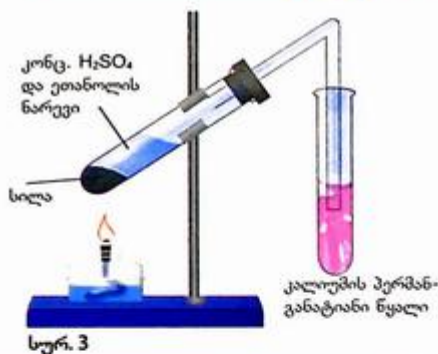
ექსპერიმენტი

აზრობრივი ექსპერიმენტი

1. წარმიდგინეთ, მოცემული გაქეთ სურათზე (სურ. 3) გამოსახული ნივთიერებები და ცდისთვის საჭირო მოწყობილობა.
2. აზრობრივად ჩაატარეთ შესაბამისი ცდა.
3. თქვენი აზრით, რა არის ამ ცდის ძირითადი მიზანი? ამ მიზნის მიღწევას როგორ დაასაბუთებთ?

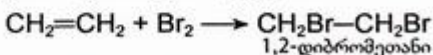
შეეცადეთ, აღწეროთ ცდა:

- ა) ეთილენის მიღება; ბ) ეთილენის უანგვა.
როგორ ფიქრობთ, რა როლს ასრულებს სილა?



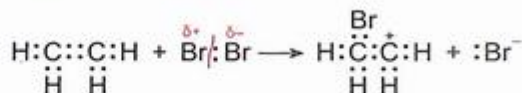
3 მიერთება

ა ჰალოგენის მიერთება. ალკენები ურთიერთქმედებს ჰალოგენებთან. თუ ეთილენს გავატარებთ მურა-მონითალო ფერის ბრომიან წყალში, ხსნარი გაუფერულდება ეთილენის ბრომთან მიერთების გამო. ანალოგიურად მიმდინარეობს რეაქციები ეთილენის პოპოლოგებთან, ამიტომ ბრომიანი წყლის გაუფერულდებაც უჯერი ნახშირწყალბადების აღმომჩენი რეაქციაა.

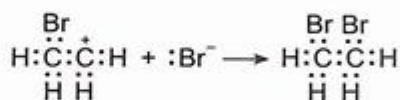


მიერთების რეაქციები მიმდინარეობს იონური მექანიზმით. მიერთების რეაქციის მექანიზმი განვიხილოთ ეთილენთან ბრომის ურთიერთქმედების მაგალითზე.

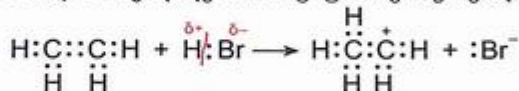
ბრომის არაპოლარული მოლეკულა ეთილენის მოლეკულასთან მიახლოებისას π -ბმის ელექტრონული ღრუბლის გავლენით პოლარიზდება, საერთო ელექტრონული წყვილი გადაინევს ერთ-ერთ ატომისაკენ. ბრომის პოლარიზებული მოლეკულის ნაწილობრივ დადებითი მუხტის მქონე ატომი π -ბმის წყვილის ხარჯზე უერთდება ერთ-ერთ ნახშირბადატომს, მეორე ნახშირბადის ატომი ელექტრონის დაკარგვის გამო იძენს დადებით მუხტს — წარმოიქმნება ნახშირბადის დადებითად დამუხტული იონი — კარბკატიონი:



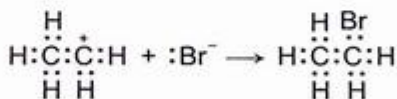
უარყოფითად დამუხტული ბრომის იონი უტყვევს კარბკატიონს, საკუთარი ელექტრონული წყვილის ხარჯზე უერთდება მას და წარმოიქმნება 1,2-დიბრომეთანის მოლეკულა:



ბ **ჰიდროჰალოგენირება.** ეთილენის ჰალოგენწყალბადთან ურთიერთქმედებაც იონური მექანიზმით ხორციელდება. რეაქციას იწყებს ნაწილობრივ დადებითი მუხტის მქონე წყალბადის ატომი:



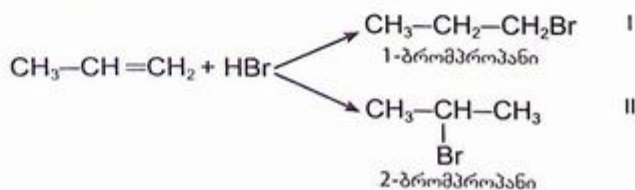
რეაქციის საბოლოო პროდუქტია ბრომეთანი:



ეთილენის ჰომოლოგების ჰიდროჰალოგენირება მიმდინარეობს მარკოვნიკოვის წესით, რომლის თანახმად:

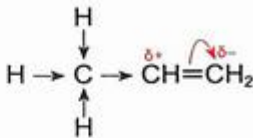
წყალბადი უერთდება უფრო მეტად ჰიდროგენიზებულ ნახშირბადის ატომს, ხოლო ჰალოგენი — ნაკლებად ჰიდროგენიზებულ ნახშირბადის ატომს.

მაგალითად, პროპენის ურთიერთქმედებისას ბრომწყალბადთან შეიძლება მივიღოთ ორი პროდუქტი:



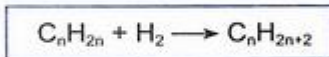
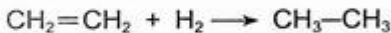
მარკოვნიკოვმა დაადგინა, რომ რეაქცია უპირატესად მეორე მიმართულებით – 2-ბრომპროპანის წარმოქმნით მიმდინარეობს. ეს ფაქტი შეიძლება აიხსნას მეთილის რადიკალის გავლენით ორმაგ ბმაზე.

მეთილის რადიკალს (ალკილის რადიკალს) ახასიათებს ელექტრონდონორული ბუნება, ე. ი. ელექტრონული სიმკვრივის თავისგან განზიდვის უნარი. ელექტრონული სიმკვრივის გადანაწილება პროპენის მოლეკულაში სქემატურად ასე გამოისახება:



ელექტრონული სიმკვრივის ასეთი განაწილება ხელს უწყობს ნაწილობრივ დადებითი მუხტის მქონე წყალბადის ატომს, რომ შეტევა განახორციელოს განაპირა, უფრო მეტად ჰიდროგენიზებულ ნახშირბადატომზე.

8 ჰიდრირება. კატალიზატორის (Ni, Pt, Pd) თანაობისას ალკენებში იერთებენ წყალბადს შესაბამისი ალკანების წარმოქმნით:



ექსპერიმენტი



ექსპერიმენტის მიზანი: ალკენების მიღება ალკანებიდან

1. თერმომედეგ მინის სინჯარაში მოათავსეთ თეთრი პარაფინის სანთლის რამდენიმე ნაჭერი. სინჯარას დაახურეთ საცობი აირგამტარი მილით, რომლის მოხრილი ღია ბოლო ჩაშვებულია ბრომიანი წყლით შევსებულ სინჯარაში (სურ. 4).

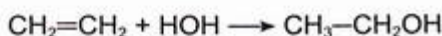
2. სპირტქურის ალზე გაახურეთ პარაფინიანი სინჯარა.

დააკვირდით, რა პროცესი მიმდინარეობს. გაანალიზეთ შედეგი და მიეცით დასაბუთებული ახსნა.

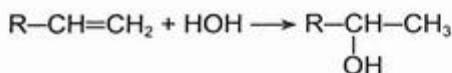


სურ. 4

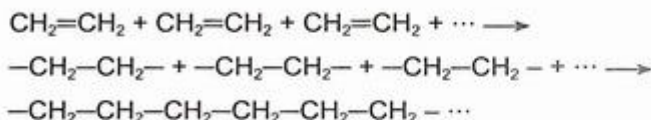
9 ჰიდრატაცია. ალკენები გოგირდმყავას (კატალიზატორი) თანაობისას ურთიერთქმედებს წყალთან სპირტების წარმოქმნით:



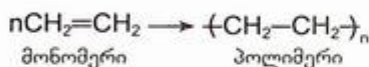
ეთილენის ჰომოლოგების ჰიდრატაცია მარკოვნიკოვის წესით ხორციელდება:



4 პოლიმერიზაცია. სათანადო პირობებში (მაღალ ტემპერატურა-სა და წნევაზე) ეთილენის მოლეკულები ერთმანეთს უერთდება გრძელი ჯაჭვური მოლეკულების წარმოქმნით:



რეაქციის საბოლოო პროდუქტია პოლიეთილენი:



ერთნაირი მოლეკულების უფრო დიდ მოლეკულებად გაერთიანების პროცესს **პოლიმერიზაციის რეაქცია** ეწოდება, მიღებულ მაღალმოლეკულურ ნაერთს კი - **პოლიმერი**.

გამოყენება. ეთილენსა და პროპილენს იყენებენ ნედლეულად ქიმიურ მრეწველობაში სხვა ქიმიური ნივთიერებების მისაღებად. ამისათვის მას გამოყოფენ ნავთობის კრეკინგის დროს წარმოქმნილი აირიდან.

ეთილენი აქვეითებს მგრძნობელობას, რის გამოც ერთ ხანს გამოიყენებოდა ნარკოზად ოპერაციების დროს.

ეთილენი აჩქარებს ნაყოფის დამწიფებას. ამ თვისებამ პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვა (სურ. 5). ეთილენისა და პროპილენის პოლიმერიზაციით მიღებულ პოლიეთილენსა და პოლიპროპილენს იყენებენ

სხვადასხვა ნაკეთობებისა და პროდუქტების შესაფუთად, ელექტროსადენების საიზოლაციოდ, საყოფაცხოვრებო საგნების, წყალსადენი მილების, მეთავა- და ტუტეგამძლე დეტალებისა და ჭურჭლის დასამზადებლად.



სურ. 5. ეთილენის გამოყენება მწარმოებლებს საშუალებას აძლევს ხილისა და ბოსტნეულის მოსავალი აიღონ დამწიფებამდე.

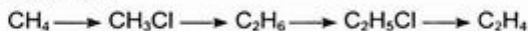


გაიაზრეთ

1. შეადგინეთ სტრუქტურული ფორმულა ნახშირწყალბადისა, რომლის სახელწოდებაც 2,4,4-ტრიმეთილპენტ-2-ენი.
2. შეადგინეთ სტრუქტურული ფორმულა ნაერთისა, რომლის სახელწოდებაც 4-ეთილ-5,5-დიმეთილპექს-2-ენი.
3. იზომერიის რა სახეებს ხვდებით ეთილენის რიგის ნახშირწყალბადებში? ახსენით მიზეზი.
4. ახსენით, რატომ არ შეუძლია ორმაგი ბმის წარმოქმნელ ნახშირბადატომებს თავისუფალი ბრუნვა π -ბმის განწყვეტის გარეშე.
5. შეიცვლება თუ არა ნახშირბადის პიბრიდიზაციის ტიპი და ნაერთის სივრცითი აღნაგობა ეთილენის პიდრიზებისას?

შეასრულეთ

1. დაწერეთ 3,3,3-ტრიფთორპროპენთან ბრომწყალბადის ურთიერთქმედების რეაქციის ტოლობა. ახსენით ამ რეაქციის მექანიზმი.
2. განახორციელეთ გარდაქმნები:



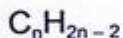
3. დაწერეთ სტრუქტურული ფორმულა ნაერთისა, რომელიც მიიღება იზობუტილენთან ქლორწყალბადის მიერთების შედეგად. დაასახელეთ წარმოქმნილი ნაერთი.
4. განახორციელეთ გარდაქმნები:



დაწერეთ შესაბამისი რეაქციათა ტოლობები პირობების მითითებით.

როგორი აღნაგობა ექნება მიღებულ ნახშირწყალბადს?

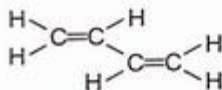
5. შეადგინეთ პროპენის პოლიმერიზაციის რეაქციის ტოლობა.
6. როგორია ეთილენის პომოლოგის მოლეკულური მასა და მოლეკულური ფორმულა, თუ ცნობილია, რომ მის 4,2 გრამს შეუძლია მიერთოს 16 გ ბრომი.
7. რომელი რიგის ნახშირწყალბადებია ეთილენური ნახშირწყალბადების კლასთაშორისი იზომერები?



ალკადიენების
ზოგადი ფორმულა



მოლეკულური ფორმულა



სტრუქტურული ფორმულა



ბურთულ-ლეროვანი მოდელი



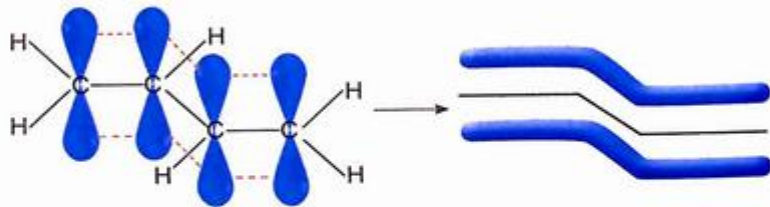
მასშტაბური მოდელი

სურ. 1. დიენილის
მოლეკულის აღნაგობა

ალკადიენები უჯერი ნახშირწყალბადებია, რომელთა მოლეკულების შედგენილობაში **ორი ორმაგი ბმაა**. მათი ზოგადი ფორმულაა C_nH_{2n-2} .

ალკადიენებში ორმაგი ბმები შეიძლება განლაგებული იყოს მიმდევრობით ან გამოყოფილი ერთმანეთისაგან ერთი ან რამდენიმე მარტივი ბმით. პრაქტიკული თვალსაზრისით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ისეთი დიენური ნახშირწყალბადები, რომელთა მოლეკულებში ორმაგი ბმები დაცილებულია ერთმანეთისაგან ერთი მარტივი ბმით. ასეთ ნახშირწყალბადებს შეუღლებულ დიენურ ნახშირწყალბადებს უწოდებენ.

აღნაგობა. შეუღლებული დიენური ნახშირწყალბადების უმარტივესი წარმომადგენელია **დიენილი** (ბუტა-1,3-დიენი). მასში ყველა ნახშირბადატომი sp^2 -ჰიბრიდული ორბიტალებით წარმოქმნის სამ σ -ბმას ერთ სიბრტყეში. თითოეული მათგანის მეოთხე არა-ჰიბრიდული p -ორბიტალი განლაგებულია σ -ბმების სიბრტყის პერპენდიკულარულად და გვერდული გადაფარვით წარმოქმნიან π -ბმებს (სურ. 2). მაგრამ ერთმანეთს გადაფარავს არა მარტო პირველი და მეორე, მესამე და მეოთხე ნახშირბადატომების p -ორბიტალებიც, არამედ მეორე და მესამე ნახშირბადატომთა p -ორბიტალებიც, რის გამოც ხდება ორმაგი ბმების ერთმანეთთან დაკავშირება – **შეუღლება**. წარმოიქმნება **ერთიანი დელოკალიზებული** (ოთხივე ნახშირბადის ატომზე გადანაწილებული) π -სისტემა.



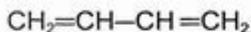
სურ. 2. დიენილის ერთიანი π -სისტემის წარმოქმნა

ნომენკლატურა. ალკადიენებისათვის დამახასიათებელია იზომერიის იგივე სახეები, რაც ალკენებისათვის:

- 1) ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერია;
- 2) ორმაგი ბმების მდებარეობის იზომერია;
- 3) გეომეტრიული (ცის-ტრანს) იზომერია.

ალკადიენების მთავარი ჯაჭვი აუცილებლად უნდა შეიცავდეს ორივე ორმაგ ბმას. ჯაჭვის დანომვრას კი ისე ვახდენთ, რომ ორმაგი ბმების მდებარეობის აღმნიშვნელი ლოკანტების ჯამი იყოს მინიმალური. ამ ნაერთების დასახელებისას შესაბამისი ალკანის სახელწოდებას ემატება სუფიქსი „დიენი“, ამასთან, აუცილებლად მიეთითება ორმაგი ბმების მდებარეობის ლოკანტები სუფიქს „დიენის“ წინ.

ალკადიენების განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი წარმომადგენლებია:

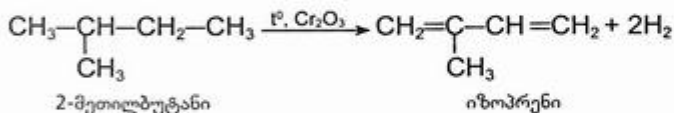
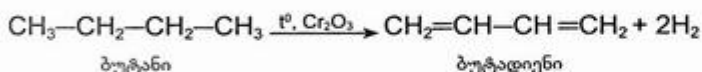


ბუტა-1,3-დიენი
ანუ დიენილი

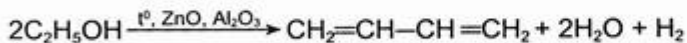


2-მეთილბუტა-1,3-დიენი
ანუ იზოპრენი

მიღება. ალკადიენების მიღების ძირითადი სამრეწველო ხერხია ალკანების დეჰიდრირება. მაგალითად, დიენილს ლებულობენ ბუტანიდან, ხოლო იზოპრენს – 2-მეთილბუტანიდან:



დიენილი შეიძლება მივიღოთ ეთილის სპირტის ერთდროული დეჰიდრირებითა და დეჰიდრატაციით (ლებედევის რეაქცია):



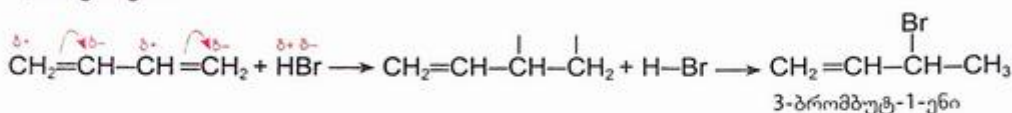
ფიზიკური თვისებები. ბუტა-1,3-დიენი ჩვეულებრივ პირობებში აირია, თხევადდება $-4,5^\circ\text{C}$ ტემპერატურაზე. 2-მეთილბუტა-1,3-დიენი (იზოპრენი) აქროლადი სითხეა, დულს $34,1^\circ\text{C}$ ტემპერატურაზე.

ქიმიური თვისებები

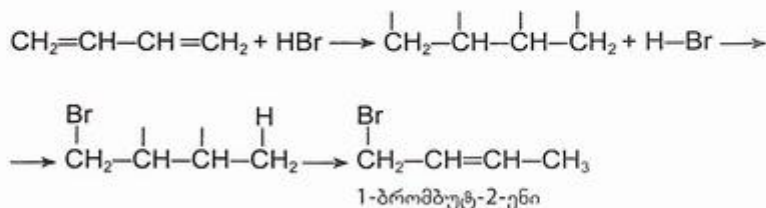
1 ალკადიენებისათვის დამახასიათებელია მიერთების რეაქციები, რომლებიც ალკენების ანალოგიურად, იონური მექანიზმით მიმდინარეობს. მაგრამ აღსანიშნავია, რომ შეუღლებულ

ალკადიენებში რეაგენტის მიერთება შეიძლება წავიდეს ან ერთ-ერთ ორმაგ ბმასთან (1,2-მიერთება), ან მოლეკულის თავსა და ბოლოში (1,4-მიერთება). მაგალითად, დივინილის ბრომწყალბადთან ურთიერთქმედება შეიძლება ორი მიმართულებით წარიმართოს:

1,2-მიერთება:

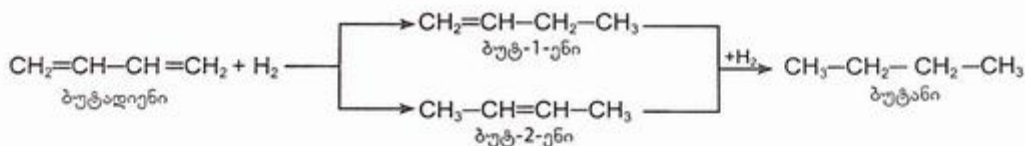


1,4-მიერთება:

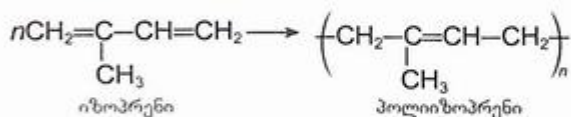


რეაქციის პირობებისა და რეაგენტების შერჩევით შესაძლებელია პროცესის სასურველი მიმართულებით წარიმართვა.

2 კატალიზატორის (Ni) თანაობისას ალკადიენების ჰიდრირებით წარმოიქმნება ალკენები ან ალკანები. მაგალითად, დივინილის ჰიდრირების საბოლოო პროდუქტია ბუტანი:



3 ალკადიენებისათვის დამახასიათებელია პოლიმერიზაციის რეაქციები. ამ რეაქციებს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რადგანაც შეუღლებული ალკადიენები გამოიყენება მონომერებად კაუჩუკის სინთეზში:



ბაიზრკი

1. მოიყვანეთ C_5H_8 შედგენილობის ალკადიენების ყველა შესაძლო იზომერის აღნაგობის ფორმულები.
2. დანერეთ 2-მეთილბუტა-1,3-დიენის ჰიდრირების რეაქციები.
3. დანერეთ იზოპრენის წვის რეაქცია.

11. ალკინები

სამმაგი ბმის შემცველ უჯერ ნახშირწყალბადებს საერთაშორისო ნომენკლატურით ალკინები ეწოდება. მათი ზოგადი ფორმულაა C_nH_{2n-2} .

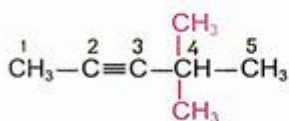
ალკინების უმარტივესი წარმომადგენელია აცეტილენი (სურ. 1). ამ რიგის ნახშირწყალბადებს აცეტილენური რიგის ნახშირწყალბადებსაც უწოდებენ.

ალკინების ნომენკლატურა იმავე პრინციპებს ემყარება, რასაც ალკენების ნომენკლატურა. საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით მათი სახელწოდება წარმოდგება შესაბამისი ნაჯერი ნახშირწყალბადების სახელწოდებისაგან დაბოლოება „ან“-ის „ინ“-ით შეცვლით.

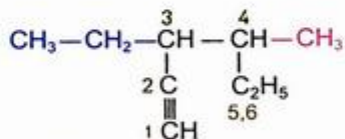
ცხრილი 1. ალკინების პომოლოგიური რიგი

მოლეკულური ფორმულა	სტრუქტურული ფორმულა	სახელწოდება	$t_{\text{ლ}}^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{მ}}^{\circ}\text{C}$
C_2H_2	$CH\equiv CH$	ეთინი	-81,8 (0,13 მპა)	-83,6
C_3H_4	$CH\equiv C-CH_3$	პროპინი	-104,7	-23,3
C_4H_6	$CH\equiv C-CH_2-CH_3$	ბუტ-1-ინი	-130	-8,6
	$CH_3-C\equiv C-CH_3$	ბუტ-2-ინი	-32,3	27,2
C_5H_8	$CH\equiv C-CH_2-CH_2-CH_3$	პენტ-1-ინი	-95	40

დავასახელოთ ალკინი საერთაშორისო ნომენკლატურით:

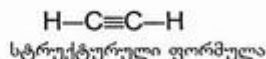
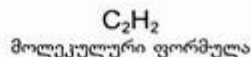
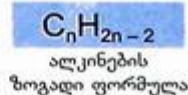
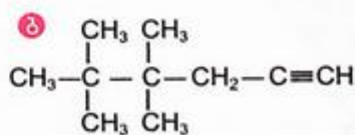
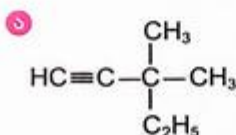


4,4-დიმეთილპენტ-2-ინი



3-ეთილ-4-მეთილ-პექს-1-ინი

დაასახელოთ საერთაშორისო ნომენკლატურით.



აცეტილენის მოლეკულის ბურთულ-ღეროვანი მოდელი

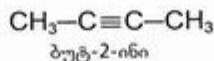
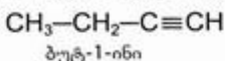


აცეტილენის მოლეკულის მასშტაბური მოდელი

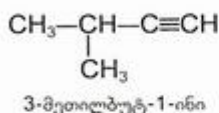
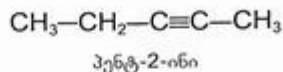
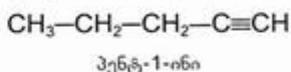
სურ. 1. აცეტილენის აღნაგობა

ამ რიგის ნახშირწყალბადებში გვხვდება სტრუქტურული იზომერიის სახეები — ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერია და სამმაგი ბმის მდებარეობის იზომერია.

იზომერია იწყება ბუტინიდან:



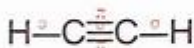
პენტინის იზომერებია:



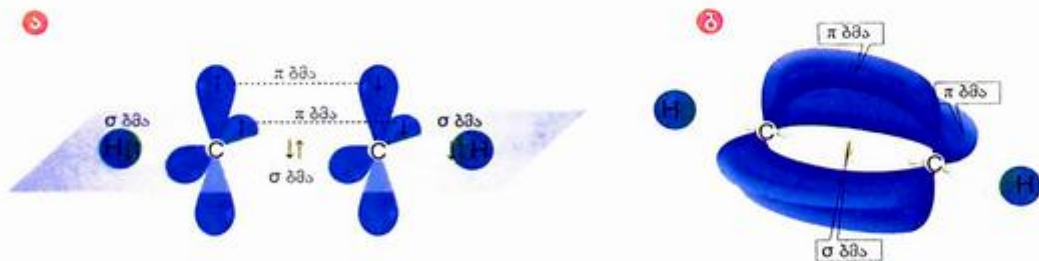
ალკინების კლასთაშორისი იზომერებია ალკადიენები.

აცეტილენი

ელექტრონული აღნაგობა. აცეტილენის მოლეკულაში თითოეული ნახშირბადის ატომი sp -ჰიბრიდული ორბიტალით წარმოქმნის ორ კოვალენტურ σ -ბმას ნახშირბადის და წყალბადის ატომებთან ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით, ერთმანეთის მიმართ 180° -ით. ნახშირბადის დარჩენილი ორი არაჰიბრიდული p -ორბიტალის გვერდული გადაფარვით მეორე ნახშირბადატომის ასეთივე p -ორბიტალებთან ურთიერთმიმართებულ სიბრტყეში წარმოიქმნება ორი π -ბმა (სურ. 2).



აცეტილენის სტრუქტურული ფორმულა



სურ. 2. σ - და π -ბმების წარმოქმნა აცეტილენის მოლეკულაში

ამრიგად, აცეტილენში ნახშირბადატომებს შორის ერთი σ - და ორი π -ბმაა. sp ჰიბრიდიზაციაში s -ორბიტალის წილის გარდა, sp^2 -თან შედარებით, ჰიბრიდული ორბიტალის რადიუსის შემცირებასა და ნახშირბადატომებს შორის გვერდული გადაფარვის გაძლიერებას იწვევს. შედეგად, აცეტილენში ნახშირბადატომებს შორის ბმის სიგრძე, ეთილენთან შედარებით, მცირდება და 0,120 ნმ ხდება.

მიღება. აცეტილენი შეიძლება მივიღოთ ჩვეულებრივ პირობებში კალციუმის კარბიდზე წყლის მოქმედებით (სურ. 3):

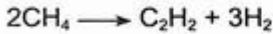


კალციუმის კარბიდი კი მიიღება კირისა და კოქსის გახურებით 2000°C ტემპერატურაზე ელექტროლუმელში:



კარბიდიდან აცეტილენის მიღება ყველაზე ძველი სამრეწველო მეთოდია.

უკანასკნელ წლებში აცეტილენს ლეზულობენ ბუნებრივი აირიდან (მეთანიდან). მაღალ ტემპერატურაზე გახურებისას ერთ-ერთ შუალედურ პროდუქტად მიიღება აცეტილენი:



აღნიშნული პროცესის დროს საჭიროა შუალედურ სტადიაზე აცეტილენის გამოყოფა, რათა არ მოხდეს მისი შემდგომი დაშლა ნახშირბადად და წყალბადად. ამ მიზნით რეაქტორში დიდი სიჩქარით შეაქვთ ჟანგბადისა და მეთანის ცხელი ნარევი (შეფარდებით 1:2). ამ დროს მეთანის ერთი ნაწილი იწვის, რის შედეგადაც რეაქტორში მყარდება 1500°C ტემპერატურა. ამ ტემპერატურაზე მეორე ნაწილი იშლება აცეტილენად და წყალბადად. აცეტილენის შემდგომი დაშლის თავიდან აცილების მიზნით სარეაქციო არიდან პროდუქტები სწრაფად გამოაქვთ და წყლით აცივებენ (წყლით რეცხვისას ნარევეს მური სცილდება), შემდეგ კი ახდენენ აცეტილენის გამოყოფას მიღებული აირადი ნარევიდან.

ფიზიკური თვისებები. აცეტილენი უფერო, ჰაერზე მსუბუქი და წყალში მცირედხსნადი აირია. მას სუნი თითქმის არა აქვს.

ქიმიური თვისებები. აცეტილენში, ეთილენის მსგავსად, π -ბმების განწყვეტის ხარჯზე მიმდინარეობს ჟანგვის, მიერთებისა და პოლიმერიზაციის რეაქციები. ეთილენისაგან განსხვავებით, მიერთების რეაქციები აცეტილენში ორ სტადიად ხორციელდება, ჯერ წყდება ერთი π -ბმა, შემდეგ – მეორე. მიერთების რეაქციის მექანიზმი ისეთივეა, როგორც ეთილენში – იონური.

აცეტილენი კიდევ უფრო უჯერი ნაერთია, ვიდრე ეთილენი. ამიტომ, ერთი შეხედვით, ის უფრო ადვილად უნდა შედიოდეს მიერთების რეაქციებში. მაგრამ მიერთების რეაქციები აცეტილენში უფრო ძნელად მიმდინარეობს, რადგან π -ბმა აცეტილენში, ეთილენთან შედარებით, უფრო მდგრადია.

1 წვა. აცეტილენი ჰაერზე იწვის ჭვარტლიანი ალით, მაგრამ თუ წვის არეში დამატებით შევიტანთ ჟანგბადით გამდიდრებულ ჰაერს ან აცეტილენს დაწვავთ სუფთა ჟანგბადში, ჭვარტლიანი ალი კაშკაშა ალით შეიცვლება (სურ.4):

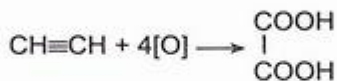


სურ. 3. კალციუმის კარბიდი მყისიერად რეაგირებს წყალთან დიდი რაოდენობის სითბოს გამოყოფით. თუ წყალი არასაკმარისია, მიღებული აცეტილენი სპონტანურად ალდება.



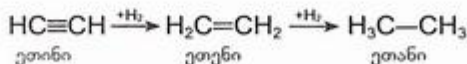
სურ. 4. აცეტილენის წვა

- 2** **ჟანგვა.** თუ აცეტილენს გავატარებთ კალიუმის პერმანგანატის ხსნარში, ხსნარის იისფერი შეფერილობა გაქრება (რეაქცია უჯერი ნახშირწყალბადების აღმომჩენია). ამ დროს ჟანგვის სხვა პროდუქტებთან ერთად მიიღება მჟაუნმჟავა:



3 მიერთება

- ა ჰიდრირება.** აცეტილენი კატალიზატორის (Ni, Pt) თანაობისას იერთებს წყალბადს:



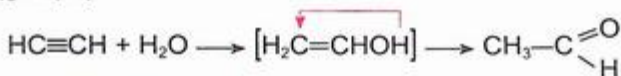
- ბ ჰალოგენის მიერთება.** აცეტილენის ბრომიან წყალში გატარებისას, ხსნარი უფერულდება (ეს რეაქციაც უჯერი ნახშირწყალბადების აღმომჩენია):



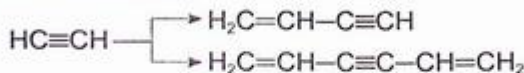
- გ ჰიდროჰალოგენირება.** ჰალოგენწყალბადის მიერთება აცეტილენში მარკოვნიკოვის წესით მიმდინარეობს:



- დ ჰიდრატაცია.** ვერცხლისწყალ(II)-ის მარილების თანაობისას აცეტილენი რეაქციაში შედის წყალთან. ეს რეაქცია აღმოაჩინა რუსმა ქიმიკოსმა გ. კუჩეროვმა 1881 წელს და ცნობილია კუჩეროვის რეაქციის სახელწოდებით. რეაქციის პირველ საფეხურზე წარმოიქმნება ვინილის სპირტი, რომელშიც ჰიდროქსილის ჯგუფი დაკავშირებულია ორმაგბმთან ნახშირბადატომთან. ასეთი უჯერი სპირტი არამდგრადია, სწრაფად იზომერიზდება ალდეჰიდად:



- 4 დი- და ტრიმერიზაცია.** აცეტილენისთვის დამახასიათებელია დიმერიზაციის და ტრიმერიზაციის რეაქციები. სპილენძ(II) ქლორიდის თანაობისას აცეტილენის დიმერიზაციით მიიღება ვინილაცეტილენი, ხოლო ტრიმერიზაციით — დივინილაცეტილენი:



აცეტილენის გატარებისას გააქტივებულ ნახშირზე 650°C ტემპერატურაზე წარმოიქმნება ბენზოლი:



- 5 ჩანაცვლება.** აცეტილენის მოლეკულაში სამმაგი ბმის გავლენით წყალბადის ატომების ბმა ნახშირბადატომებთან შესუსტებულია, ისინი მოძრავია და იძენენ მეტალის ატომებით ჩანაცვლების უნარს. თუ აცეტილენს გავა-

ტარებთ ვერცხლის ოქსიდის ამიაკიან ხსნარში, გამოილეკება თეთრი ფერის ვერცხლის აცეტილენიდი:



ვერცხლის ოქსიდის ამიაკიანი ხსნარი შეიცავს კომპლექსურ ნაერთს $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, რომელსაც სიმარტივისათვის გამოვსახავთ ოქსიდის სახით.

ამ რეაქციით განასხვავებენ აცეტილენს ეთილენისაგან. რეაქცია დამახასიათებელია აცეტილენის ნებისმიერი ჰომოლოგისთვისაც, რომელშიც სამმაგი ბმა ჯაჭვის დასაწყისშია.

გამოყენება. აცეტილენის წვისას ჟანგბადის არეში ალის ტემპერატურა 3000°C -ს აღწევს, რის გამოც იყენებენ მეტალთა ავტოგენური შედუღებისა და ჭრის დროს (სურ. 5). აცეტილენის ქლორნანარმები საუკეთესო გამსხნელებია. აცეტილენს იყენებენ, აგრეთვე, ძმარმჟავას, ეთილის სპირტის მისაღებად და სხვ.

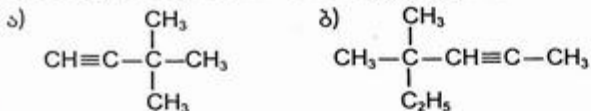
აცეტილენი და მისი შემცველი ნარევები ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში, რადგან ეს აირი იძლევა წვის მაღალ ტემპერატურას. მისი გამოყენება ეკონომიკურად მომგებიანი და ხელმისაწვდომია სანარმოების უმეტესობისთვის. აცეტილენი ერთ-ერთი ყველაზე მოთხოვნილი ნივთიერებაა, მიუხედავად იმისა, რომ სახიფათოა – შეუძლია წვა და აფეთქება ჟანგბადისა და სხვა მჟანგავების არარსებობის შემთხვევაშიც.



სურ. 5. აცეტილენის გამოყენება ავტოგენური შედუღებისას.

ბაიზრამი

1. დაასახელეთ საერთაშორისო ნომენკლატურით:

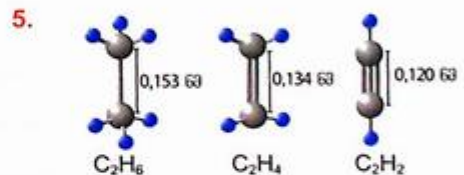


- შესაძლებელია თუ არა ალკინებისათვის გეომეტრიული იზომერების არსებობა? პასუხი დაასაბუთეთ.
- რამდენ σ - და π ბმებს შეიცავს აცეტილენის მოლეკულა?
- როგორ ხსნის ელექტრონული აღნაგობის თეორია აცეტილენის მოლეკულის ხაზოვან აღნაგობას?

შეასრულეთ

- რა აქვთ საერთო და რით განსხვავდება აცეტილენი ეთილენისაგან? პასუხი გამოსახეთ დიაგრამით.
- დანერეთ აცეტილენისაგან ტეტრაბრომეთანის ნარმოქმნის რეაქციის ტოლობა.
- მოიფიქრეთ, აცეტილენისაგან როგორ მივიღოთ ბრომეთანი. პასუხი დაასაბუთეთ რეაქციათა ტოლობებით.
- განახორციელეთ გარდაქმნები:
 $\text{CaO} \rightarrow ? \rightarrow ? \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_2$

დაასახელეთ ნარმოქმნილი ნაერთი და მიუთითეთ, რამდენი იზომერის სახით შეიძლება იგი არსებობდეს?



მოყვანილ რიგში

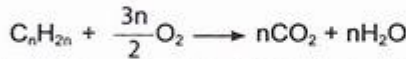
- რატომ იცვლება C-C ბმის სიგრძე?
- როგორ იცვლება C-H ბმის ძვრადობა – უსტდება, ძლიერდება თუ უცვლელი რჩება? ახსენით მიზეზი.

შიპური ამოცანების ამოხსნა

ამოცანა 1

5 მლ ეთილენის რიგის ნახშირწყალბადი შეურიეს 22,5 მლ ჟანგბადს და ააფეთქეს. მიიღეს მხოლოდ წვის აირადი პროდუქტები. ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდისა და წყლის ორთქლის მოცილების შემდეგ დარჩენილი აირი შეურიეს 15 მლ ჟანგბადს და კვლავ ააფეთქეს. ნარმოქმნილ აირთა ნარევიდან ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდისა და წყლის ორთქლის მოცილების შემდეგ დარჩა სუფთა ჟანგბადი. დაადგინეთ ნახშირბადწყალბადის მოლეკულური ფორმულა და დაწერეთ მისი შესაძლო იზომერების აღნაგობის ფორმულები.

ამოხსნა:



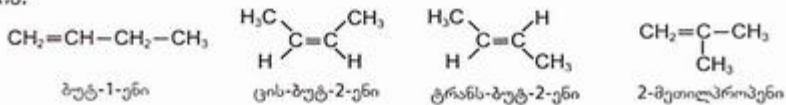
წვის რეაქციის ტოლობიდან გამომდინარე, 5 მლ ეთილენის რიგის ნახშირწყალბადის ნვანუ დაიხარჯება $5 \cdot \frac{3n}{2}$ მლ ჟანგბადი.

ამოცანის პირობის თანახმად 22,5 მლ O_2 არ არის საკმარისი 5 მლ C_nH_{2n} -ის დასანვად, $22,5 + 15 = 37,5$ მლ კი — ჭარბია. ვადგენთ უტოლობას:

$$22,5 < \frac{15n}{2} < 37,5$$

$$3 < n < 5 \quad | \quad n = 4$$

ე.ი. ეთილენის რიგის ნახშირწყალბადის მოლეკულური ფორმულაა C_4H_8 (ბუტენი). მისი იზომერებია:

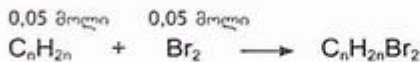


ამოცანა 2

დაადგინეთ ალკენის აღნაგობა, თუ მისი 2,8 გ იერთებს 8 გ ბრომს, ხოლო კალიუმის პერმანგანატით დაჟანგვისას ნარმოქმნის სიმეტრიული აღნაგობის ორატომიან სპირტს.

ამოხსნა:

$$n(Br_2) = \frac{8 \text{ გ}}{160 \text{ გ/მოლი}} = 0,05 \text{ მოლი}$$



$$n(C_nH_{2n}) = n(Br_2) = 0,05 \text{ მოლი}$$

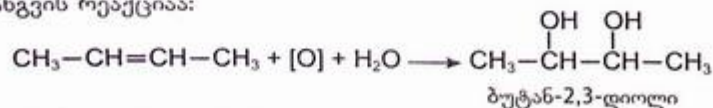
$$M(C_nH_{2n}) = \frac{2,8 \text{ გ}}{0,05 \text{ მოლი}} = 56 \text{ გ/მოლი}$$

$$14n = 56 \quad | \quad n = 4 \quad \text{ე.ი. } C_4H_8 \text{ (ბუტენი)}$$

რადგან ბუტენი კალიუმის პერმანგანატით დაჟანგვისას ნარმოქმნის სიმეტრიული აღნაგობის ორატომიან სპირტს, მისი აღნაგობაა:



ხოლო ჟანგვის რეაქციაა:



ამოცანა 3

აცეტილენის გატარებისას ვერცხლის ოქსიდის ამიაკიან ხსნარში წარმოიქმნება ფეთქებადი ნივთიერება, რომელიც წყალბადს არ შეიცავს. რა მოცულობის (ნ.პ.) აცეტილენი დაიხარჯება 24 გ რეაქციის პროდუქტის მისაღებად, თუ პროდუქტის გამოსავალი თეორიულთან შედარებით შეადგენს 80%-ს.

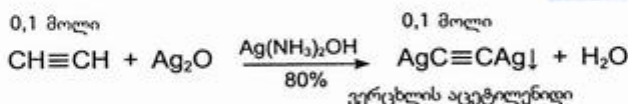
ამოხსნა:

აცეტილენის გატარებისას ვერცხლის ოქსიდის ამიაკიან ხსნარში მიიღება ფეთქებადი ნივთიერება — ვერცხლის აცეტილენიდი, რომელიც წყალბადს არ შეიცავს.

$$M(\text{Ag}_2\text{C}_2) = 240 \text{ გ/მოლი}$$

$$\eta = \frac{n_{\text{პრაქტ}}}{n_{\text{თეორ}}}$$

$$n_{\text{თეორ}} = \frac{n_{\text{პრაქტ}}}{\eta}$$



$$n(\text{Ag}_2\text{C}_2) = \frac{24 \text{ გ}}{240 \text{ გ/მოლი}} = 0,1 \text{ მოლი}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_2) = n(\text{Ag}_2\text{C}_2) = 0,1 \text{ მოლი}$$

0,1 მოლი ვერცხლის აცეტილენიდის მისაღებად, ტოლობის მიხედვით, დაიხარჯა 0,1 მოლი C_2H_2 . რადგან რეაქცია წარიმართა 80% გამოსავლით, რეაქციისთვის უნდა აიღონ (თეორიულად):

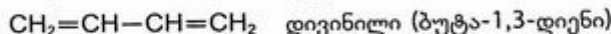
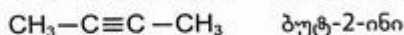
$$n_{\text{თეორ}}(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{0,1}{0,8} = 0,125 \text{ მოლი}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,125 \text{ მოლი} \cdot 22,4 \text{ ლ/მოლი} = 2,8 \text{ ლ}$$

ამოცანა 4

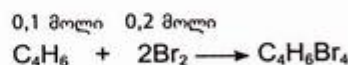
რა მასის ტეტრაქლორმეთანში გახსნილი ბრომის 5%-იანი ხსნარი შევა რეაქციაში ბუტ-1-ინის, ბუტ-2-ინისა და დივინილის 5,4 გ ნარევთან?

ამოხსნა:



მოყვანილი უჯერი ნახშირწყალბადები ერთმანეთის იზომერებია, მათი მოლეკულური ფორმულაა C_4H_6 .

$$n(\text{C}_4\text{H}_6) = \frac{5,4 \text{ გ}}{54 \text{ გ/მოლი}} = 0,1 \text{ მოლი}$$



$$n(\text{Br}_2) = 0,2 \text{ მოლი}$$

$$m(\text{Br}_2) = 0,2 \text{ მოლი} \cdot 160 \text{ გ/მოლი} = 32 \text{ გ}$$

$$32 \text{ გ ბრომს შეიცავს: } m_{\text{ბ.}} = \frac{32 \cdot 100}{5} = 640 \text{ გ } 5\%-იანი \text{ ხსნარი.}$$

$$M(\text{C}_4\text{H}_6) = 54 \text{ გ/მოლი}$$

$$M(\text{Br}_2) = 160 \text{ გ/მოლი}$$

$$\omega(x) = \frac{m(x)}{m_{\text{ბ.}}} \cdot 100\%$$

$$m_{\text{ბ.}} = \frac{m(x)}{\omega(x)} \cdot 100\%$$

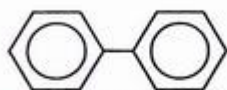


ბენზოლი

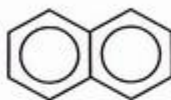
ნახშირწყალბადებს, რომელთა მოლეკულები შეიცავს ერთ ან რამდენიმე ბენზოლის ბირთვს, არომატული ნახშირწყალბადები ეწოდება.

ბენზოლის ბირთვის რიცხვის მიხედვით განასხვავებენ მონოციკლურ და პოლიციკლურ – ორი, სამი და მეტი ბენზოლის ბირთვის შემცველ ნახშირწყალბადებს.

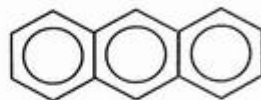
მაგალითად:



ა ბიფენილი



ბ ნაფთალინი



გ ანტრაცენი

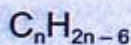
რატომ ეწოდათ ბენზოლის ბირთვის შემცველ ნაერთებს არომატული ნახშირწყალბადები?

არომატული უწოდეს იმის გამო, რომ მათ თავდაპირველად აღმოჩენილ წარმომადგენლებს, რომელთა გამოყოფა მოხერხდა არომატული ბალზამებიდან და ბუნებრივი წარმოშობის სხვა სურნელოვანი ნივთიერებებიდან, ჰქონდა სასიამოვნო სუნი. ამჟამად ცნობილია მათი მსგავსი მრავალი ნივთიერება, რომელთაც არასასიამოვნო სუნი აქვთ, მაგრამ ისტორიული სახელწოდება დღემდე შემორჩათ.

საერთაშორისო ნომენკლატურით არომატულ ნახშირწყალბადებს არენებს უწოდებენ.

ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები

უმარტივეს არენებს მიეკუთვნება ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები ფორმულით C_nH_{2n-6} .



ბენზოლის ჰომოლოგების ზოგადი ფორმულა

ცხრილი 1. ბენზოლის ჰომოლოგიური რიგი

სახელწოდება	ფორმულა	$t_{\text{მ.}}^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{დ.}}^{\circ}\text{C}$
ბენზოლი	C_6H_6	5,5	80
მეთილბენზოლი	$C_6H_5-CH_3$	-95	110
ეთილბენზოლი	$C_6H_5-CH_2-CH_3$	-95	136
პროპილბენზოლი	$C_6H_5-CH_2-CH_2-CH_3$	-99	159

▶ ბენზოლი პირველად 1825 წელს გამოყო მაიკლ ფარადეიმ ქვანახშირის უპაეროდ გახურებისას მიღებული აირის („სანათი“ გაზის) კონდენსაციით წარმოქმნილი სითხიდან.

ბენზოლის აღნაგობა. ბენზოლის მოლეკულის შედგენილობა გამოისახება ფორმულით C_6H_6 , რაც შესაძლებელია მის უჯერობაზე მიუთითებდეს.

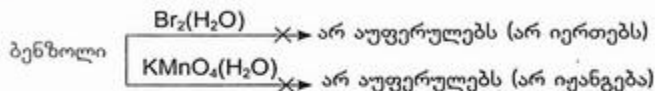


ექსპერიმენტი მიზანი: ბენზოლის უჯერი ბუნების შემოწმება

1. აიღეთ ორი სინჯარა. ერთ სინჯარაში მოათავსეთ 3 მლ ბრომიანი წყალი, მეორეში – 3 მლ კალიუმის პერმანგანატის ხსნარი.
 2. თითოეულ სინჯარას დაამატეთ 0,5 მლ ბენზოლი (სურ. 1).
 3. სინჯარები დახურეთ საცობით და ფრთხილად შეანჯღრიეთ.
- ცდის შედეგი გაანალიზეთ და გააკეთეთ სათანადო დასკვნა

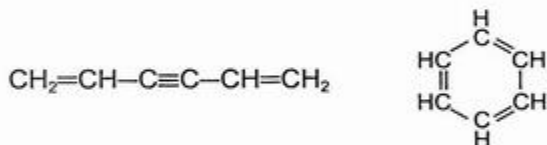


სურ. 1



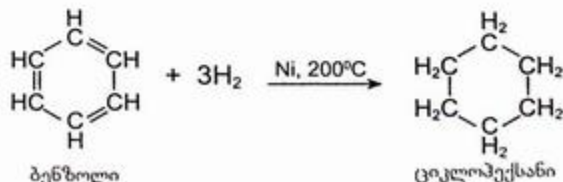
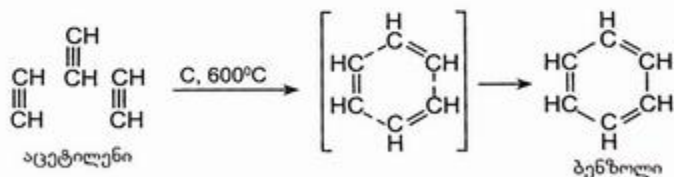
ამრიგად, ბენზოლი არ აუფერულებს ბრომიან წყალსა და კალიუმის პერმანგანატის ხსნარს, ე. ი. ადვილად არ შედის უჯერი ნახშირწყალბადებისათვის დამახასიათებელ მიერთებისა და ჟანგვის რეაქციებში.

ბენზოლი შეიძლება მივიღოთ აცეტილენიდან. ამ ნაერთების მოლეკულური ფორმულების შედარებიდან ჩანს, რომ ხორციელდება აცეტილენის ტრიმერიზაციის რეაქცია. ამასთან, მიღებულ პროდუქტს შეიძლება გააჩნდეს როგორც ღია ჯაჭვიანი, ისე ციკლური აღნაგობა:



დადგინდა, რომ ერთი მოლი ბენზოლი იერთებს სამ მოლ წყალბადს და წარმოიქმნება 1 მოლი ციკლოპექსანი, რაც შეიძლება აიხსნას მხოლოდ ბენზოლის ციკლური აღნაგობით.

ბენზოლის მიღებისა და მისი ჰიდრირების რეაქციათა ტოლობები შეიძლება ასე გამოისახოს:

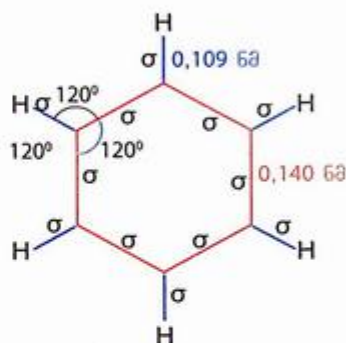
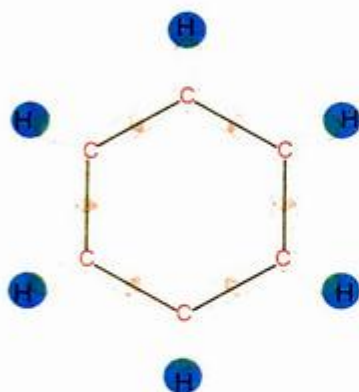




კეკულეს ბენზოლის ფორმულა

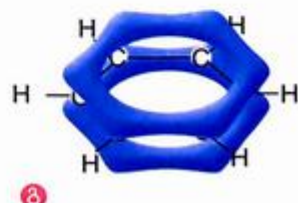
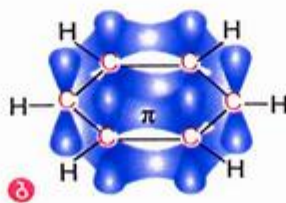
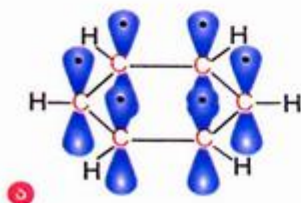
ბენზოლის ფორმულა ციკლში მარტივი და ორმაგი ბმების მონაცვლეობით პირველად მოგვანოდა გერმანელმა მეცნიერმა ფ. კეკულემ.

ფიზიკური მეთოდებით დადგინდა, რომ ბენზოლის მოლეკულას წესიერი ექვსკუთხედის ფორმა აქვს. ყველა ატომი (ექვსი ნახშირბადისა და ექვსი წყალბადის) ერთ სიბრტყეშია მოთავსებული. ექვსივე C—C ბმის სიგრძე ერთნაირია და 0,140 ნმ-ის ტოლია. ბმებს შორის ყველა კუთხე 120° -ია. ელექტრონული თეორიით ბენზოლის მოლეკულის აღნაგობა შეიძლება ასე აიხსნას: მასში ნახშირბადატომთა ვალენტური ორბიტალები sp^2 -ჰიბრიდიზაციის მდგომარეობაშია. თითოეული ნახშირბადის ატომი სამი ჰიბრიდული ორბიტალით ამყარებს სამ (ორ C—C და ერთ C—H) σ -ბმას ერთ სიბრტყეში, 120° კუთხით (სურ. 2).



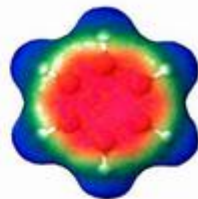
სურ. 2. σ -ბმების წარმოქმნა ბენზოლის მოლეკულაში

ექვსივე ნახშირბადატომის მეოთხე არაჰიბრიდული p-ორბიტალი, რომელთა ღერძები ერთმანეთის პარალელურია, განლაგებულია σ -ბმების სიბრტყის პერპენდიკულარულად (სურ. 3). თითოეული p-ორბიტალი თანაბრად გადაიფარება ორივე მუზობელი ნახშირბადატომის ასეთივე ორბიტალებით სიბრტყის ზედა და ქვედა მხარეს. წარმოიქმნება არა სამი ცალკეული π -ბმა (როგორც ეს კეკულეს მიერ მოწოდებული ფორმულიდან ჩანს), არამედ ექვსი ელექტრონისაგან შემდგარი ერთიანი π -ელექტრონული სისტემა, ე.წ. π -ელექტრონული სექსტეტი, რომელიც საერთოა ნახშირბადის ყველა ატომისათვის :



სურ. 3. π -ელექტრონული სისტემის წარმოქმნა ბენზოლის მოლეკულაში

საერთო ელექტრონული ღრუბელი იწვევს ნახშირბადის ატომებს შორის მანძილის შემცირებას, იგი 0,140 ნმ-ის ტოლი ხდება. ე.ი. ბენზოლის მოლეკულაში არ არის მარტივი და ორმაგი ბმები, ყველა ბმა ნახშირბადის ატომებს შორის ტოლფასია (სურ. 4). რათა აჩვენონ ელექტრონული სიმკვრივის თანაბარი განაწილება ბენზოლის მოლეკულაში, მის სტრუქტურულ ფორმულას ხშირად გამოსახავენ ექვსკუთხედით, რომელშიც ჩახაზულია წრეწირი. ბირთვში წყალბადატომების აღნიშვნის გარეშე იგი ასე გამოი-სახება:

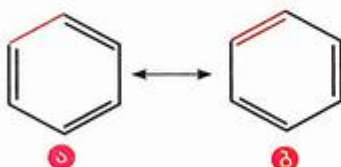


სურ. 4. ელექტრონული სიმკვრივის თანაბარი განაწილება ბენზოლის მოლეკულაში

ბენზოლის რეზონანსული სტრუქტურები

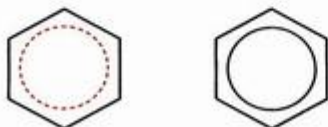
კოვალენტურ ნაერთთა უმრავლესობისათვის არსებობს ერთადერთი ელექტრონული ფორმულა, რომელიც გვიჩვენებს ბმების წარმოქმნას მოლეკულაში. უჯერ ნაერთებში ბმის ჯერადობა გამოისახება მთელი რიცხვით. მაგალითად, ეთილენსა და აცეტილენში ბმის ჯერადობა 2 და 3-ის ტოლია. ცნობილია დელოკალიზებული (გადანაწილებული) π -ბმების შემცველი ისეთი მოლეკულებიც, რომელთათვისაც შემადგენელ ატომთა ვალენტობის გათვალისწინებით შეიძლება დაინეროს ორი ან მეტი ერთნაირად მისაღები ფორმულა – რეზონანსული სტრუქტურები, რომელთაგან არც ერთი სტრუქტურა არ გამოსახავს მოლეკულის რეალურ თვისებებს.

ორგანული რეზონანსული სტრუქტურების მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ბენზოლის ორი რეზონანსული სტრუქტურა (სურ. 5). მეზობელ ნახშირბადატომებს შორის ერთ სტრუქტურაში მარტივი ბმაა (ა), მეორე სტრუქტურაში – ორმაგი ბმა (ბ):



სურ. 5. ბენზოლის რეზონანსული სტრუქტურები

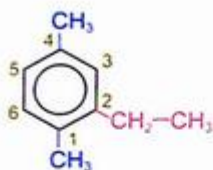
რეალური მოლეკულა ამ სტრუქტურების ჰიბრიდია – შესაბამისად, ბმის ჯერადობა რეზონანსულ ჰიბრიდში 1,5-ის ტოლია. ჰიბრიდს გამოსახავენ მე-6 სურათზე გამოსახული სტრუქტურის სახით.



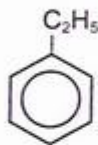
სურ. 6. ჰიბრიდული სტრუქტურა

მიუხედავად იმისა, რომ კეკულეს ფორმულა არ გამოსახავს ბენზოლის რეალურ აღნაგობას, დღესაც იხმარება, რადგან მოხერხებულია რეაქციათა მექანიზმების განხილვისას.

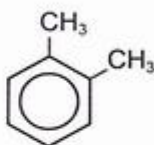
დავასახელოთ
საერთაშორისო
ნომენკლატურით:



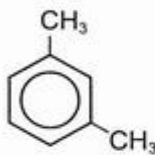
2-ეთილ-1,4-დიმეთილ
ბენზოლი



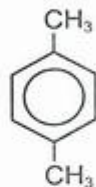
ეთილბენზოლი



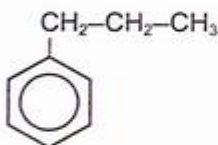
1,2-დიმეთილბენზოლი
(ო-ქსილოლი)



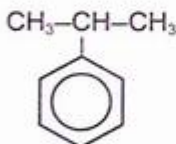
1,3-დიმეთილბენზოლი
(მ-ქსილოლი)



1,4-დიმეთილბენზოლი
(პ-ქსილოლი)



პროპილბენზოლი



იზოპროპილბენზოლი

მოყვანილი იზომერები
განსხვავდებიან რადიკა-
ლის აღნაგობით

იზომერია და ნომენკლატურა. არენების ჰომოლოგიური რიგის პირველი წევრია ბენზოლი – C_6H_6 . მის მოლეკულაში წყალბადის ატომების რადიკალებით ჩანაცვლებისას მიიღება ჰომოლოგიური რიგის სხვა წევრები: მეთილბენზოლი $C_6H_5-CH_3$, ეთილბენზოლი $C_6H_5-C_2H_5$ და ა. შ.

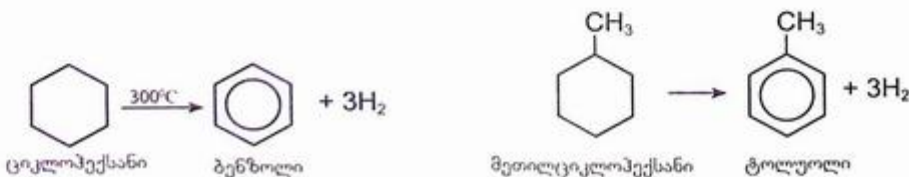
არენების იზომერია განპირობებულია ჩანაცვლებული რადიკალების რიცხვით, მდებარეობითა და აღნაგობით. რადგან ბენზოლის მოლეკულაში ყველა ნახშირბადატომი ტოლფასია, მის პირველ ჰომოლოგს – მეთილბენზოლს ანუ ტოლუოლს იზომერი არ გააჩნია. შემდეგი ჰომოლოგი კი შეიძლება ოთხი იზომერის სახით არსებობდეს:

პრეფიქსები ორთო- (შემოკლებით *ო-*), მეტა- (*მ-*) და პარა- (*პ-*) გამოიყენება ბენზოლის ბირთვში ჩანაცვლებული ჯგუფების ურთიერთმდებარეობის აღნიშვნისათვის.

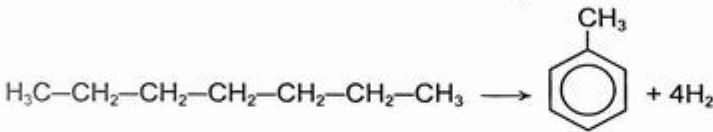
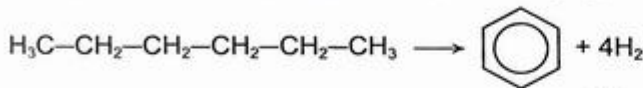
არენების მოლეკულებიდან წყალბადატომის მოწყვეტის შედეგად წარმოიქმნება არომატული რადიკალები. მაგალითად, ბენზოლის რადიკალს (C_6H_5-) ფენილი ეწოდება. ტოლუოლის რადიკალს ($C_6H_5-CH_2-$) კი — ბენზილი.

მიღება. ბენზოლისა და მისი ჰომოლოგების მიღების ბუნებრივი წყაროა ნავთობი და ქვანახშირის ფისი. ბუნებრივი წყაროები ვერ აკმაყოფილებს მასზე გაზრდილ მოთხოვნილებას. ამიტომ ლეზულობენ სინთეზური გზითაც – დეჰიდრირებით და დეჰიდროციკლიზაციით.

ბენზოლი და ტოლუოლი შეიძლება მივიღოთ ციკლოპექსანისა და მეთილციკლოპექსანის დეჰიდრირებით მაღალ ტემპერატურაზე კატალიზატორის (Pt, Pd) თანაობისას:



თუ კატალიზატორად Cr_2O_3 -ს გამოვიყენებთ $450-500^{\circ}C$ ტემპერატურაზე იმავე ნაერთების მიღება შეიძლება ნ-ჰექსანისა და ნ-ჰეპტანის ერთდროული დეჰიდრირებითა და ციკლიზაციით:



ფიზიკური თვისებები. ბენზოლი უფერო, აქროლადი, თავისებური სუნის მქონე სითხეა, წყალში არ იხსნება. ინვის ძლიერ ქვარტლიანი ალით. როგორც თხევადი ბენზოლი, ისე მისი ორთქლი მომნამლავია (სურ. 7). ჩვეულებრივ პირობებში არომატული ნახშირწყალბადების უმეტესობა ასევე უფერო, დამახასიათებელი სუნის მქონე, წყალში უხსნადი სითხეებია.

ქიმიური თვისებები. ბენზოლის აღნაგობის თავისებურება გავლენას ახდენს მის თვისებებზე. მასში შერწყმულია ნაჯერი და უჯერი ნახშირწყალბადების თვისებები: როგორც ნაჯერი ნახშირწყალბადი შედის ჩანაცვლების რეაქციებში, როგორც უჯერი – მიერთების რეაქციებში. მაგრამ ჩანაცვლების რეაქციები ბენზოლში უფრო ადვილად ხორციელდება, მიერთების რეაქციები კი – უფრო ძნელად. ე.ი. ბენზოლი უფრო ავლენს ნაჯერ ბუნებას. ნაჯერი ნახშირწყალბადებისაგან განსხვავებით, ჩანაცვლების რეაქციები ბენზოლში მიმდინარეობს იონური მექანიზმით.

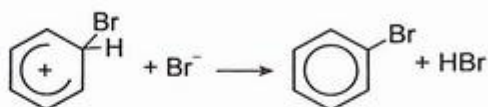
1 ჩანაცვლება

ა ჰალოგენირება. ბენზოლი ურთიერთქმედებს ბრომთან კატალიზატორის ($FeBr_3$) თანაობისას. კატალიზატორის გავლენით ბრომის მოლეკულა პოლარიზდება. დადებითად დამუხტული ბრომი ურთიერთქმედებს ბენზოლის ბირთვის π -ელექტრონულ სექსტეტთან, „ამოგლეჯს“ ორ ელექტრონს და მის ხარჯზე წარმოქმნის σ -ბმას ბირთვის ერთ-ერთ ნახშირბადატომთან. დარჩენილი ოთხი ელექტრონი გადანაწილდება (დელოკალიზდება) ხუთ ნახშირბადის ატომს შორის, რის გამოც ბირთვში ჩნდება ელექტრონული სიმკვრივის დეფიციტი. პროცესი ასე გამოისახება:

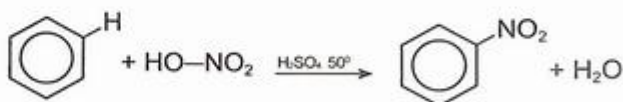


სურ. 7. ფრთხილად! ბენზოლი ცეცხლსაშიშია; თხევადი ბენზოლი კანის უჯრედებიდანაც აღწევს ორგანიზმში და ინვეს მონამელას.

ბოლო სტადიაზე ბენზოლში ხდება C-H ბმის პეტეროლიზური (იონური) განყვეტა, პროტონის მოხლეჩა და სტაბილური არომატული სისტემის აღდგენა:

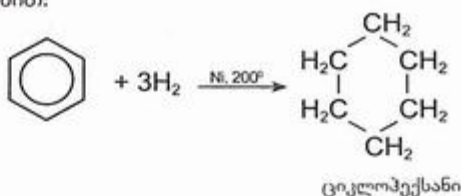


3 ნიტრირება. ბენზოლზე შეთბობის პირობებში კონცენტრირებული აზოტმჟავასა და გოგირდმჟავას ნარევის (მანიტრირებელი ნარევი) მოქმედებით წარმოიქმნება მწარე ნუშის სუნის მქონე, მოყვითალო ფერის, წყალში უხსნადი სითხე – ნიტრობენზოლი:

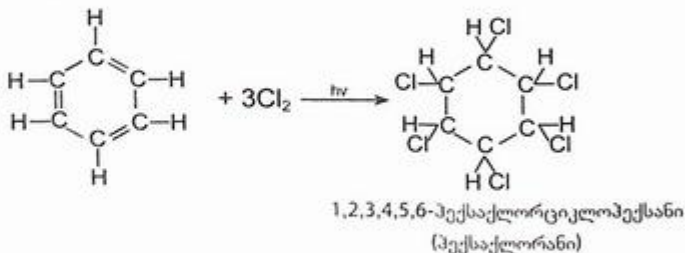


2 მიერთება. მიერთების რეაქციები არომატულ ბირთვში საკმაოდ ძნელად მიმდინარეობს. მათი წარმართვისათვის აუცილებელია ტემპერატურა, კატალიზატორის შერჩევა, დასხივება და სხვ.

ნიკელის ან პლატინის კატალიზატორის გამოყენებით ბენზოლი გახურებისას ურთიერთქმედებს წყალბადთან ციკლოპექსანის წარმოქმნით:



ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებით ბენზოლი იერთებს ქლორს და წარმოქმნის პექსაქლორციკლოპექსანს ანუ პექსაქლორანს:



სურ. 8. ბენზოლის წვის დროს გამოიყოფა ქვარტლი.

3 წვა. ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები, სხვა ნახშირწყალბადების მსგავსად, იწვის. წვის დროს დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება ქვარტლი (არასრული წვის გამო) (სურ. 8).

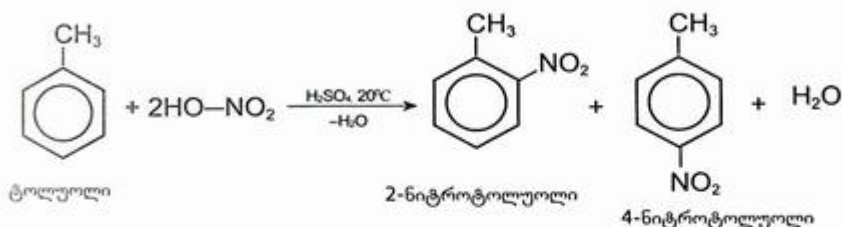


ბენზოლის ჰომოლოგების თავისებურებანი.

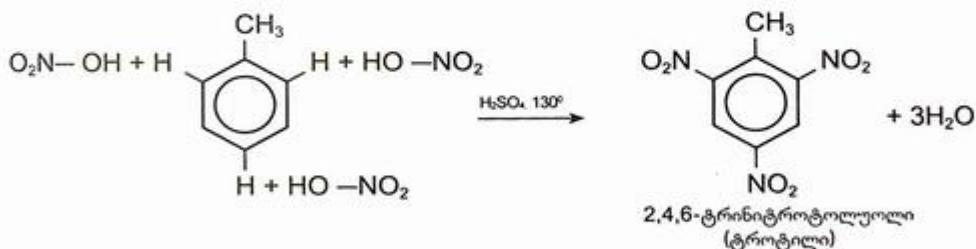
ატომთა ურთიერთგავლენა

ჰომოლოგები ბენზოლს თვისებებით ემსგავსება, მაგრამ განსაკუთრებული თავისებურებანიც ახასიათებს. ეს თავისებურებანი განვიხილოთ ბენზოლის უახლოესი ჰომოლოგის – ტოლუოლის მაგალითზე.

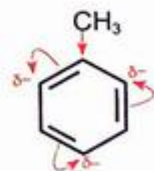
უკვე ვიცით, რომ ბენზოლი ადვილად შედის ნიტრირების რეაქციაში ნიტრობენზოლის წარმოქმნით. ტოლუოლი, ბენზოლთან შედარებით, კიდევ უფრო ადვილად ნიტრირდება და მიიღება ორი იზომერული ნაერთი:



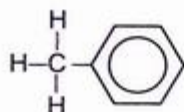
სამი ნიტროჯგუფის შეყვანა ბენზოლის ბირთვში (ტრინიტრობენზოლის წარმოქმნით) საკმაოდ მკაცრ პირობებში, ძნელად მიმდინარეობს. აღმოჩნდა, რომ ტოლუოლის ნიტრირება გაცილებით ადვილად ხორციელდება და წარმოიქმნება **2,4,6-ტრინიტროტოლუოლი**, რომელიც ცნობილია **ტროტილის** სახელწოდებით:



ბენზოლის ბირთვის რეაქციისუნარიანობა 2,4,6-მდგომარეობაში შეიძლება აიხსნას მეთილის რადიკალის გავლენით. გაიხსენეთ, მეთილის ჯგუფს ახასიათებს ელექტრონდონორული ბუნება – ელექტრონული სიმკვრივის თავისგან განზიდვის უნარი. იგი არომატულ ბირთვში არღვევს ელექტრონული სიმკვრივის თანაბარ განაწილებას, ზრდის ელექტრონულ სიმკვრივეს, როგორც სქემიდან ჩანს, განსაკუთრებით 2,4,6-მდგომარეობაში (სურ. 9). ამიტომ ჩანაცვლების პროცესი ადვილად წარიმართება ორთო-და პარა-მდგომარეობაში.

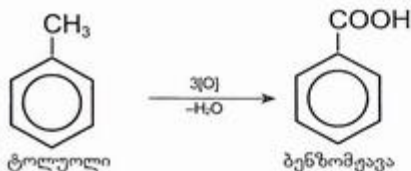


სურ. 9. ტოლუოლში ელექტრონული სიმკვრივის განაწილება

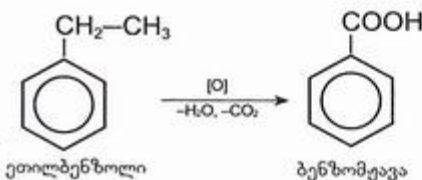


სურ. 10. ტოლუოლის ალნაგობა

ტოლუოლი შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ, ერთი მხრივ, როგორც ბენზოლი, რომლის მოლეკულაში წყალბადის ატომი ჩანაცვლებულია მეთილის რადიკალით. მეორე მხრივ, როგორც მეთანი, რომლის მოლეკულაში წყალბადის ატომი ჩანაცვლებულია ფენილის რადიკალით (სურ. 10). ცნობილია, რომ მეთანი მჟანგავენის მოქმედების მიმართ მეტად მდგრადია. თუ ტოლუოლს დავემატებთ კალიუმის პერმანგანატის ხსნარს და წარვეცხებთ, ხსნარის იისფერი შეფერილობა თანდათან გაქრება. წარმართება ჟანგვა-აღდგენითი რეაქცია. პერმანგანატი ჟანგავს ტოლუოლის მეთილის ჯგუფს და წარმოიქმნება უმარტივესი არომატული კარბონმჟავა – ბენზომჟავა:



ანალოგიურად მიმდინარეობს ბენზოლის ერთჩანაცვლებული ჰომოლოგების ჟანგვის რეაქციები. ამასთან, ამ შემთხვევაშიც იჟანგება უშუალოდ ბენზოლის ბირთვისთან დაკავშირებული ნახშირბადის ატომი.



მასპერიმენტი

მასპერიმენტის მიზანი: არომატული ნაერთების ჟანგვის უნარის შემოწმება



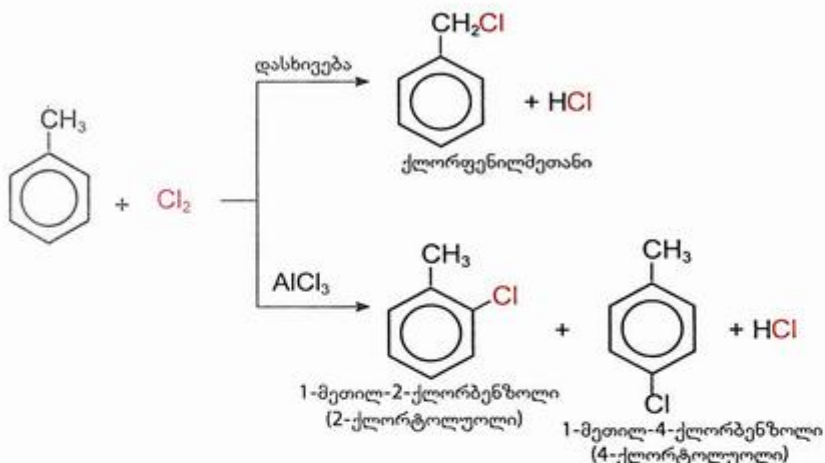
სურ. 11

1. აიღეთ ორი სინჯარა. თითოეულში ჩაასხით 1 მლ კალიუმის პერმანგანატის წყალხსნარი და 1 მლ განზავებული (20%) გოგირდმჟავას ხსნარი.
 2. ერთ სინჯარას დაამატეთ 0,5 მლ ბენზოლი (სურ.11 ა), მეორეს სინჯარას – 0,5 მლ ტოლუოლი (სურ.11 ბ).
- დააკვირდით სინჯარებში ფერის ცვლილებას და გააკეთეთ სათანადო დასკვნა.
 - ახსენით ტოლუოლის სინჯარაში ფერის ცვლილების მიზეზი.

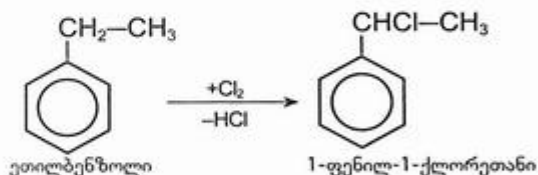
ამრიგად,

ტოლუოლის მაგალითზე ნათლად ჩანს ატომთა ურთიერთგაქლენა მოლეკულაში. მეთილის ჯგუფის გავლენით იზრდება ბირთვის რეაქციის უნარიანობა ორთო- და პარა მდგომარეობაში, ბენზოლის ბირთვის გავლენით კი – მცირდება მეთილის ჯგუფის მდგრადობა მჟანგავენის მიმართ.

ტოლუოლს ბენზოლის მსგავსი სხვა ქიმიური თვისებებიც ახასიათებს. მაგრამ, ბენზოლისაგან განსხვავებით, იგი გარკვეული თავისებურებებით გამოირჩევა. მაგალითად, ჩანაცვლების (ქლორირების) რეაქციები ტოლუოლში პირობებისაგან დამოკიდებულებით ორი მიმართულებით მიმდინარეობს – გვერდით ჯაჭვში (მეთილის ჯგუფში) და ბენზოლის ბირთვში:



რადგან ბენზოლის ბირთვის გავლენა ყველაზე ძლიერია უშუალოდ ბირთვთან დაკავშირებულ ნახშირბადის წყალბადატომზე, ეთილბენზოლის ქლორირება, უპირატესად, წარმართება შემდეგი სქემით:



გამოყენება. ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები გამოიყენება ნედლეულად სამკურნალო პრეპარატების, საღებრების, შხამქიმიკატების (ჰექსაქლორანს იყენებენ სოფლის მეურნეობაში მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად), პლასტმასებისა და სხვა მრავალი ორგანული ნაერთის სინთეზისათვის. ისინი გამოიყენება, აგრეთვე, გამხსნელებად.

ადრე მრავალი არომატული ნივთიერება, კერძოდ, ბენზოლი, ტოლუოლი და ქსილოლი გამოიყენებოდა ლაბორატორიულ პრაქტიკასა და ქიმიურ წარმოებაში გამხსნელებად. აღმოჩნდა, რომ მათ აქვს ადამიანის ჯანმრთელობაზე მავნე ზემოქმედების უნარი. აზიანებს სასუნთქ სისტემას, ლეიძლს, ნერვულ სისტემას. გარდა ამისა, არომატული ნივთიერება კანცეროგენური – ავთვისებიანი სიმსივნის გამომწვევია.



სურ.12. ბენზპირენის ალნაგობა

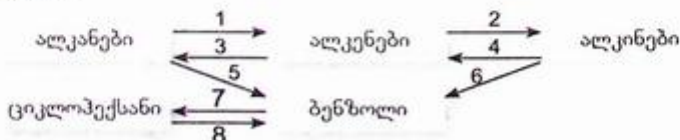
პირველად ცნობილი კანცეროგენი აღმოაჩინეს მე-20 საუკუნის მიჯნაზე კვამლში. ეს იყო ბენზპირენი – მერქნისა და ნახშირის წვის თანამდევი პროდუქტი (სურ. 12). ბენზპირენი წარმოიქმნება ზოგიერთი ორგანული ნივთიერებიდან მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებით. ამიტომ მისი შემცველობა მაღალია ავტომანქანების გამონაბოლქვ აირებში, არასწორად შებოლილ საკვებ პროდუქტებში, თამბაქოს კვამლში და სხვ.

ბაიზრკო

- შეადარეთ ერთმანეთს ეთილენის და ბენზოლის ელექტრონული ალნაგობა. რა აქვთ საერთო და რით განსხვავდებიან?
- როგორ დაასაბუთებთ, რომ აცეტილენის ტრიმერიზაციით მიიღება ბენზოლი და არა ლიაჯაჭვის მქონე უჯერი ნახშირწყალბადი – დივინილაცეტილენი?
- როგორ ფიქრობთ, ბენზოლის ალნაგობის თავისებურება მოახდენს თუ არა გავლენას მის ქიმიურ თვისებებზე? უჯერი ნახშირწყალბადებისათვის დამახასიათებელი თვისებები მასში გაძლიერდება თუ შესუსტდება?

შეასრულეთ

- დანერეთ სტრუქტურული ფორმულები იზომერული არომატული ნახშირწყალბადებისა, რომელთა მოლეკულური ფორმულაა C_9H_{12}
 - დაასახელეთ იზომერები საერთაშორისო ნომენკლატურით;
 - მოუთითეთ, რით განსხვავდება იზომერები ერთმანეთისაგან;
 - იზომერებს შორის რომელს აქვს სიმეტრიული ალნაგობა?
- დაასახელეთ ბენზოლის იზომერული ნაერთი ნახშირწყალბადების სხვა რიგიდან.
- ციკლოპექსანის რომელი პომოლოგის დეჰიდრირებით მიიღება:
 - ეთილბენზოლი;
 - 1,4-დიმეთილბენზოლი?
- ბენზოლი შედგენილობით ღრმად უჯერი ნაერთია. იგი არ აუფერულებს ბრომიან წყალს და კალოუმის პერმანგანატის ხსნარს. როგორ ახსნით ამ ფაქტს?
- მიიღეთ ბენზოლის პომოლოგი პროპინის ტრიმერიზაციით და დაასახელეთ იგი.
- განახორციელეთ გარდაქმნები:
 - $CH_4 \rightarrow C_6H_6$
 - $CaC_2 \rightarrow C_6H_6$
- შეიძლება თუ არა ქიმიური თვალსაზრისით ტოლფასი იყოს: ა) ბენზოლის, ბ) ტოლუოლის, გ) ბრომბენზოლის, დ) ნიტრობენზოლის, ე) ციკლოპექსანის წყალბადატომები?
- როგორი ბუნებისაა ნიტროჯგუფი (NO_2) – ელექტრონდონორული თუ ელექტრონ-აქცეპტორული? მისი ბუნებიდან გამომდინარე, ნიტრობენზოლში ჩანაცვლების რეაქციები (მექანიზმის გათვალისწინებით) გაძნელდება თუ გაადვილდება?
- დაასაბუთეთ ნახშირწყალბადებს შორის გენეტიკური კავშირი შესაბამისი რეაქციათა ტოლოგების მოყვანით.



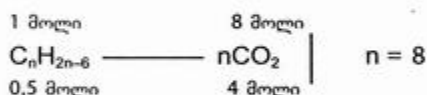
შიკური ამოსახების ამოხსნა

ამოცანა 1

დაადგინეთ არომატული ნახშირწყალბადის აღნაგობა, თუ მისი 0,5 მოლის დაწვისას მიიღება 89,6 ლ (ნ.პ.) ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი, ხოლო რკინა(III)-ის ბრომიდის თანაობისას ბრომირების რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება მხოლოდ ორი მონობრომნარმი.

ამოხსნა: $n(C_nH_{2n-6}) = 0,5$ მოლი

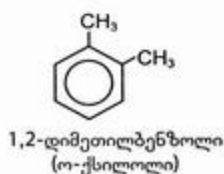
$$n(CO_2) = \frac{89,6 \text{ ლ}}{22,4 \text{ ლ/მოლი}} = 4 \text{ მოლი}$$



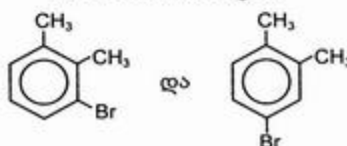
1 მოლი არომატული ნახშირწყალბადის წვისას მიიღება 8 მოლი CO_2 . ე.ი. $n = 8$.

არომატული ნახშირწყალბადის მოლეკულური ფორმულაა: C_8H_{10} .

ამ შედეგნილობის 4 იზომერი არსებობს, მათგან მხოლოდ ორ მონობრომნარმს წარმოქმნის 1,2-დიმეტილბენზოლი.



იზომერული
მონობრომნარმებია:



ამოცანა 2

დაადგინეთ არომატული ნახშირწყალბადის აღნაგობა, თუ ცნობილია, რომ მისი ორთქლის სიმკვრივე წყალბადის მიმართ 60-ის ტოლია და კალიუმის პერმანგანატით დაუანგვისას წარმოქმნის ბენზოლტრიკარბონმჟავას, ხოლო ნიტრირებისას კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას თანაობისას წარმოქმნის მხოლოდ ერთ მონონიტრონარმს.

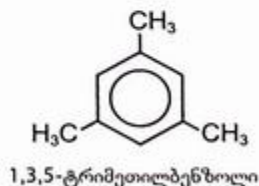
ამოხსნა:

$$M(C_nH_{2n-6}) = 60 \cdot 2 = 120 \text{ გ/მოლი}$$

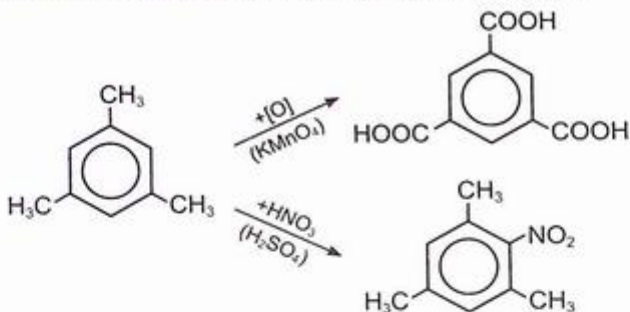
$$14n - 6 = 120 \quad | \quad n = 9 \quad \text{ე.ი. } C_9H_{12}$$

რადგან C_9H_{12} შედგენილობის არომატული ნახშირწყალბადი დაუანგვისას წარმოქმნის ბენზოლტრიკარბონმჟავას, ხოლო ნიტრირებისას მხოლოდ ერთ მონონიტრონარმს, მეთილის ჯგუფები მასში განლაგებულია 1,3,5-მდგომარეობაში.

ე.ი. მისი აღნაგობაა



შესაბამისი რეაქციები შეიძლება გამოვსახოთ სქემით:



აშკინა 3

რა მოცულობის ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 10%-იანი ხსნარი ($\rho = 1,1 \text{ გ/სმ}^3$) დაიხარჯება 0,4 მოლი ბენზოლიდან ბრომბენზოლის მიღებისას გამოყოფილი აირის განეიტრალებაზე? როგორ პირობებში მიმდინარეობს ბენზოლის ბრომირება?

ამოხსნა:

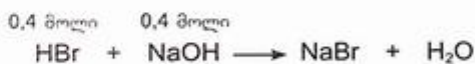
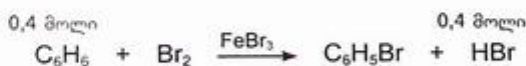
$$\begin{array}{l} \text{მოც.: } n(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,4 \text{ მოლი} \\ \omega(\text{NaOH}) = 10\% (0,1), \rho = 1,1 \text{ გ/სმ}^3 \\ \hline V_{\text{ხ.}}(\text{NaOH}) = ? \end{array}$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ გ/მოლი}$$

$$\omega(x) = \frac{m(x)}{m_{\text{ხ.}}}$$

$$m_{\text{ხ.}} = \frac{m(x)}{\omega(x)}$$

ბენზოლის ბრომირება მიმდინარეობს კატალიზატორ FeBr_3 -ის თანაობისას:



$$n(\text{NaOH}) = n(\text{HBr}) = 0,4 \text{ მოლი}$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,4 \text{ მოლი} \cdot 40 \text{ გ/მოლი} = 16 \text{ გ}$$

$$m_{\text{ხ.}} = \frac{m(\text{NaOH})}{\omega(\text{NaOH})} = \frac{16 \text{ გ}}{0,1} = 160 \text{ გ}$$

$$V_{\text{ხ.}} = \frac{160 \text{ გ}}{1,1 \text{ გ/სმ}^3} = 145,45 \text{ სმ}^3 (\text{მლ})$$

ნავთობი და ბუნებრივი აირი ერთ-ერთი ძირითადი რესურსია, რომელიც დიდწილად განსაზღვრავს ქვეყნის პოლიტიკასა და ეკონომიკასა. მასზე მოთხოვნა დღითიდღე იზრდება. ნავთობით მდიდარი ზოგიერთი სახელმწიფო (მაგალითად, არაბთა გაერთიანებული საამიროები) ნავთობიდან მიღებული შემოსავლების ხარჯზე მსოფლიოში მდიდარ და განვითარებულ ქვეყნად გადაიქცა. რატომ?

ბუნებრივი და ნავთობის თანმხლები აირი, ნავთობი, ქვანახშირი ნახშირწყალბადების უმნიშვნელოვანესი წყაროებია.

ბუნებრივი აირი წარმოადგენს აირთა ნარევეს, რომლის შემადგენლობა დამოკიდებულია საბადოზე. იგი ავსებს დედამიწის ქერქში არსებულ ცარიელ ადგილებს. მისი მოპოვება და გამოყენება პირველად ჩინელებმა დაიწყეს დაახლოებით ათი საუკუნის უკან და ამისათვის ბამბუკისაგან დამზადებულ მილსადენებს იყენებდნენ. ბუნებრივი აირი ზოგჯერ მთლიანად მეთანისაგან შედგება. ამასთან, რაც უფრო მეტია ნახშირწყალბადის მოლეკულური მასა, მით ნაკლებია მისი შემცველობა ბუნებრივ აირში. მეთანთან (80-97%) ერთად აირის შემადგენლობაში ძირითადად გვხვდება ეთანი, პროპანი და ბუტანი. მცირე ნაწილი მოდის შედარებით მაღალმოლეკულურ ალკანებზე, აზოტზე და ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდზე.

ბუნებრივი აირი გამოიყენება სანვავად. იგი მყარ და თხევად სანვავთან შედარებით გაცილებით უფრო მეტ სითბოს გამოყოფს, უფრო იაფია და, რაც მთავარია, მისი წვის პროდუქტები ეკოლოგიურად უფრო სუფთაა. ბუნებრივ აირს იყენებენ, აგრეთვე, ნედლეულის მნიშვნელოვან წყაროდ ქიმიური მრეწველობის მრავალ დარგში.

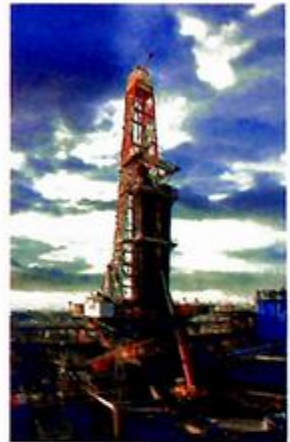
ნავთობის თანმხლები აირი ბუნებაში ნავთობის თავზეა დაგროვილი, ნაწილობრივ გახსნილია მასში წნევის ქვეშ. მას იყენებენ როგორც სანვავად, ისე ქიმიურ ნედლეულად. ნავთობის თანმხლებ აირში მეთანი შედარებით მცირე რაოდენობითაა, მეტია მისი ჰომოლოგები, რის გამოც ამ აირიდან მეტი ნივთიერების მიღებაა შესაძლებელი.

რაციონალური გამოყენების მიზნით ნავთობის თანმხლებ აირს ფრაქციებად ყოფენ. მეთანისა და ეთანის ნარევეს იყენებენ როგორც სანვავად, ისე აცეტილენის, წყალბადისა და ზოგიერთი სხვა ნაერთის მისაღებად. პროპან-ბუტანის ნარევეს, რომელიც „თხევადი აირის“ სახელწოდებითაა ცნობილი ფართოდ გამოიყენება სანვავად იმ ადგილებში, სადაც ბუნებრივი აირის გაყვანილობა არ არის.

ზოგჯერ ნავთობის თანმხლები აირიდან გამოყოფენ ინდივიდუალურ ნახშირწყალბადებს და მათ საფუძველზე ახორციელებენ სინთეზს.



სურ. 1. ქვანახშირის მოპოვება



წყარო: <https://www.adnoc.ae/>

სურ. 2. მსოფლიოში 2022 წლის მონაცემებით ყველაზე ღრმა ქაბურღილის სიღრმეა 15 240 მეტრი (არაბთა გაერთიანებული საამიროები).



სურ. 3. ნავთობი



სურ. 4. ლაბორატორიში ნავთობის გამოზბდა

ნავთობი

ნავთობი თხევადი ნახშირწყალბადების ნარევია, რომელიც მასში გახსნილ მყარ და აირად ნახშირწყალბადებსაც შეიცავს. იგი მუქი ფერის, ზეთისებური, სპეციფიკური სუნის მქონე სითხეა, წყალზე ცოტათი მსუბუქია და მასში პრაქტიკულად არ იხსნება.

სხვადასხვა საბადოდან მოპოვებული ნავთობის თვისებითი და რაოდენობითი შედგენილობა განსხვავებულია, მაგრამ ყველა შეიცავს ალკანებს (ძირითადად არაგანშტოებული ალნაგობის), ციკლოალკანებსა და არენებს. ნახშირწყალბადების გარდა ნავთობის შედგენილობაში შედის დაახლოებით 10% უანგბად-, გოგირდ- და აზოტშემცველი ორგანული ნაერთები.

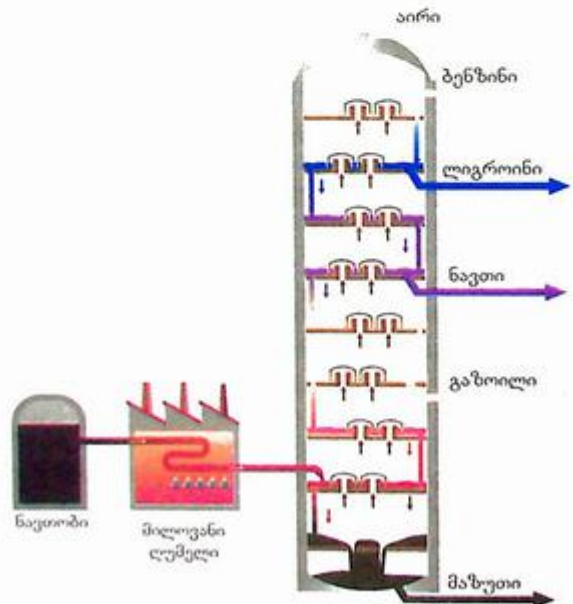
ნედლი ნავთობი წარმოებაში არ გამოიყენება. იგი გამოიყენება როგორც ქიმიური წარმოების ნედლეული. ნავთობპროდუქტების მისაღებად ჯერ ასუფთავებენ მინარევებისაგან და შემდეგ მიმართავენ მის გადამუშავებას – ფრაქციებად დაყოფას.

ვინაიდან ნავთობი განსხვავებული დუღილის ტემპერატურის მქონე ნივთიერებათა ნარევია, მის ცალკეულ ფრაქციებად დასაყოფად გამოიყენება გამოზბდის მეთოდი. ეს პროცესი შეიძლება ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარდეს სპეციალური ხელსაწყოთა დახმარებით (სურ. 4).

წარმოებაში ნავთობის გამოზბდა მიმდინარეობს სპეციალურ დანადგარში, რომელიც შედგება გამახურებელი მილოვანი ლუმელისა და სარექტიფიკაციო სვეტისაგან (სურ. 5, 6). მილოვანი ლუმელში ხდება ნავთობის განუწყვეტლივი მიწოდება და გახურება 350°C-მდე. სარექტიფიკაციო სვეტი შედგება ნახვრეტების



სურ. 5. ნავთობგადამამუშავებელი საწარმო



სურ. 6. მილოვანი ლუმელი და სარექტიფიკაციო სვეტი (ზოგადი სქემა)

მქონე რამდენიმე ათეული ჰორიზონტალური ტიხარისაგან, რომელთაც თევშები ეწოდება (სურ. 7).

მილოვანი ლუმელიდან სითხისა და ორთქლის ნარევის სახით გამოშლილი ნავთობი შედის სარექტიფიკაციო სვეტში, ნახვრეტების გავლით ზევით მიემართება, თანდათანობით ცივდება და დუღილის ტემპერატურის შესაბამისად ამა თუ იმ თევშზე კონდენსირდება. რაც უფრო მაღალმდულარეა ფრაქცია, მით უფრო ადვილად და სწრაფად კონდენსირდება.

სარექტიფიკაციო სვეტში მიმდინარე პროცესის ძირითადი არსი მდგომარეობს შემდეგში:

1. აღმავალი ორთქლი გაივლის რა თევშებზე უკვე კონდენსირებული სითხის ფენაში, ორთქლის შემადგენელი ნაკლებადაქროლადი ნახშირწყალბადები თხევადდება (კონდენსირდება), ხოლო უფრო აქროლადი კომპონენტები ზევით ადის.
2. თევშებზე კონდენსირებული სითხის ფენაში შეკავებული უფრო აქროლადი ნახშირწყალბადები აღმავალი ორთქლით ცხელდება, აორთქლდება და მაღლა მიემართება (აღმავალ ორთქლს გაყვება ზევით).
3. აორთქლების და კონდენსაციის პროცესები თევშების რიგში მრავალჯერ მეორდება, რაც ნავთობის ფრაქციებად შედარებით ზუსტად დაყოფას განაპირობებს.

გარკვეულ ტემპერატურულ ინტერვალში ხდება ნავთობის გამოხდის ცალკეული ფრაქციის შეგროვება. ყველაზე დაბალმდულარე, ე.წ. „ბენზინის ფრაქცია“ შეიცავს C_5-C_{11} ნახშირწყალბადებს და დულს $40-200^{\circ}C$ ინტერვალში. ამ ფრაქციის შემდგომი გამოხდით ლებულობენ პეტროლეინის ეთერს ($40-70^{\circ}C$) და ბენზინს ($70-120^{\circ}C$). პეტროლეინის ეთერი გამოიყენება ლაქ-საღებურების გასახსნელად, ქიმიწმენდაში (ლაქების ამოსაყვანად) და ა.შ. ბენზინს კი იყენებენ ავტომობილებისა და თვითმფრინავების სანავადად.

ლიგროინის ფრაქცია შეიცავს C_8-C_{14} ნახშირწყალბადებს და დულს $150-250^{\circ}C$ ტემპერატურულ ინტერვალში. ლიგროინს იყენებენ ტრაქტორების სანავადად.

ნავთის ფრაქცია შეიცავს $C_{12}-C_{18}$ ნახშირწყალბადებს და დულს $180-300^{\circ}C$ ტემპერატურულ ინტერვალში. ნავთს იყენებენ სანავადად ტრაქტორებში, რექტიულ თვითმფრინავებსა და რაკეტებში.

$275^{\circ}C$ -ზე უფრო მაღალ ტემპერატურაზე იხდება გაზოილის ფრაქცია, რომელიც გამოიყენება დიზელის სანავადად.

ნავთობის გამოხდის შემდეგ რჩება მაზუთი – ბლანტი სითხე, რომელსაც იყენებენ სანავადად საქვაბე დანადგარებში. მაზუთის შემდგომ გამოხდას აწარმოებენ შემცირებული წნევის ქვეშ. ამ პირობებში მაზუთი შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე გამოიხდება და არ ხდება მის შემადგენლობაში შემავალი ნახშირწყალბადების დაშლა.



სურ. 7. სარექტიფიკაციო სვეტის თევშები



სურ. 8. მაზუთი



სურ. 9. გზის მოსაფალტება

ზოგიერთი ხარისხის ნავთობისაგან მიღებული მაზუთის გადახურებული წყლის ორთქლით გამოხდისას წარმოიქმნება თხევადი და მყარი ალკანების ნარევი – ვაზელინი, რომელიც გამოიყენება საცხებებისა და მალამოების დასამზადებლად, კოსმეტიკასა და მედიცინაში. ამ დროს ლებულობენ, აგრეთვე, მყარი ალკანების ნარევს – პარაფინს, რომელსაც იყენებენ სანთლების დასამზადებლად და მედიცინაში (პარაფინოთერაპია).

მაზუთის გამოხდის შემდეგ რჩება გუდრონი, რომელსაც გადამუშავების შემდეგ იყენებენ საგზაო მშენებლობაში (სურ. 9).

თეფშების ქვევით გროვდება მაზუთი. ყველაზე დაბალ-მდულარე ბენზინის ფრაქცია ორთქლის სახით გამოდის სარექტიფიკაციო სვეტიდან. მას მაცივარში ათხევადებენ და ნაწილს, აღმავალი ორთქლის გაცივებისა და კონდენსაციის მიზნით, სვეტში აბრუნებენ.

ბენზინის დეტონაციური მედეგობა

ბენზინის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თვისებაა დეტონაციური მედეგობა. რაც უფრო ძლიერი შეკუმშვის უნარი აქვს ბენზინის ორთქლისა და ჰაერის ნარევს, რომელიც მანქანის ძრავის ცილინდრში შეინოვება, მით მეტ მუშაობას შეასრულებს აალები-სას ეს ნარევი და მით უფრო მეტ სიმძლავრეს განავითარებს ძრავა (სურ. 10).

ზოგიერთი ხარისხის ბენზინი ვერ უძლებს ძლიერ შეკუმშვას, ნაადრევად ააღდება და ფეთქებით იწვის. ბენზინის ფეთქებით წვას დეტონაცია ეწოდება. დეტონაციისადმი ყველაზე ნაკლები მედეგობა გააჩნია ნორმალური აღნაგობის ალკანებს. განშტოებული აღნაგობის ალკანები და არენები კი უფრო მდგრადები არიან დეტონაციისადმი. ბენზინის დეტონაციური მედეგობის რაოდენობითი დახასიათებისათვის შემუშავებულია ოქტანური სკალა. 2,2,4-ტრიმეთილპენტანის ანუ იზოოქტანის ოქტანური რიცხვი პირობითად მიღებულია ასის, ნ-ჰექსანის კი – ნულის ტოლად. ნებისმიერი ნახშირწყალბადი და ნებისმიერი ხარისხის ბენზინი განსაზღვრული ოქტანური რიცხვით ხასიათდება. ოქტანური რიცხვი გვიჩვენებს იზოოქტანის შემცველობას მის ნ-ჰექსანთან ნარევში, რომელსაც დეტონაციისადმი ისეთივე მედეგობა ახასიათებს, როგორც მოცემული ხარისხის ბენზინს. თუ ბენზინის ოქტანური რიცხვია 93, ეს იმას ნიშნავს, რომ ამ ბენზინს ისეთივე უდეტონაციო შეკუმშვის უნარი ახასიათებს, როგორც 93% იზოოქტანისა და 7% ნ-ჰექსანის ნარევს (სურ. 11).



1 ნორმალური წვა



2 წვა აფეთქებით

სურ. 10. წვა ავტომანქანის ძრავაში



ოქტ.რიცხ. მინიმუმ 98
გოგორდის შემცვ. – 8,1მგ/კგ



ოქტ.რიცხ. მინიმუმ 95
S – 4,7 მგ/კგ



ოქტ. რიცხ. მინიმუმ 93
S – 5,4 მგ/კგ



ოქტ.რიცხ. მინიმუმ 92
S – 5,4მგ/კგ

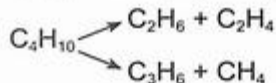
სურ. 11. ბენზინგასამართ სადგურებზე მითითებული სანავის მახასიათებლები

ზოგჯერ პირდაპირი გამოხდის ბენზინის ოქტანური რიცხვი დაბალია, განსაკუთრებით, თუ მასში ბევრია ნორმალური ალნაგობის ალკანები. ოქტანური რიცხვის გაზრდის მიზნით ბენზინს აცხელებენ პლატინის კატალიზატორთან ერთად, ამ დროს ალკანები და ციკლოალკანები არენებად გარდაიქმნება, ე.ი. ნარიმართება არომატიზაციის რეაქციები. შედეგად ბენზინის ოქტანური რიცხვი მნიშვნელოვნად იზრდება. ამ პროცესს ბენზინის რიფორმინგი (გაკეთილშობილება) ეწოდება.

ნავთობპროდუქტების კრეკინგი

ნავთობისაგან ბენზინი შედარებით მცირე რაოდენობით (20%) მიიღება, მასზე მოთხოვნილება კი ძალიან დიდია. ამიტომ ბენზინს დამატებით ლებულობენ მაზუთის კრეკინგით – მაზუთის შემადგენელი გრძელჯაჭვიანი ნახშირწყალბადების დაშლით უფრო დაბალმოლეკულურ ნახშირწყალბადებად. ამ დროს აირად ნახშირწყალბადებთან ერთად წარმოიქმნება ისეთი მოლეკულებიც, რომლებიც ბენზინის ფრაქციას შეესაბამება. კრეკინგი ნავთობის გადამუშავების მეორეული პროცესია.

მაგალითად, პექსადეკანის კრეკინგის შედეგად შეიძლება შემდეგი პროცესები განხორციელდეს:



ალკანების მოლეკულის გახლეჩა მიმდინარეობს რადიკალური მექანიზმით.

არსებობს კრეკინგის ორი სახე: თერმული და კატალიზური.

თერმული კრეკინგის დროს ნახშირწყალბადების დაშლა ხდება მაღალ ტემპერატურაზე (470-550°C). შედეგად მიიღება შედარებით დაბალმოლეკულური ალკანებისა და ალკენების ნარევი. მათი წარმოქმნის გამო ასეთი ბენზინის დეტონაციური მედეგობა მაღალია, ვიდრე პირდაპირი გამოხდის ბენზინისა, მაგრამ ალკენები ადვილად იჟანგება და პოლიმერიზდება, რის გამოც შენახვისას ასეთი ბენზინი არამდგრადია, ადვილად იფისება. წარმოქმნილი მაღალმოლეკულური ნაერთები ანაგვიანებს ბენზინსა და მის მიღებას, წარმოქმნის ნაწილს ძრავის ნაწილებზე. კრეკინგ-ბენზინის მედეგობის გასაზრდელად მას ანტიმჟანგავებს უმატებენ.

აირადი ალკენების მისაღებად კრეკინგს ახორციელებენ 650-750°C ტემპერატურაზე. რადგან კრეკინგის ტემპერატურის გაზრდისას უფრო მეტად ხდება მოლეკულების გახლეჩა, ასეთ მაღალტემპერატურულ კრეკინგს პიროლიზი ეწოდება. პიროლიზს იყენებენ აირადი უჯერი ნახშირწყალბადების მისაღებად.

კატალიზურ კრეკინგს ატარებენ შედარებით დაბალ ტემპურ-ატურაზე (450-500°C) ალუმოსილიკატების (კატალიზატორი) თანაობისას. თერმულ კრეკინგთან შედარებით, პროცესი უფრო სწრაფად მიმდინარეობს, ამასთანავე, ხორციელდება კრეკინგის პროდუქტების იზომერიზაცია. განშტოებული ნახშირწყალბადების წარმოქმნა ზრდის ბენზინის დეტონაციურ მედეგობას. კატალიზური კრეკინგის დროს ალკენების წარმოქმნა შედარებით მცირე რაოდენობით ხდება, რაც შენახვისას ბენზინის მდგრადობას განაპირობებს.

ნავთობის ქიმიური გადამუშავებით, რომელსაც ნავთობქიმიური მრეწველობა ახორციელებს, მრავალი მნიშვნელოვანი ორგანული ნივთიერება მიიღება. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გარემოს დაცვას როგორც უშუალოდ ნავთობისა და ნავთობპროდუქტებისაგან, ისე მათი წვის შედეგად წარმოქმნილი ნივთიერებებისაგან. გოგირდ- და აზოტშემცველი ნივთიერებები, რომელთაც ნავთობპროდუქტები შეიცავს, წვის დროს წარმოქმნის გოგირდისა და აზოტის ოქსიდებს. მათი მოხვედრა ატმოსფეროში დამლუპველად მოქმედებს ცოცხალ ორგანიზმებზე. ამიტომ გოგირდ- და აზოტშემცველი ორგანული ნაერთების მოსაცილებლად აწარმოებენ ჰიდროგანმენდას – გაცხელებას წყალბადის არეში კატალიზატორის თანაობისას. ამ პროცესში ისინი გარდაიქმნებიან გოგირდწყალბადად და ამიაკად, რომელთა მოცილება შედარებით ადვილია.

ყოველწლიურად მსოფლიო ოკეანეში იღვრება 6 მილიონ ტონამდე წყლი ნავთობი და ნავთობპროდუქტები გემების ავარიების მიზეზით, ტანკერებიდან ბალასტური წყლების ჩალვრის დროს, ნავთობის მოპოვებისა და ძიების პროცესში (სურ. 12). 1 ლ ნავთობს შეუძლია 40 000 ლ წყლის დაბინძურება. ეს გარემოს გამოუსწორებელ ზიანს აყენებს – ილუპება ცოცხალი ორგანიზმები.



სურ. 12. ნავთობით დაბინძურებული ოკეანის ზედაპირი

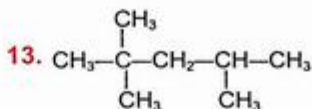
ბაიზარით

1. რა უპირატესობა გააჩნია ბუნებრივ აირს სათბობის სხვა სახეებთან შედარებით? რა გამოიყენება აქვს ქიმიურ მრეწველობაში?
2. რით განსხვავდება ნავთობის თანმხლები აირები ბუნებრივი აირისაგან?
3. დაასახელეთ ნავთობპროდუქტები, მიუთითეთ მათი შედგენილობა და გამოყენება.
4. პრაქტიკულად როგორ განასხვავებთ კრეკინგ-ბენზინს პირდაპირი გამოხდის ბენზინისაგან?
5. რით განსხვავდება თერმული კრეკინგი კატალიზური კრეკინგისაგან? დაახასიათეთ თერმული და კატალიზური კრეკინგით მიღებული ბენზინები.
6. რა არის ნავთობპროდუქტების არომატიზაცია? შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციათა ტოლობები.
7. გამოთქვით თქვენი მოსაზრება ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების სარგებლიანობისა და ზიანის შესახებ.

- ჩამოაყალიბეთ, რა განაპირობებს ორგანულ ნაერთთა მრავალფეროვნებას.
- როგორ ხსნის ელექტრონული აღნაგობის თეორია ალკანის ნახშირბადოვანი ჯაჭვის ზიგზაგისებურ აღნაგობას?
- დანერეთ მოლეკულური ფორმულა იმ ნაჯერი ნახშირწყალბადისა, რომლის სიმკვრივე წყალბადის მიმართ 43-ის ტოლია.
- განსაზღვრეთ ფორმულა ალკანისა, რომლის წვისას მიიღება 4-ჯერ მეტი მოცულობის ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი, ვიდრე ალკანის მოცულობაა.
- განსაზღვრეთ ალკანის ფორმულა, რომლის ერთი მოცულობის წვავი იხარჯება 8-ჯერ მეტი მოცულობის ჟანგბადი.
- 1 მოცულობა ალკანის წვისთვის დაიხარჯა 3,5 მოცულობა ჟანგბადი. ეს ნივთიერებაა:

ა) CH ₄	გ) C ₄ H ₁₀
ბ) C ₂ H ₆	დ) C ₃ H ₈
- ჩანაცვლების რეაქციები ალკანებში შეადარეთ ჩანაცვლების რეაქციებს არაორგანულ ნაერთებს შორის. რა მსგავსება და განსხვავებაა მათ შორის?
- პროპანის ქლორირებისას მიიღეს დიქლორპროპანების იზომერების ნარევი. დანერეთ ამ იზომერების სტრუქტურული ფორმულები და დაასახელეთ ისინი.
- განიხილეთ ატომთა ურთიერთგავლენა ქლორმეთანის მაგალითზე.
- 2-მეთილბუტანს იყენებენ საწყის ნივთიერებად კაუჩუკის სინთეზისათვის. მიიღეთ ეს ნივთიერება ნ-პენტანისაგან. რეაქციითა რომელ ტიპს მიეკუთვნება იგი?
- დაასახელეთ ნახშირწყალბადები, რომლებიც შეიძლება წარმოიქმნას პენტანის კრეკინგით.

- დანერეთ აღნაგობის ფორმულები ოქტანის იმ იზომერებისა, რომელთა ძირითად ჯაჭვში 5 ნახშირბადის ატომია.



მოცემული ალკანი რამდენ პირველად, მეორეულ, მესამეულ და მეოთხეულ ნახშირბადატომს შეიცავს?

- | |
|---------------|
| ა) 2, 3, 1, 2 |
| ბ) 3, 2, 1, 2 |
| გ) 4, 2, 1, 1 |
| დ) 5, 1, 1, 1 |
- რამდენი იზომერის სახით შეიძლება არსებობდეს ნორმალური აღნაგობის დიბრომბუტანი?

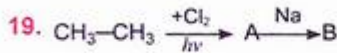
ა) 4	გ) 6
ბ) 5	დ) 8
 - რომელი ნივთიერებიდან შეიძლება მივიღოთ მეთანი ლაბორატორიაში? დანერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.

ა) CH ₃ Cl	გ) CH ₃ COOH
ბ) CH ₃ OH	დ) CH ₃ COONa
 - რეაქციაში $\text{C} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_4 + 75 \text{ კჯ მეთანის გამოსავალს გაზრდის}$:

ა) ტემპერატურის შემცირება, წნევის შემცირება;
ბ) ტემპერატურის გაზრდა, წნევის გაზრდა;
გ) ტემპერატურის გაზრდა, წნევის შემცირება;
დ) ტემპერატურის შემცირება, წნევის გაზრდა. პასუხი დაასაბუთეთ.
 - იპოვეთ ფორმულა ყველა იმ ნახშირწყალბადისა, რომელიც პასუხობს პირობას: აირადი ნახშირწყალბადისა და მისი სრული წვისათვის საჭირო ჟანგბადის ჯამური მოცულობა ორჯერ მეტია, ვიდრე წვის შედეგად მიღებული ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდის მოცულობა.

ა) CH ₄ , C ₂ H ₆	გ) CH ₄ , C ₃ H ₈
ბ) C ₂ H ₆ , C ₂ H ₂	დ) C ₃ H ₈ , C ₂ H ₄

18. უცნობი ნახშირწყალბადის ბრომირებისას წარმოიქმნა მხოლოდ ერთი მონობრომ-ნანარმი, რომლის სიმკვრივე ჰაერის მიმართ 5,207-ის ტოლია. ეს ნახშირწყალბა-
დია:
ა) ნ-ბუტანი;
ბ) 2-მეთილპროპანი;
გ) 2-მეთილბუტანი;
დ) 2,2-დიმეთილპროპანი.



გარდაქმნათა სქემაში A და B ნივთიერება არის:

- ა) A — C₂H₅Cl, B — C₂H₄
ბ) A — C₂H₅Cl, B — C₂H₃Cl
გ) A — C₂H₅Cl, B — C₄H₁₀
დ) A — C₂H₅Cl, B — C₂H₅Na
20. მოყვანილი ნახშირწყალბადებიდან რომელი არ არის ეთილენის პომოლოგი?
ა) CH₃—CH=CH—CH₃
გ) CH₂=CH—CH=CH₂
ბ) CH₂=CH—CH₂—CH₃
დ) CH₂=C(CH₃)—CH₃

21. მოცემულია ნახშირწყალბადი, რომლის მოლეკულაში ორ მეზობელ ნახშირბადის ატომბირთვებს შორის მანძილი 0,134 ნმ-ია. რომელ პომოლოგიურ რიგს მიეკუთვნება იგი?
ა) ალკანებს; გ) ალკინებს;
ბ) ალკენებს; დ) არენებს.

22. ჩამოთვლილთაგან, რომელ ნივთიერებას ახასიათებთ გეომეტრიული იზომერია?
ა) CH₂ = CH—CH₃
გ) CH₂ = CH—CH₂—CH₂—CH₃
ბ) CH₂ = C(CH₃)₂
დ) CH₃—CH=CH—CH₂—CH₃

23. ეთილენისა და მისი პომოლოგებისთვის არ არის დამახასიათებელი რეაქცია
ა) ჩანაცვლების; გ) ჟანგვის;
ბ) მიერთების; დ) პოლიმერიზაციის.

24. ეთილენის ჰიდრირებისას ნახშირბად-ატომის:
ა) ჰიბრიდიზაციის ტიპი და ნაერთის სივრცითი აღნაგობა არ იცვლება;
ბ) ჰიბრიდიზაციის ტიპი და ნაერთის სივრცითი აღნაგობა იცვლება;
გ) ჰიბრიდიზაციის ტიპი იცვლება, აღნაგობა არ იცვლება;
დ) ჰიბრიდიზაციის ტიპი არ იცვლება, აღნაგობა იცვლება.

25. რომელი ნივთიერება არ განიცდის პოლიმერიზაციას?
ა) C₂H₄ გ) C₃H₆
ბ) C₄H₆ დ) C₅H₁₂

26. ალკენის ორთქლის სიმკვრივე წყალბადის მიმართ უდრის 35. ეს ნივთიერებაა:
ა) C₅H₁₀ გ) C₂H₄
ბ) C₃H₆ დ) C₄H₁₀

27. 1 მოლი ნახშირწყალბადის წვისას წარმოიქმნება 3 მოლი CO₂ და 3 მოლი H₂O. ამ ნახშირწყალბადის მოლეკულური ფორმულაა:
ა) C₂H₄ გ) C₃H₆
ბ) C₂H₆ ა) C₃H₈

28. 1 ლ ალკენის წვისას მიიღება 4 ლ ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი. რა მოცულობის (ლ) ჟანგბადი იხარჯება ამ დროს (მოცულობები გაზომილია ერთნაირ პირობებში)?
ა) 4 გ) 8
ბ) 6 დ) 10

29. ეთილენისა და ეთანის ნარევი გაატარეს ბრომიან წყალში. ხსნარის მასა გაიზარდა 16 გ-ით. რეაქციაში შესული აირის მოცულობაა (ნ.პ):
ა) 1,12 ლ გ) 5,6 ლ
ბ) 2,24 ლ დ) 11,2 ლ

30. ნახშირწყალბადი ბრომთან წარმოქმნის მიერთების პროდუქტს, რომლის სიმკვრივე წყალბადის მიმართ 94-ის ტოლია. ნახშირწყალბადის ფორმულაა:
ა) C₂H₄ გ) C₄H₈
ბ) C₃H₆ დ) C₅H₁₀

47. მიმდინარეობს თუ არა ქიმიური გარდაქმნები ნავთობის ფრაქციული გამოხდის დროს?
48. განალაგეთ ნავთობროდუქტები დუღილის ტემპერატურის ზრდის მიხედვით.
49. ნახშირწყალბადი აღნიშნეთ C_2H_2 -ით. დანერეთ მისი სრული წვის რეაქციის ტოლობა.
50. დაასაბუთეთ, არსებობს თუ არა ნახშირწყალბადი, რომლის დანვისას ისეთივე მოცულობის ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი მიიღება, როგორცაა ნვაზე დახარჯული ჟანგბადის მოცულობა.
51. 200 მლ აირადი ნახშირწყალბადისა და 700 მლ ჟანგბადის ნარევი (ნიუთიერებები აღებულია სტექიომეტრული თანაფარდობით) დანვისს. რეაქციის პროდუქტების სანყის პირობებამდე ($25^{\circ}C$) დაყვანის შემდეგ მოცულობა შემცირდა 400 მლ-მდე. დაადგინეთ ნახშირწყალბადის ფორმულა.
52. როგორი მოცულობითი თანაფარდობით უნდა შეეურიოთ ერთმანეთს მეთანი და წყალბადი, რომ ამ ნარევის ნებისმიერი მოცულობის სრულად დასანვაგად დაიხარჯოს იმავე პირობებში აღებული იგივე მოცულობის ჟანგბადი?
53. დაადგინეთ ნახშირწყალბადის მოლეკულური ფორმულა, რომელშიც ნახშირბადის მასური წილი შეადგენს 85,7%-ს, ხოლო სიმკვრივე წყალბადის მიმართ 35-ის ტოლია.
54. მეთანიდან მიიღეს აცეტილენი. განსაზღვრეთ მეთანის გარდაქმნის ხარისხი, თუ რეაქციის შედეგად მიღებული ნარევი შეიცავს 15% აცეტილენს მოცულობით (წათვალეთ, რომ მეთანის დაშლა სხვა გზით არ მიმდინარეობს).
55. რა მასის კალიუმის პერმანგანატი დაიხარჯება იმ აირის მისაღებად, რომელიც 39 გ ბენზოლს გარდაქმნის პექსაქლორანად? მოიყვანეთ სათანადო რეაქციათა ტოლობები.

თემა II ფუნქციური ჯგუფის შემცველი ორბანული ნაერთები

თავი III

ნახშირწყალბადების ჰალოგენნაწარმები

ამ თავის შესწავლისას გაეცნობით:

- სხვადასხვა კლასის ნახშირწყალბადების ჰალოგენნაწარმების კლასიფიკაციას, ნომენკლატურასა და იზომერიას;
- ჰალოგენნაწარმების ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებს, ჰალოგენების ელექტრონაქცეპტორულ ბუნებას და მის გავლენას შესაბამისი ნახშირწყალბადების თვისებებზე;
- ნახშირწყალბადების ჰალოგენნაწარმების გამოყენებას ორგანულ სინთეზში და ყოფა-ცხოვრებაში.



14 ნახშირწყალბადების ჰალოგენანარმები

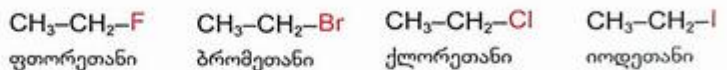
VIIA
17
9 F ფთხადი 19.00
17 Cl კლორი 35.45
35 Br ბრომი 79.90
53 I იოდი 126.90

სურ. 1. ჰალოგენები პერიოდულ სისტემაში

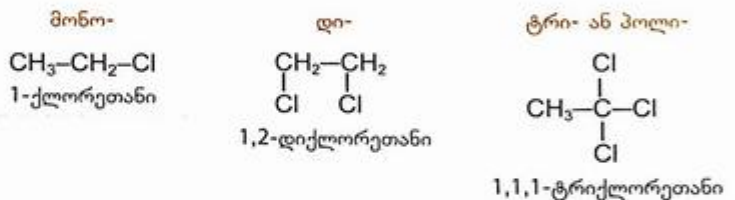
ნახშირწყალბადების ჰალოგენანარმები წარმოიქმნება ნახშირწყალბადის მოლეკულაში ერთი ან რამდენიმე წყალბადის ატომის ჰალოგენის ატომით ჩანაცვლების შედეგად.

ნახშირწყალბადების ჰალოგენანარმების კლასიფიკაცია შესაძლებელია სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით:

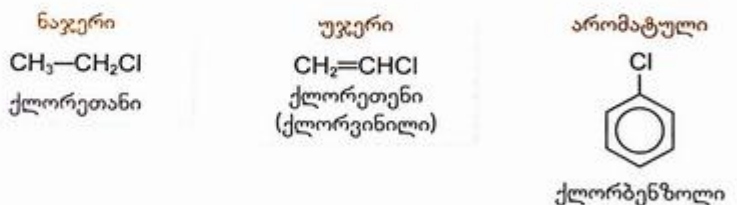
1. ჰალოგენის სახეობის მიხედვით – ფთორ-, ქლორ-, ბრომ- და იოდანარმები.



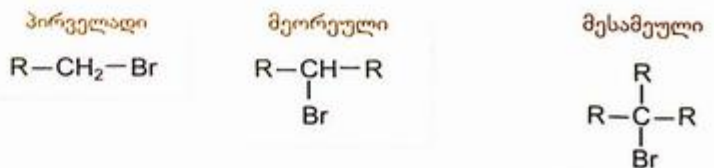
2. მოლეკულაში ჰალოგენის ატომთა რაოდენობის მიხედვით – მონო-, დი-, ტრი-, პოლიჰალოგენანარმები;



3. ნახშირწყალბადის რადიკალის ბუნების მიხედვით – ნაჯერი, უჯერი, არომატული ჰალოგენანარმები;



4. ნახშირბადატომის ტიპის მიხედვით, რომელთანაც დაკავშირებულია ჰალოგენის ატომი – პირველადი, მეორეული და მესამეული ჰალოგენანარმები.



ნახშირწყალბადების ჰალოგენნარმებში გვაქვს სტრუქტურული იზომერიის შემდეგი სახეები:

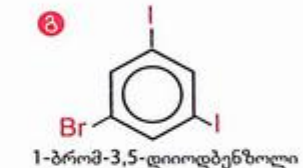
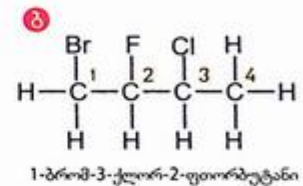
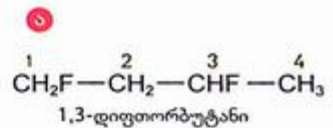
- ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერია;
- ჰალოგენის ატომის (ატომების) მდებარეობის იზომერია.

უჯერ-ეთილენური რიგის ნახშირწყალბადების ჰალოგენნარმებში გვხვდება ასევე სივრცითი იზომერიის სახეობა – გეომეტრიული ანუ ცის-ტრანს იზომერია.

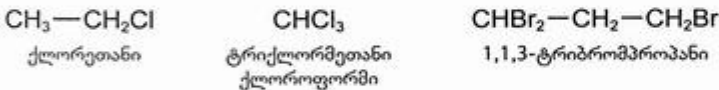
საერთაშორისო ჩანაცვლებითი ნომენკლატურით ჰალოგენნარმების დასახელება ხდება შემდეგი წესის მიხედვით:

- შესაბამისი ნახშირწყალბადების სახელწოდებაზე ფთორ-, ქლორ-, ბრომ- ან იოდ- პრეფიქსის დამატებით.
- ნახშირბადოვან ჯაჭვში ჰალოგენის ატომთა მდებარეობის მითითება ხდება მათი რაოდენობისა და ლოკანტის აღნიშვნით.
- იზომერების დასახელებისათვის გამოიყენება ასევე რადიკალების სახელწოდებებიც. ზოგიერთ ჰალოგენნარმს აქვს ტრივიალური სახელწოდებაც.
- თუ პრეფიქსად ჰალოგენის გარდა სხვა ჩანაცვლებულის დასახელებაც არის საჭირო, ჩამნაცვლებელი ანბანური წესით ჩამოითვლება.

მოვიყვანოთ მაგალითები:



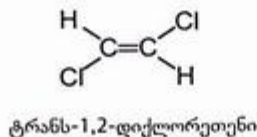
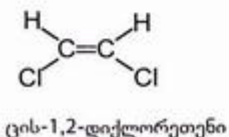
ა ნაჯერი ნახშირწყალბადების ჰალოგენნარმებია:



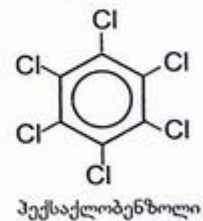
ქლორბუტანი ($\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$) არსებობს 4 იზომერის სახით:

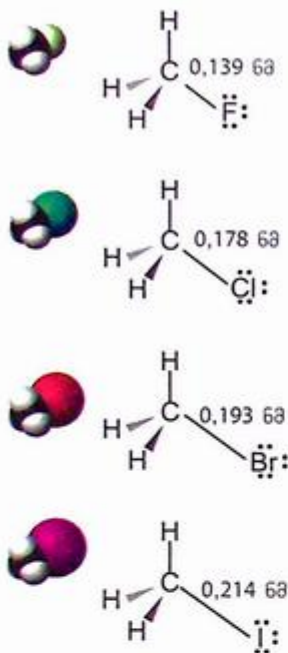


ბ უჯერი ნახშირწყალბადების ჰალოგენნარმებია:



გ არომატული ნახშირწყალბადების ჰალოგენნარმებია:





დააკვირდით, როგორ იცვლება C-X ბმის პოლარიზება და პოლარიზებადობა ჰალოგენალკანების რიგში, სადაც X არის F, Cl, Br და I.

ფიზიკური თვისებები. ნახშირწყალბადების ჰალოგენნარმების ფიზიკური თვისებები დამოკიდებულია როგორც ჰალოგენის ბუნებაზე, ისე ნახშირწყალბადის რადიკალის შედგენილობაზე და აღნაგობაზე.

მაგალითად, ნახშირწყალბადების ჰომოლოგიური რიგის დაბალი წევრების ჰალოგენნარმები სპეციფიკური სუნის აირადი ან აქროლადი თხევადი ნივთიერებებია, ხოლო უმაღლესი ჰალოგენნარმები – მყარი ნივთიერებები. უმრავლესობა არ იხსნება წყალში, იხსნება ორგანულ გამხსნელებში.

ჰალოგენალკანებში დუღილის ტემპერატურა იზრდება ჰალოგენის ატომის ზომის ზრდასთან ერთად. ფთორალკანებს აქვს ყველაზე დაბალი დუღილის ტემპერატურა, იოდალკანებს – ყველაზე მაღალი (ცხრ. 1). პოლარიზებადობა და, შესაბამისად, მოლეკულათშორისი ურთიერთქმედება მეტია, როდესაც ელექტრონი მეტად არის დაცილებული ბირთვიდან, რაც ნათლად ჩანს ჰალოგენალკანების დუღილის ტემპერატურების შედარებისას.

ცხრილი 1. ჰალოგენნარმების დუღილის ტემპერატურის ცვლილება ჰომოლოგიური რიგში

ჯგუფი	ფორმულა	$t_{\text{დუღ.}}^{\circ\text{C}}$			
		X = F	X = Cl	X = Br	X = I
მეთილი	CH_3X	-78	-24	+3	+42
ეთილი	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{X}$	-32	+12	+38	+72
პროპილი	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{X}$	-3	+47	+71	+103
პენტილი	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{X}$	+65	+108	+129	+157
ჰექსილი	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_2\text{X}$	+92	+134	+155	+180

დი- და პოლიჰალოგენნარმები კი წყალში უხსნადი, მძიმე, ზეთისებრი სითხეები ან კრისტალური ნივთიერებებია.

მეთანის ქლორნარმებში დუღილის ტემპერატურა იზრდება ქლორის ატომების რიცხვის ზრდასთან ერთად (ცხრ. 2).

ჰალოგენალკანებში საინტერესოა ის ფაქტი, რომ ფთორის რაოდენობის გაზრდა დუღილის ტემპერატურას არ ზრდის. CH_3F_3 დუღს უფრო დაბალ ტემპერატურაზე, მონო- და დიფთორნარმებთან შედარებით. ხოლო ჰექსაფთორეთანს აქვს ყველაზე დაბალი დუღილის ტემპერატურა. მიზეზი ფთორის მცირე პოლარიზებადობა და შედეგად სუსტი მოლეკულათშორისი ურთიერთქმედების ძალეობა (ცხრ. 3).

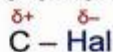
ცხრილი 2. მეთანის ქლორნარმების $t_{\text{დუღ.}}^{\circ\text{C}}$

CH_3Cl	-24°C
CH_2Cl_2	40°C
CHCl_3	61°C
CCl_4	77°C

ცხრილი 3. მეთანის ფთორნარმების $t_{\text{დუღ.}}^{\circ\text{C}}$

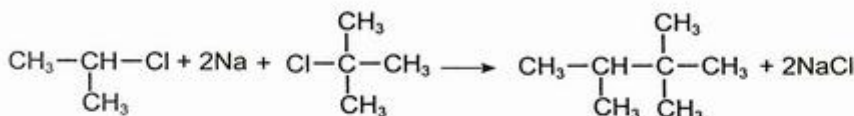
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}$	-32°C
CH_3CHF_2	-25°C
CH_3CF_3	-47°C
CF_3CF_3	-72°C

ქიმიური თვისებები. ნახშირწყალბადების ჰალოგენნარმები ძლიერ აქტიური ნაერთებია. ნახშირბადისა და ჰალოგენის ატომებს შორის ბმა პოლარულ-კოვალენტურია:



ბმის მაღალი პოლარობა განსაზღვრავს მის აქტივობას ქიმიურ რეაქციებში:

1 ვიურცის რეაქცია. ჰალოგენალკანების ურთიერთქმედებით ტუტე მეტალებთან წარმოიქმნება ალკანი გრძელი ჯაჭვით:

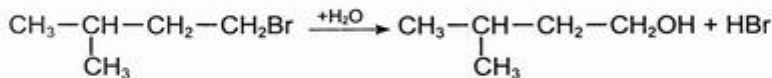


2-ქლორპროპანი

2-მეთილ-2-ქლორპროპანი

2,2,3-ტრიმეთილბუტანი

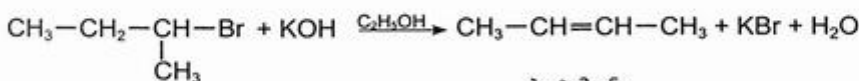
2 შიდროლიზი. ჰალოგენალკანების ურთიერთქმედებით წყალთან ტუტის თანაობისას წარმოიქმნება სპირტი:



1-ბრომ-3-მეთილბუტანი

3-მეთილბუტ-1-ოლი

3 დეჰიდროჰალოგენირება. ჰალოგენალკანების ურთიერთქმედებით ტუტის სპირტისნართან მიმდინარეობს დეჰიდროჰალოგენირება ალკენის წარმოქმნით:



2-ბრომბუტანი

ბუტ-2-ენი

გამოყენება. დიდი პრაქტიკული გამოყენება აქვს ალკანების ჰალოგენნარმებს. ქლორმეთანს იყენებენ გამაცივებელ აგენტად მაცივარ-დანადგარებში. ამავე მიზნით გამოიყენება დიფთორდიქლორმეთანი (ფრეონი). დიქლორმეთანი, ტრიქლორმეთანი და ტეტრაქლორმეთანი იხმარება გამხსნელებად. ტრიოქლორმეთანი (იოდოფორმი), როგორც ანტისეპტიკური საშუალება, გამოიყენება სტომატოლოგიურ პრაქტიკაში და მალამოების დასამზადებლად (სურ. 2). ქლორეთანი ($t_{\text{მზ.}} + 12^\circ\text{C}$) შედარებით სუსტი გაცივებისას სითხედ იქცევა, რომელიც ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ქროლდება დიდი რაოდენობით სითბოს შთანთქმით. მისი ეს თვისება გამოიყენება მედიცინაში ადგილობრივი ანესთეზიისათვის



სურ. 2. CHCl_3 იოდოფორმი წყალში უხსნადი კრისტალური ნივთიერებაა. გამოყენება ანტისეპტიკად.

ქლორთან რეაგირებისას მიღებული 1,2-დიქლორეთანი საუკეთესო გამხსნელია, რის გამოც იყენებენ ფისების გასახსნელად და ქსოვილების გასანმენდად, ასევე იხმარება სოფლის მეურნეობაშიც ვაზის ფილოქსერის წინააღმდეგ.

აცეტილენის ქლორნანარმები საუკეთესო გამხსნელებია. ქლორწყალბადთან ურთიერთქმედებისას აცეტილენი წარმოქმნის ქლორვინილს, რომლის პოლიმერიზაციით მიიღება პოლიქლორვინილი – საუკეთესო მასალა სადენების საიზოლაციოდ, მიღებისა და ხელოვნური ტყავის დასამზადებლად.

შიკური ამოხანის ამოხსნა

ამოცანა

ჰალოგენალკანის ორთქლის სიმკვრივე ნორმალურ პირობებში 2,88 გ/ლ-ის ტოლია. დაადგინეთ მისი ფორმულა.

ამოხსნა:

$$\text{მოც.: } \frac{\rho(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{X}) = 2,88 \text{ გ/ლ}}{\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{X} = ?}$$

X — ჰალოგენი

$$M = \rho V_M$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{X}) = 2,88 \text{ გ/ლ} \cdot 22,4 \text{ ლ/მოლი} = 64,5 \text{ გ/მოლი}$$

მოლური მასის მნიშვნელობიდან გამომდინარე, ჰალოგენალკანის შემადგენლობაში შემავალი ჰალოგენი შეიძლება იყოს ფთორი ან ქლორი.

დაეუშვათ ჰალოგენი ქლორია (X = Cl).

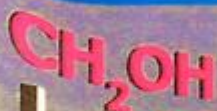
$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}) = 64,5 - 35,5 = 29 \text{ გ/მოლი}$$

$$\text{C}_n\text{H}_{2n+1} = 29 \quad | \quad n = 2 \quad \text{ე.ი. } \text{C}_2\text{H}_5$$

ჰალოგენალკანის ფორმულაა $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ (ქლორეთანი).

გაიაზრეთ

- რომელი ნივთიერებები უნდა ავიღოთ, რომ ვიურცის რეაქციით მივიღოთ 2,2-დიმეთილბუტანი?
- რამდენი მონოქლორნანარმის მიღება შეიძლება იზოოქტანიდან (იზოოქტანი – 2,2,4-ტრიმეთილპენტანი)?
- მედიცინაში ადგილობრივი ანესთეზიისათვის გამოიყენება:
 - ქლორმეთანი
 - ქლორეთანი
 - ქლოროფორმი
 - იოდოფორმი
- რამდენი იზომერის სახით შეიძლება არსებობდეს ნ-ბუტანის დიბრომნანარმი ($\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2$)?



ამ თავის შესწავლისას გაცნობით:

- ნახშირწყალბადების ჟანგბადშემცველი ნაწარმების კლასიფიკაციას ფუნქციური ჯგუფების მიხედვით;
- ნახშირწყალბადების ჟანგბადშემცველი ნაწარმების ნომენკლატურას;
- ფუნქციური ჯგუფებიდან გამომდინარე, კავშირს ჟანგბადშემცველი ნაერთების აღნაგობასა და თვისებებს შორის;
- გენეტიკური კავშირის დადგენას ნახშირწყალბადებს, სპირტებს, კარბონმჟავებსა და ესტერებს შორის;
- ჟანგბადშემცველი ნაერთების თითოეული კლასის წარმომადგენლის მნიშვნელობას ადამიანის ყოფა-ცხოვრებაში.

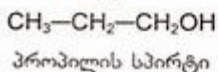


ცხრილი 1. უნაგბადმემცველი ორგანული ნერთების კლასიფიკაცია ფუნქციური ჯგუფების მიხედვით

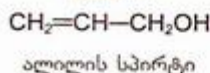
ფუნქციური ჯგუფი	ჯგუფის სახელწოდება	ნერთთა კლასი	ზოგადი ფორმულა
-OH	ჰიდროქსილი	სპირტები ფენოლები	R-OH Ar-OH
>C=O	კარბონილი	ალდეჰიდები კეტონები	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}$
$\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	კარბოქსილი	კარბონმჟავები	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$
$\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OR}$	ალკოქსიკარბონილი	ესტერები (რთული ეთერები)	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OR}$

ნახშირწყალბადის მოლეკულაში წყალბადის ერთი ან რამდენიმე ატომის ჰიდროქსილის ჯგუფით ჩანაცვლებისას მიიღება ნახშირწყალბადთა ჰიდროქსინაწარმოები.

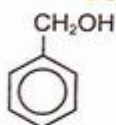
ნაჯერი



უჯერი



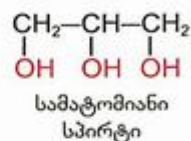
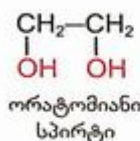
არომატული



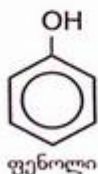
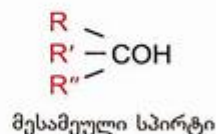
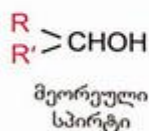
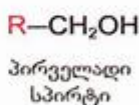
ბენზოლის სპირტი

სპირტები ორგანული ნერთებია, რომელთა მოლეკულაში ჰიდროქსილის ფუნქციური ჯგუფი დაკავშირებულია ნახშირწყალბადის რადიკალთან.

1. რადიკალის ბუნების მიხედვით არჩევენ ნაჯერ, უჯერ, არომატულ სპირტებს.
2. ჰიდროქსილის ჯგუფების რაოდენობა განაპირობებს სპირტის ატომიანობას. განასხვავებენ ერთ-, ორ-, სამ- და მრავალატომიან სპირტებს:

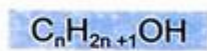


3. ჰიდროქსილის ჯგუფი სპირტის მოლეკულაში შეიძლება დაკავშირებული იყოს პირველად, მეორეულ ან მესამეულ ნახშირბადატომთან. ამის მიხედვითაც არჩევენ პირველად, მეორეულ და მესამეულ სპირტებს:



4. თუ ჰიდროქსილის ჯგუფი უშუალოდ ბენზოლის ბირთვთანაა დაკავშირებული, ასეთ ჰიდროქსინაწარმოებს ფენოლები ეწოდება.

ნაჯერი ერთატომიანი სპირტების ზოგადი ფორმულაა: $C_nH_{2n+1}OH$. მათი სახელწოდება წარმოდგება შესაბამისი რადიკალების სახელწოდებებისაგან – მეთილის სპირტი CH_3OH , ეთილის სპირტი CH_3-CH_2OH , პროპილის სპირტი $CH_3-CH_2-CH_2OH$ და ა.შ. საერთაშორისო ნომენკლატურით სპირტების სახელწოდება იწარმოება შესაბამისი ალკანების სახელწოდებებიდან სუფიქსი „ოლ“-ის დამატებით. მაგალითად, მეთანოლი, ეთანოლი, პროპანოლი და ა. შ., ზოგადად **ალკანოლი**.

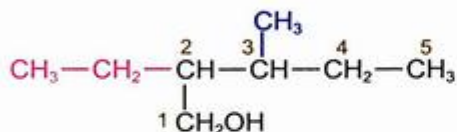


ერთატომიანი სპირტების ზოგადი ფორმულა

ცხრილი 1. ალკანოლების ჰომოლოგიური რიგი

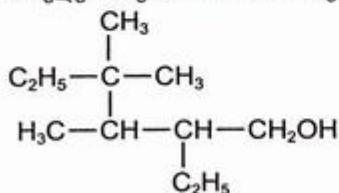
ფორმულა	სახელწოდება		t _მ , °C	t _დ , °C
CH ₃ -OH	მეთანოლი	მეთილის ანუ ხის სპირტი	-97,8	64,7
CH ₃ -CH ₂ -OH	ეთანოლი	ეთილის ანუ ღვინის სპირტი	-117,3	78,5
CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -OH	პროპან-1-ოლი	პროპილის სპირტი	-127	97,2
CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH	ბუტან-1-ოლი	ბუტილის სპირტი	-89,5	117,7
CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH	პენტან-1-ოლი	პენტილის სპირტი	-78,5	138

განშტოებული აღნაგობის სპირტების დასახელებისას მთავარი ჯაჭვის დანომვრა იწყება იმ ბოლოდან, რომელთანაც უფრო ახლოსაა ჰიდროქსილის ჯგუფი. ამასთან, სახელწოდებაში მთავარი ჯაჭვის დასახელების შემდეგ აუცილებელია იმ ნახშირბადატომის ლოკანტის მითითება, რომელთანაც დაკავშირებულია ჰიდროქსილის ჯგუფი. ლოკანტი იწერება „ოლ“ სუფიქსის წინ.



2-ეთილ-3-მეთილპენტან-1-ოლი

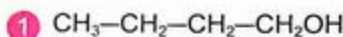
 დასახელებით საერთაშორისო ნომენკლატურით.



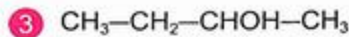
სპირტების ჰომოლოგიურ რიგში გვხვდება ორი სახის იზომერია: ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერია და ჰიდროქსილის ჯგუფის მდებარეობის იზომერია.

ბუტანოლის იზომერებია:

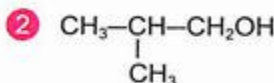
დააკვირდით, ბუტანოლის მოყვანილი იზომერებიდან რომლებია ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერები და რომლები – ფუნქციური ჯგუფის მდებარეობის იზომერები?



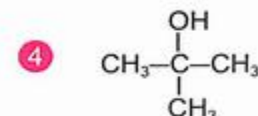
ბუტან-1-ოლი
(ნ-ბუტილის სპირტი)



ბუტან-2-ოლი
(მეორეული ბუტილის სპირტი)



2-მეთილპროპან-1-ოლი
(იზობუტილის სპირტი)



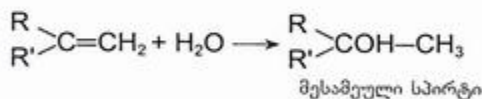
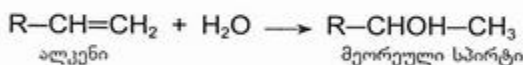
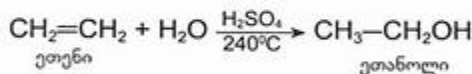
2-მეთილპროპან-2-ოლი
(მესამეული ბუტილის სპირტი)

მიღება. ალკანოლების მიღების ზოგადი მეთოდებია:

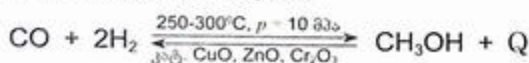
1 ჰალოგენალკანის ტუტე-ჰიდროლიზი (წყალთან გაცხელება ტუტის თანაობისას)



2 ალკენების ჰიდრატაცია მუვა კატალიზატორების (H_2SO_4 , H_3PO_4) თანაობისას. ეთილენის ჰიდრატაციით მიიღება პირველადი სპირტი, "ზოლო მისი ჰომოლოგების ჰიდრატაციით – მეორეული ან მესამეული სპირტები:



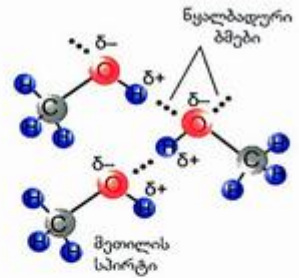
3 გარდა ზოგადი მეთოდებისა, ალკანოლების ზოგიერთი ნარმომადგენელი შეიძლება მივიღოთ სხვა მეთოდითაც. მაგალითად, მეთანოლი მიიღება ნახშირბად(II)-ის ოქსიდისა და წყალბადისგან სინთეზით სათანადო პირობებში:



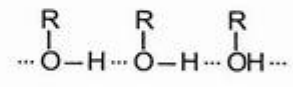
4 ეთილის სპირტის მიღების უძველესი ხერხია გლუკოზის სპირტული დუღილი:



ფიზიკური თვისებები. ნაჯერი ერთატომიანი სპირტების ჰომოლოგიური რიგის დაბალი წევრები სითხეებია, მეთორმეტე წევრიდან კი – მყარი ნივთიერებები. როგორც ცხრილიდან ჩანს (ცხრ.1), სპირტების დუღილის ტემპერატურა ანომალურად მაღალია, ვიდრე იმავე ნახშირბადატომთა რიცხვის შემცველ ალკანებისა. დუღილის მაღალი ტემპერატურა და პირველივე წევრის თხევადი მდგომარეობა აიხსნება მოლეკულების ასოციაციით, რაც გამოწვეულია წყალბადური ბმების წარმოქმნით (სურ. 1).



წყალბადური ბმები წარმოიქმნება არა მარტო სპირტის მოლეკულებს შორის, არამედ სპირტისა და წყლის მოლეკულებს შორისაც, რაც სპირტების წყალში კარგი ხსნადობის მიზეზია.

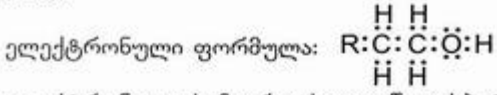


სურ. 1. წყალბადური ბმების წარმოქმნა სპირტის მოლეკულებს შორის

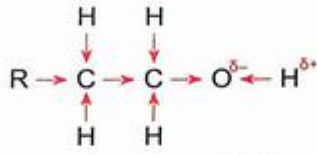
ყველა სპირტი წყალზე მსუბუქია (სიმკვრივე $\rho < 1$). მეთანოლი და ეთანოლი სპეციფიკური სუნის ნივთიერებებია, წყალს ერევიან ნებისმიერი თანაფარდობით. ბუტანოლს და პენტანოლს არასასიამოვნო სუნი აქვს, მათი ხსნადობა წყალში შეზღუდულია. ნახშირწყალბადის რადიკალის გაზრდასთან ერთად, სპირტების წყალში ხსნადობა თანდათან მცირდება, უმაღლესი სპირტები უსუნო, წყალში უხსნადი ნივთიერებებია.

ნაჯერი ერთატომიანი სპირტების მოლეკულაში ნახშირბადატომების ვალენტური ორბიტალები sp^3 ჰიბრიდიზაციის მდგომარეობაშია. ჟანგბადის ატომი ნახშირბადისა და წყალბადის ატომებთან კოვალენტურ ბმებს გარკვეული კუთხით წარმოქმნის. მაგალითად, ეთანოლში ეს კუთხე 106° -ის ტოლია.

ქიმიური თვისებები. ალკანოლების ქიმიური თვისებები, განპირობებულია მათ მოლეკულაში ფუნქციური (OH) ჯგუფის არსებობით.

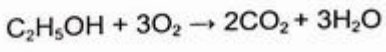


ელექტრონული სიმკვრივის გადაწევა სპირტის მოლეკულაში:



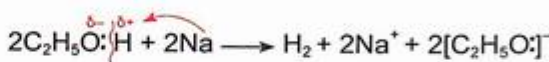
საიდანაც ჩანს, რომ ნახშირბადისა და წყალბადის ატომებიდან ბმის ელექტრონული სიმკვრივე გადაწეულია ჟანგბადის, როგორც უფრო ელექტროუარყოფითი ელემენტის ატომისაკენ. ასეთი პოლარიზაცია იწვევს პოლარული C–O და O–H ბმების იონურ განწყვეტას. ამიტომ ალკანოლებისათვის დამახასიათებელია რეაქციები, როდესაც იხლიჩება O–H ბმა, ან C–O ბმა.

1 **წვა.** სპირტები, სხვა ორგანული ნაერთების მსგავსად, იწვის ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდისა და წყლის წარმოქმნით:

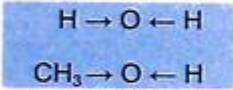


დაბალი წევრები იწვის მოლურჯო, თითქმის არამნათი ალით, დიდი მოლეკულური მასის სპირტები კი – მნათი ალით და წვის შემდეგ ტოვებს შავ ნაფიფქს.

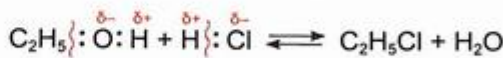
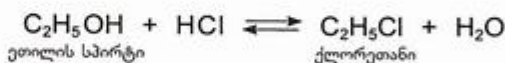
2 ურთიერთქმედება ტუტე მეტალებთან. პოლარიზებული O–H ბმის წყალბადატომი ძლიერ განსხვავდება სპირტის მოლეკულაში არსებული სხვა წყალბადატომებისაგან. იგი უანგბადის ატომთან უფრო სუსტადაა ბმული, მოძრავია და ადვილად ჩაინაცვლება აქტიურ მეტალთა ატომებით. ენერგიულად მიმდინარეობს სპირტების ურთიერთქმედება ნატრიუმსა და კალიუმთან. ამ დროს გამოიყოფა წყალბადი და მიიღება ალკოჰოლატები:



მოცემული რეაქცია მიუთითებს სპირტისა და წყლის თვისებების ანალოგიაზე. სპირტი ამჟღავნებს მჟავა ბუნებას, მაგრამ მისი დისოციაციის ხარისხი წყლისაზე უფრო მცირეა, რაც ალკილის რადიკალის ელექტრონდონორული ბუნებითაა განპირობებული. რადიკალის გავლენით უანგბადის ატომზე ელექტრონული სიმკვრივე იზრდება. ეს იწვევს O–H ბმის პოლარიზაციის შემცირებას და, შედეგად, მჟავური ბუნების შესუსტებას.



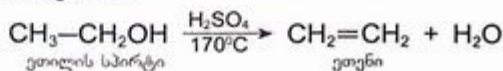
3 ურთიერთქმედება ჰალოგენწყალბადებთან. სპირტებზე ჰალოგენწყალბადების მოქმედებით მიიღება ჰალოგენალკანები:



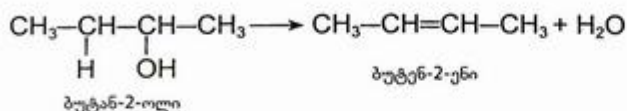
რეაქცია შექცევადია. წონასწორობა რომ გადაიხაროს ჰალოგენალკანის წარმოქმნის მხარეს, აუცილებელია წყალწარმოვენი ნივთიერებების (კონცენტრირებული გოგირდმჟავას, კალციუმის ქლორიდის და სხვ.) გამოყენება.

4 დეჰიდრატაცია

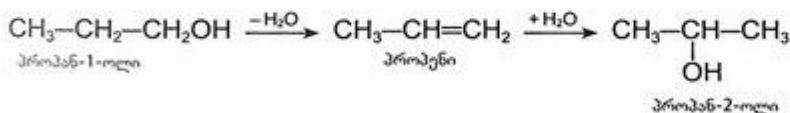
ა) შიგამოლეკულური დეჰიდრატაცია. სპირტები კონცენტრირებულ გოგირდმჟავასთან ერთად 170°C ტემპერატურამდე გახურებისას განიცდიან შიგამოლეკულურ დეჰიდრატაციას ალკენების წარმოქმნით:



მეორეული და მესამეული სპირტების დეჰიდრატაციის დროს წყალბადატომის მოწყვეტა უპირატესად ხდება ნაკლებად ჰიდრირებული ნახშირბადატომიდან:



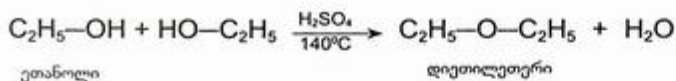
რადგან ალკენების ჰიდრატაცია ექვემდებარება მარკოვნიკოვის წესს, ამიტომ დეჰიდრატაციისა და შემდგომი ჰიდრატაციის გზით შესაძლებელია ერთი იზომერის მეორე იზომერად გარდაქმნა. მაგალითად:



ბ მოლეკულათშორისი დეჰიდრატაცია. კონცენტრირებულ გოგირდმჟავასთან ერთად სპირტების სუსტი გახურებისას (არაუმეტეს 140°C-ისა და სპირტის სიჭარბისას) მიმდინარეობს მოლეკულათშორისი დეჰიდრატაცია, ე. ი. წყლის მოლეკულის ჩამოცილება სპირტის ორი მოლეკულიდან. ამ დროს მიიღება ეთერები (მარტივი ეთერები):



ეთილის სპირტიდან მიიღება დიეთილეთერი:

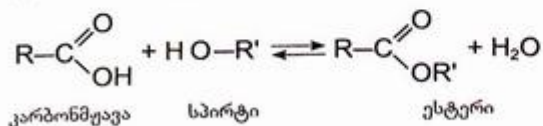


დიეთილეთერი მარტივი ეთერების კლასს მიეკუთვნება.

ეთერები ორგანული ნაერთებია, რომელთა მოლეკულები შედგება ფანგბადის ატომით დაკავშირებულ ნახშირწყალბადის რადიკალებისგან. ზოგადი ფორმულაა R-O-R (R-O-R').

ეთერები სპირტების იზომერული ნაერთებია (კლასთაშორისი იზომერებია).

5 ურთიერთქმედება კარბონმჟავებთან. სპირტები ურთიერთქმედებს კარბონმჟავებთან მინერალური მჟავების (კატალიზატორი) თანაობისას. მიღებულ პროდუქტს ესტერი (რთული ეთერი) ეწოდება, თვით რეაქციას — ესტერიფიკაციის რეაქცია:



უმნიშვნელო რაოდენობაც კი აზიანებს თვალის ნერვს და ინვევს სიბრმავეს, ჭარბი რაოდენობა შესაძლებელია სიკვდილის მიზეზიც გახდეს. ამიტომ მისი გამოყენებისას უსაფრთხოების ზომების დაცვა საჭირო. მეთანოლით მონამელისას ეთანოლი ანტიდოტია. ადამიანის ენზიმი (ფერმენტი) დეჰიდროგენაზა რეაგირებს ეთანოლთან, ხოლო მეთანოლი უცვლელი სახით გამოიყოფა შარდთან ერთად.

ეთანოლისა და თხევადი ჟანგბადის ნარევეს იყენებენ საწვავად რეაქტიულ თვითმფრინავებში. ეთანოლს მედიცინაში იყენებენ სადეზინფექციო საშუალებად (სურ. 5). როგორც საუკეთესო გამსხნელს, იყენებენ ქიმიურ წარმოებაში სამკურნალო პრეპარატებისა და სამკურნალო მცენარეულის ნაყენის დასამზადებლად. ეთანოლიდან ლებულობენ საკვებ ძმარმზავას.



სურ. 5. ეთანოლი სადეზინფექციო საშუალებაა.

ფრთხილად ეთანოლთან!

ეთილის სპირტი მცირე დოზებით სტიმულატორია, მაგრამ ფიზიოლოგების, ქიმიკოსების, ექიმების მიერ დადგენილია, რომ მისი ჭარბი ან ხანგრძლივი გამოყენება უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. კერძოდ, გამოვლინდა მჭიდრო კავშირი ალკოპოლიზმსა და პირის ღრუს, ყელის საყლაპავი მილის, ღვიძლისა და ფილტვის კიბოს შორის. ალკოპოლიზმი ინვევს ღვიძლის, კუჭქვეშა ჯირკვლის, კუჭის, თირკმლების ფუნქციათა დარღვევას. უარესდება ტვინის მუშაობა, რის შედეგადაც ქვეითდება მეხსიერება, ირღვევა ფსიქიკა, ადამიანი კარგავს ინტელექტუალური და ხშირად გონებრივი მუშაობის უნარს.

ეთანოლი ორგანიზმზე ზემოქმედებს არა მხოლოდ უშუალოდ, არამედ ღვიძლში გარდაიქმნება ტოქსიკურ ნივთიერებად ეთანალად (აცეტალდეჰიდად, $\text{CH}_3\text{-CH=O}$), რომელიც ინვევს ანთებას, ალკოპოლის ხანგრძლივად გამოყენების შემთხვევაში კი – ციროზს ან ღვიძლის სრულ დაშლას. ეთანოლი არ ითვლება ნარკოტიკად, მაგრამ ჭარბი ან ხანგრძლივი გამოყენება ტოქსიკურია, ხასიათდება მისი განმეორებით გამოყენების სურვილით – ინვევს დამოკიდებულებას. სტატისტიკური მონაცემებით, სიკვდილიანობის გამომწვევ მიზეზთა შორის, ალკოპოლიზმი იკავებს მესამე ადგილს გულსისხლძარღვთა და ონკოლოგიური დაავადებების შემდეგ.

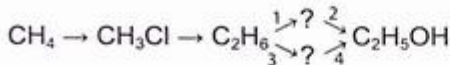
ბაიანკრძო

1. დანერეთ სპირტის სტრუქტურული ფორმულა, რომლის სახელწოდებაა:
 - ა) 3,4-დიმეთილპენტან-2-ოლი;
 - ბ) 2,2,4,4-ტეტრამეთილპენტან-1-ოლი.
2. რომელი სპირტი მიიღება ტრიფთორპროპენის ჰიდრატაციით?
 - ა) ექვემდებარება თუ არა რეაქცია მარკოვნიკოვის წესს?
 - ბ) დაასახელეთ მიღებული პროდუქტი.
3. სპირტების მოლეკულები, ტუტეების მსგავსად, შეიცავს ჰიდროქსილის ჯგუფს, მაგრამ ტუტეებისაგან განსხვავებით მათი წყალხსნარები დენს არ ატარებს. ახსენით მიზეზი.
4. რომელი ეთერები შეიძლება წარმოიქმნას მეთილისა და ეთილის სპირტების ნარევის მოლეკულათშორისი დეჰიდრატაციით? შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციათა ტოლობები და დაასახელეთ ისინი.

1. შეადგინეთ $C_5H_{12}O$ შედგენილობის სპირტის ყველა შესაძლო იზომერის სტრუქტურული ფორმულა. ა) დაასახელეთ ისინი საერთაშორისო ნომენკლატურით, ბ) განსაზღვრეთ, მათ შორის რამდენია პირველადი, მეორეული და მესამეული სპირტი.

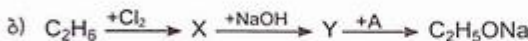
2. დაწერეთ 2-მეთილპროპენის პიდრატაციის რეაქციის ტოლობა და დაასახელეთ მიღებული ნივთიერება.

3. განახორციელეთ შემდეგი გარდაქმნები:



4. ახსენით, იზომერული ნერთები – ეთილის სპირტი და დიმეთილეთერი რატომ განსხვავდება ერთმანეთისაგან მკვეთრად ფიზიკური და ქიმიური თვისებებით?

5. რას ნარმოადგენს A ნივთიერება გარდაქმნათა სქემებში:



დაწერეთ სქემების შესაბამისი რეაქციათა ტოლობები.

6. რა ნივთიერება მიიღება:

ა) პირველადი სპირტის დაჟანგვით,

ბ) მეორეული სპირტის დაჟანგვით?

7. რომელი ნაჯერი ნახშირწყალბადიდან შეიძლება მივიღოთ ერთატომიანი სპირტი, რომლის ორთქლის სიმკვრივე წყალბადის მიმართ 23-ის ტოლია. მოიყვანეთ შესაბამისი რეაქციათა ტოლობები.

8. უცნობი ალნაგობის ერთატომიანი სპირტისაგან მიიღეს სიმეტრიული ალნაგობის ეთილენური ნახშირწყალბადი, რომლის 14 გ რეაგირებს 40 გ ბრომთან. დაადგინეთ საწყისი სპირტის ალნაგობა.

9. 12,8 გ ნაჯერ ერთატომიან სპირტზე Na-ის მოქმედებით გამოიყო 4,48 ლ (ნ.პ.) წყალბადი. დაადგინეთ სპირტის ფორმულა.

10. რა ქიმიური თვისებები ახასიათებს ნივთიერებას, რომლის სტრუქტურული ფორმულაა $H_2C=CH-CH_2OH$? შეადგინეთ რეაქციათა ტოლობები.

ნაჯერი ნახშირწყალბადების ჰიდროქსინანარმებს, რომელთა შედგენილობაში შედის ორი ან მეტი ჰიდროქსილი ჯგუფი, ეწოდება მრავალატომიანი სპირტები.

თუ ჰიდროქსინანარმის შედგენილობაში შედის ორი ჰიდროქსილის ჯგუფი მათ უწოდებენ გლიკოლებს, საერთაშორისო ნომენკლატურით – დიოლებს; სამი ჰიდროქსილის ჯგუფის შემცველს ჰიდროქსინანარმებს უწოდებენ გლიცერინებს, საერთაშორისო ნომენკლატურით – ტრიოლებს.

ცხრილი 1. მრავალატომიანი სპირტების ნომენკლატურა

ფორმულა	სახელწოდება	$t_{\text{მზ.}}^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{მდ.}}^{\circ}\text{C}$
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	ეთან-1,2-დიოლი (ეთილენგლიკოლი)	-197	
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	პროპან-1,2-დიოლი (α -პროპილენგლიკოლი)	-60	187
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \quad \text{OH} \end{array}$	პროპან-1,3-დიოლი (β -პროპილენგლიკოლი)	217	-27
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	პროპან-1,2,3-ტრიოლი (გლიცერინი)	290	17,9

ფიზიკური თვისებები. გლიკოლების (საერთაშორისო ნომენკლატურით ალკანდიოლები) ზოგადი ფორმულაა $\text{C}_n\text{H}_{2n}(\text{OH})_2$. ამ რიგის მრავალ ნარმომადგენელს აქვს ტკბილი გემო. აქედან ნარმოქმნილია მათი სახელწოდებაც (ბერძნ. glykys – ტკბილი). გლიკოლებში ერთ ნახშირბადატომთან ორი ჰიდროქსილის ჯგუფის არსებობა არ შეიძლება. ასეთი სპირტები არამდგრადია (განიცდიან დეჰიდრატაციას ალდეჰიდების ან კეტონების ნარმოქმნით).

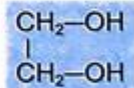
ეთილენგლიკოლი

გლიკოლების უმარტივესი ნარმომადგენელია ეთილენგლიკოლი (ეთან-1,2-დიოლი). იგი ბლანტი, მოტკბო გემოს, უსუნო, მომწამლავი სითხეა. წყალს ერევა ნებისმიერი თანაფარდობით.

ქიმიური თვისებები. ეთილენგლიკოლის ქიმიური თვისებები ალკანოლების ქიმიური თვისებების მსგავსია, ოღონდ რეაქციები მიმდინარეობს როგორც ერთი, ისე ორივე ჰიდროქსილის ჯგუფის ხარჯზე.

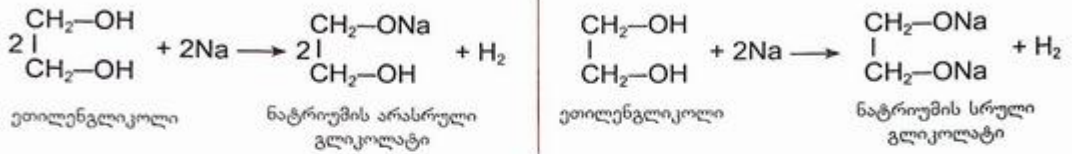


გლიკოლების
ზოგადი ფორმულა



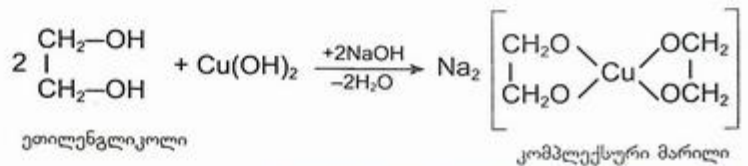
სურ. 1. ეთილენგლიკოლის სტრუქტურული ფორმულა და ბურთულ-ღეროვანი მოდელი

ტუტე მეტალების ურთიერთქმედებით მიიღება როგორც არასრული, ისე სრული გლიკოლატი:



ერთატომიანი სპირტებისაგან განსხვავებით მრავალატომიან სპირტებში ჰიდროქსილის ჯგუფების ურთიერთგავლენის გამო ჰიდროქსილის ჯგუფების მთავურობა იზრდება, ე.ი. O-H ბმა ხდება უფრო პოლარიზებული და წყალბადატომები უფრო ძვრადი. ამიტომ წყალბადატომების ჩანაცვლება მეტალის ატომებით ადვილად მიმდინარეობს სპირტების ურთიერთქმედებისას არა მარტო ტუტე მეტალებთან, არამედ ტუტესთან და ზოგიერთ ფუძესთანაც კი.

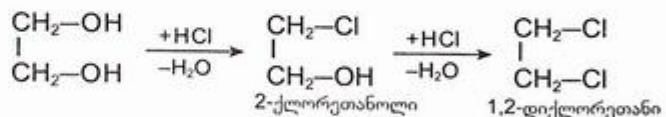
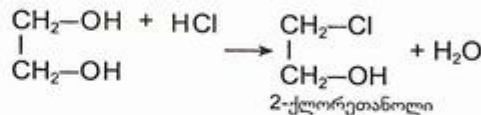
მაგალითად, ახლადდალეკილ სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდზე ეთილენგლიკოლის დამატებისას ტუტე არეში წარმოიქმნება სპილენძის გლიკოლატის ლურჯი ფერის გამჭვირვალე ხსნარი. რეაქცია ასე გამოისახება:



(რეაქციის დამახსოვრება არაა სავალდებულო)

ეს რეაქცია მრავალატომიანი სპირტების აღმომჩენი რეაქციაა. ამ რეაქციით განასხვავებენ მრავალატომიან სპირტებს ერთატომიანი სპირტებისაგან.

ეთილენგლიკოლზე ქლორწყალბადის მოქმედებით ჯერ მიიღება 2-ქლორეთანოლი, ხოლო შემდეგ – 1,2-დიქლორეთანი:



გამოყენება. ეთილენგლიკოლი გამოიყენება ანტიფრიზების (ბერძნ. ἀντι- — ანტი და ინგ. freeze — გაყინვა) ძნელადყინვადი სითხეების დასამზადებლად (60%-იანი ხსნარი იყინება -49°C-ზე) (სურ. 2). დიდი რაოდენობით იხარჯება სინთეზური ბოჭკო — ლავსანის მისაღებად (სურ.3).



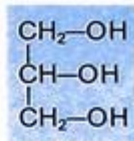
სურ. 2. ანტიფრიზი რადიატორში წყალს იცავს როგორც გაყინვისგან, ასევე დუღილისგან და აორთქლებისგან.



სურ. 3. სინთეზური ბოჭკო — ლავსანი

გლიცერინი

სამატომიანი სპირტების – ალკანტრიოლების ზოგადი ფორმულაა $C_nH_{2n-1}(OH)_3$. მათი უმარტივესი წარმომადგენელია გლიცერინი (პროპან-1,2,3-ტრიოლი)



სურ. 4. გლიცერინის სტრუქტურული ფორმულა და ბურთულ-ლეროვანი მოდელი

გლიცერინი ბლანტი, ტკბილი გემოს უფერო სითხეა. წყალს ერევა ნებისმიერი თანაფარდობით.

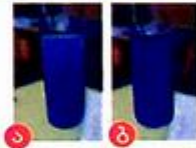
გლიცერინი ქიმიური თვისებებით ემსგავსება ეთილენგლიკოლს – ურთიერთქმედებს ტუტე მეტალებთან, სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდთან და პალოგენწყალბადებთან. სამი ჰიდროქსილის ჯგუფი სამი რიგის ნაწარმების მიღების საშუალებას იძლევა.

ექსპერიმენტი



ექსპერიმენტის მიზანი: მრავალატომიანი სპირტების აღმოჩენი რეაქცია

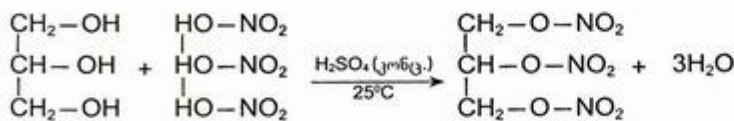
1. ქიმიურ ქიქაში ჩაასხით სპილენძ(II)-ის სულფატის 2%-იანი ხსნარის 4-6 მლ. დაამატეთ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 10%-იანი ხსნარი სპილენძ(II) ჰიდროქსიდის ცისფერი ნალექის წარმოქმნამდე.
2. მიღებულ ნალექიანი ხსნარი შეანჯღრიეთ და გადაანაწილეთ ორ სინჯარაში.
3. ერთ სინჯარას ნვეთ-ნვეთობით დაამატეთ გლიცერინი. სინჯარა შეანჯღრიეთ ნალექის გაქრობამდე და ხსნარის ცისფერი შეფერილობის წარმოქმნამდე.
4. შეადარეთ ორივე სინჯარის ხსნარის შეფერილობა (სურ. 5).



სურ. 5

დაკვირვების შედეგი გააანალიზეთ. გააკეთეთ სათანადო დასკვნა.

დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს გლიცერინის რეაქციას აზოტმჟავასთან. ჭარბ აზოტმჟავასთან ურთიერთქმედებისას მიიღება გლიცერინის ტრინიტრატი (მას ხშირად ნიტროგლიცერინს უწოდებენ).



გლიცერინი

აზოტმჟავა

გლიცერინის ტრინიტრატი
(ნიტროგლიცერინი)

ნიტროგლიცერინი მძიმე ზეთისებრი სითხეა, რომელიც ოდნავი შენჯღრევითაც კი ფეთქდება. დიდი რაოდენობით გამოყოფილი აირები აფეთქების მძლავრ ტალღას იძლევა:



ნიტროგლიცერინით უღენტავენ ფოროვან მასალას (ინფუზორიული მინა, ნახერხი და სხვ.) და ლებულობენ დინამიტს. ნიტროგლიცერინისგან განსხვავებით, დინამიტი ადვილად არ ფეთქდება და უფრო უსაფრთხოა გამოყენებისას. ნიტროგლიცერინის 1%-იანი ხსნარი ეთანოლში იხმარება მედიცინაში — მწვავე სტენოკარდიული შეტევის დროს (აფართოებს სისხლძარღვებს).

გლიცერინს იყენებენ, აგრეთვე, ტყავის წარმოებაში (ტყავის დასარბილებლად), კვების მრეწველობაში (ლიქიორისა და ლიმონათის წარმოებაში), საფეიქრო მრეწველობაში (ქსოვილების დასამუშავებლად), კოსმეტიკასა და მედიცინაში (კანის დასარბილებლად, სხვადასხვა საცხებისა და მალამოების დასამზადებლად).

საინტერესოა...

დინამიტი და ნობელის პრემია

ალფრედ ნობელმა (1833-1896), შვედმა ქიმიკოსმა, ინჟინერმა, გამოგონებელმა, ბიზნესმენმა მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა მეცნიერების განვითარებაში. მას ეკუთვნის 355 გამოგონების პატენტი. 1868 წელს ნობელმა დააპატენტა ახალი ფეთქებადი მასალა, რომელიც ცნობილი გახდა, როგორც „დინამიტი, ანუ ნობელის უსაფრთხო ფეთქებადი ფხვნილი“ (ბერძნ. სიტყვიდან „დინამისი“ — „ძლიერება“). თუ 1868 წელს ნობელის ერთადერთი ქარხანა ამზადებდა მხოლოდ 11 ტონა დინამიტს, შვიდი წლის შემდეგ მისი რამდენიმე ქარხანა უკვე აწარმოებდა ათასობით ტონას წელიწადში. დინამიტს, ძირითადად, სამთო სამუშაოებისათვის იყენებდნენ. განხორციელდა ბევრი საინტერესო პროექტი: გვირაბის მშენებლობა



ალბებში, წყალქვეშა ქანების ამოღება ისტორიულ ვერში (ნიუ-იორკი), კორინთოს არხის გაყვანა საბერძნეთში. დინამიტის დახმარებით ბურღვა განხორციელდა ბაქოს ნავთობის საბადოებზეც... ამ ასაფეთქებელი ნივთიერებით მიღებული შემოსავლებით ნობელის ოჯახი გამდიდრდა.

მაგრამ სამწუხაროდ, ამ გამოგონებამ ალფრედს „სიკვდილით მოვაჭრის“ წოდება მოუტანა. როდესაც 1888 წელს მისი ძმა ლუდვიგი გარდაიცვალა, ფრანგულმა გაზეთმა შემთხვევით გამოაქვეყნა ნეკროლოგი ალფრედის გარდაცვალების შესახებ სათაურით: „სიკვდილით მოვაჭრე მკვდარია!...“. ზოგიერთი უარყოფს ამ ამბავს, ზოგი კი ამტკიცებს, რომ ეს იყო ერთ-ერთი მიზეზი, რამაც უბიძგა გამოგონებელს დაეტოვებინა ანდერძი — შეექმნათ ფონდი, საიდანაც დაჯილდოვდებოდნენ ადამიანები (ფიზიკის, ქიმიის, ფიზიოლოგიისა და მედიცინის, ლიტერატურისა და მშეიდობის დარგში), თუ მათ საქმიანობას „უდიდესი სიკეთე მოჰქონდა კაცობრიობისათვის“. ამისათვის მან თავისი ქონების 94% გამოყო.

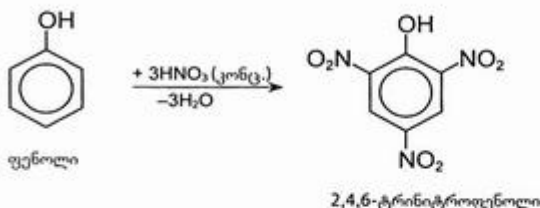


სურ. 5. ნობელის ქარხნის მიერ წარმოებული დინამიტი

პასაუღაით

1. შეადგინეთ ეთილენგლიკოლისა და გლიცერინის უახლოესი ჰომოლოგების სტრუქტურული ფორმულები და დაასახელეთ ისინი.
2. რომელი აირადი ნივთიერება უნდა გავატაროთ კალიუმის პერმანგანატის ხსნარში, რომ მივიღოთ უმარტივესი ორატომიანი სპირტი?
3. რა საერთო თვისებები აქვს ერთ და მრავალატომიან სპირტებს? პასუხი დაასაბუთეთ შესაბამისი რეაქციათა ტოლობებით.
4. რომელი რეაქციით განასხვავებენ მრავალატომიან სპირტებს ერთატომიან სპირტებისაგან?

ასევე ადვილად შედის ფენოლი ნიტრირების რეაქციაში აზოტ-მჟავასთან და მიიღება 2,4,6-ტრინიტროფენოლი ანუ პიკრინმჟავა (ფეთქებადი ნივთიერება):



ნიტროჯგუფები, ელექტრონაქცეპტორული თვისების გამო, კიდევ უფრო ზრდის ჰიდროქსილის ჯგუფის წყალბადატომის ძვრადობას და პიკრინმჟავა სიძლიერით მინერალურ მჟავებს უახლოვდება.

ამრიგად,

ფენოლის რადიკალის გავლენით ჰიდროქსილის ჯგუფის წყალბადატომის მჟავა ბუნება ძლიერდება, ხოლო ჰიდროქსილის ჯგუფის გავლენით, ბენზოლის ბირთვში ადვილდება წყალბადატომების ჩანაცვლება ორთო- და პარა-მდგომარეობაში.

ფერადი რეაქცია ფენოლზე. ფენოლი რკინა(III)-ის ქლორიდის თანაობისას იძლევა დამახასიათებელ იისფერ-მონითალო შუფერილობას. ამ რეაქციით შეიძლება ფენოლის აღმოჩენა

გამოყენება. ფენოლი, როგორც ანტისეპტიკური საშუალება, წყალხსნარის სახით გამოიყენება სადგომების, ავეჯის, ქირურგიული ხელსაწყოების სადებიზინფექციოდ. იგი მნიშვნელოვანი ნედლეულია ქიმიური მრეწველობისათვის – იყენებენ პესტიციდების (სურ. 5), ფენოლ-ფორმალდეჰიდური ფისის, საღებრების მისაღებად. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ფენოლის როლი ფარმაცევტული მრეწველობაში.

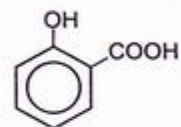


სურ. 5. ფენოლის საფუძველზე მიღებული პესტიციდების ტარბი გამოყენება გამოუსწორებელი ზიანის მომტანია ეკოსისტემისათვის.

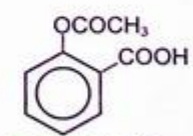
საინტერესოა...

ფენოლიდან ასპირინამდე

ფენოლიდან მიღებული ნატრიუმის ფენოლატის დამუშავებისას CO₂-ით მალალ ტემპერატურაზე და წნევაზე ლებულობენ სალიცილის მჟავას. სალიცილის მჟავას ესტერიფიკაციის პროდუქტია აცეტილსალიცილის მჟავა, რომელიც ცნობილია როგორც მედიკამენტი ასპირინი. იგი ანთების საწინააღმდეგო, ტკივილგამაყუჩებელი და სიცხისდამწვეი პრეპარატია. ასპირინის გამოყენება განსაკუთრებით გაიზარდა მას შემდეგ, რაც დადგინდა მისი ანტითრომბოზული ბუნება და დღეს ფართოდ გამოიყენება პროფილაქტიკურ საშუალებად გულ-სისხლძარღვთა დაავადების დროს. ასპირინი, რომლის წარმოება დაიწყო 1899 წელს, ყველაზე გაყიდვადი მედიკამენტი მსოფლიოში.



სალიცილის მჟავა



აცეტილსალიცილის მჟავა (ასპირინი)



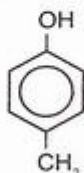
სურ. 6. ასპირინის რეკლამა, 1923 წ.

ბაიზრეთ

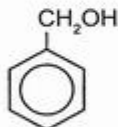
1. ფენოლის კრისტალური სტრუქტურა განპირობებულია მოლეკულათშორისი წყალბადური ბმებით. რა შეიძლება ითქვას ამ წყალბადური ბმების ფარდობითი სიმტკიცის შესახებ იმ წყალბადურ ბმებთან შედარებით, რომელიც ვლინდება ერთატომიან და მრავალატომიან სპირტებში?
2. რატომ იმღვრევა ნატრიუმის ფენოლატის ხსნარი მასში ნახშირბადი(IV)-ის ოქსიდის გატარებისას?

შეასრულეთ

1.



პ-მეთილფენოლი



ბენზოლის სპირტი

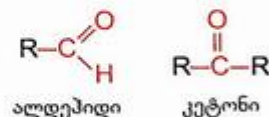
მოყვანილი იზომერული ნაერთებიდან რომელი ურთიერთქმედებს

ა) ნატრიუმის ტუტის ხსნართან, ბ) ნატრიუმთან?

დაწერეთ შესაბამისი რეაქციათა ტოლობები.

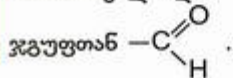
2. რატომ ურთიერთქმედებს ეთანოლი ბრომწყალბადთან, ფენოლი კი არა?
3. განალაგეთ რიგში მჭაეურობის ზრდის მიხედვით ნაერთები – ეთილენგლიკოლი, ფენოლი, გლიცერინი, გოგირდმჭაეა, მეთანოლი. მოიყვანეთ ამ თანმიმდევრობის დამადასტურებელი რეაქციათა ტოლობები.

კარბონილის ჯგუფის ($>C=O$) შემცველ ორგანულ ნაერთებს კარბონილური ნაერთები ეწოდება. თუ კარბონილის ჯგუფი დაკავშირებულია ნახშირწყალბადის რადიკალთან და ნყალბადის ატომთან, მიიღება ალდეჰიდი, ხოლო თუ ნახშირწყალბადის ორ რადიკალს უკავშირდება – კეტონი.



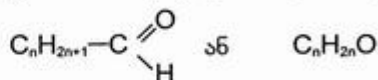
18 ალდეჰიდები

ალდეჰიდები ორგანული ნაერთებია, რომელთა მოლეკულებში ნახშირწყალბადის რადიკალი დაკავშირებულია ფუნქციურ ჯგუფთან



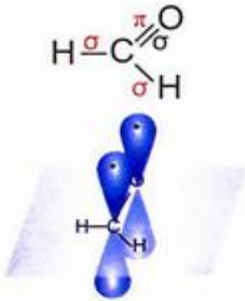
გამონაკლისია ჭიანჭველის ალდეჰიდი $H-C \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{matrix}$, რომელშიც ფუნქციური ჯგუფი დაკავშირებულია ნყალბადატომთან.

რადიკალის ბუნების მიხედვით განასხვავებენ ნაჯერ, უჯერ, არომატულ ალდეჰიდებს. ჩვენ განვიხილავთ ნაჯერ ალდეჰიდებს. ნაჯერი ალდეჰიდების ჰომოლოგიური რიგის ზოგადი ფორმულაა:



ცხრილი 1. ალდეჰიდების ჰომოლოგიური რიგი

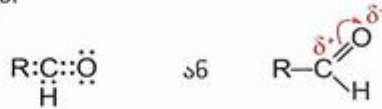
ფორმულა	სახელწოდება	$t_{\text{მზ}}^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{მზ}}^{\circ}\text{C}$
HCHO	მეთანალი ჭიანჭველის ალდეჰიდი ანუ ფორმალდეჰიდი	-92	-21
CH ₃ CHO	ეთანალი ძმრის ალდეჰიდი ანუ აცეტალდეჰიდი	-123,5	21
CH ₃ CH ₂ CHO	პროპანალი პროპიონის ალდეჰიდი	-81	48,8
CH ₃ (CH ₂) ₂ CHO	ბუტანალი ერბოს ალდეჰიდი	-99	75,7
CH ₃ (CH ₂) ₃ CHO	პენტანალი ვალერიანის ალდეჰიდი	-91,5	103,4
CH ₃ (CH ₂) ₄ CHO	ჰექსანალი კაპრონის ალდეჰიდი	-56	131



სურ. 1. მეთანალის აღნაგობა. π-ბმის წარმოქმნა

ელექტრონული აღნაგობა. ალდეჰიდის მოლეკულაში კარბონილის ჯგუფის ნახშირბადატომი sp^2 -ჰიბრიდული ორბიტალებით წარმოქმნის სამ σ -ბმას (ეთილენის მსგავსად) ერთ სიბრტყეში, 120° -იანი კუთხით. ნახშირბადატომის მეოთხე არაჰიბრიდული p-ორბიტალი განლაგებულია σ -ბმების სიბრტყის მართობულად და უანგზადის ასეთივე p-ორბიტალთან გვერდული გადაფარვით წარმოქმნის π -ბმას (სურ.1).

წარმოქმნილი π -ბმა პოლარიზებულია, ბმის ელექტრონული სიმკვრივე გადანეულია უფრო ელექტროუარყოფითი უანგზადის ატომისკენ, რის გამოც უანგზადის ატომი ლებულობს ნაწილობრივ უარყოფით მუხტს, ხოლო ნახშირბადატომი – ნაწილობრივ დადებით მუხტს.

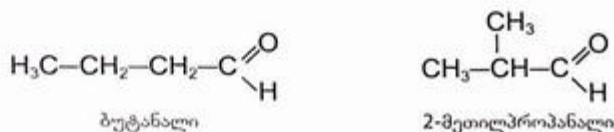


ნომენკლატურა და იზომერია. ალდეჰიდების სახელწოდება წარმოდგება იმ მჟავათა სახელწოდებებისაგან, რომლებიც მიიღება მათი უანგვის შედეგად. მაგალითად:

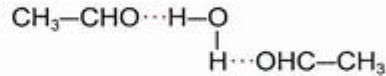


საერთაშორისო ნომენკლატურით მათი სახელწოდება მიიღება ნახშირბადატომთა იმავე რიცხვის შემცველ ალკანთა სახელწოდებაზე „ალ“ სუფიქსის დამატებით. მაგალითად, ფორმალდეჰიდს უწოდებენ მეთანალს, აცეტალდეჰიდს – ეთანალს და ა. შ. ნახშირბადოვანი ჯაჭვის დანომერა იწყება ალდეჰიდური ჯგუფის ნახშირბადატომიდან. ამასთან, რადგან ალდეჰიდის ჯგუფი ნახშირბადოვანი ჯაჭვის მხოლოდ თავში შეიძლება მდებარეობდეს, მისი ადგილმდებარეობის მითითება სახელწოდებაში საჭირო არ არის.

ალდეჰიდებში გვხვდება მხოლოდ ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერია:

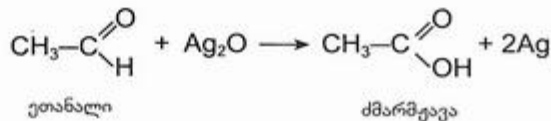


უფრო დაბალია, ვიდრე ნახშირბადატომთა იმავე რიცხვის შემცველი სპირტებისა. ეს გამოწვეულია იმით, რომ მათში მოლეკულათა ასოციაცია წყალბადური ბმებით არ ხდება, რადგან ალდეჰიდის ჯგუფის წყალბადატომის დადებითი მუხტი, C—H ბმის მცირე პოლარობის გამო, არ არის საკმარისი ასეთი ბმების დასამყარებლად. პოპოლოგური რიგის პირველი წევრების წყალში ხსნადობა აიხსნება იმ წყალბადური ბმებით, რომლებიც მყარდება წყლის მოლეკულების წყალბადატომების მეშვეობით:

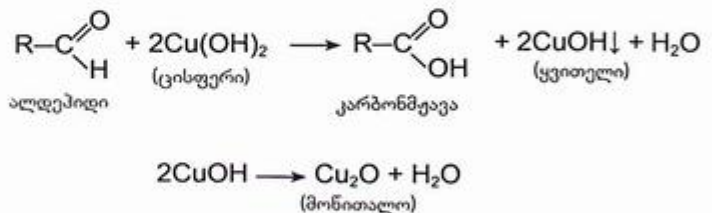


ქიმიური თვისებები. ალდეჰიდები კარბონილის ჯგუფის შემცველობის გამო მაღალი რეაქციისუნარიანობით გამოირჩევა. მათთვის, ძირითადად, დამახასიათებელია ჟანგვისა და მიერთების რეაქციები.

1 ჟანგვა. კარბონილის ჯგუფის გავლენით ალდეჰიდები ადვილად იჟანგებიან ალდეჰიდური ჯგუფის C—H ბმის ადგილას. თუ ალდეჰიდს დაფუძვლებით ვერცხლის ოქსიდის ამიანიონი ხსნარს და ნარევს გავაცხელებთ, ალდეჰიდი დაიჟანგება კარბონმჟავად, ხოლო ალდეჰიდი ვერცხლი გამოილექება სინჯარის კედლებზე სარკის სახით („ვერცხლის სარკის“ რეაქცია):



ანალოგიურად მიმდინარეობს ალდეჰიდების ჟანგვა სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდით. ახლადმიღებულ ჰიდროქსიდის ცისფერ ნალექზე ალდეჰიდის ხსნარის დამატებითა და ნარევის გაცხელებით ჯერ წარმოიქმნება სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდის ყვითელი ნალექი, რომელიც მალე მონითალო ფერის სპილენძ(II)-ის ოქსიდად გარდაიქმნება:



ჟანგვის ორივე რეაქცია შეიძლება გამოვიყენოთ ალდეჰიდების აღმოსაჩენად.

რეაქციაში მონაწილე ნივთიერებათა შემადგენლობაში შემავალ ატომთა ჟანგვის რიცხვების ცვლილებით დაასაბუთეთ ალდეჰიდური ჯგუფის ჟანგვის პროცესი.





ექსპერიმენტის მიზანი: ალდეჰიდის დაჯანგვა – „ვერცხლის სარკის“ რეაქცია

რეაქტივები: ფორმალინი, AgNO₃, NaOH, NH₄OH-ის ხსნარები.
 მონყობლობა: სინჯარები, სპირტქურა, სინჯარის დამჭერი

მსვლელობა:

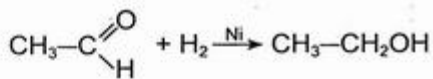
1. სინჯარაში შეურიეთ 0,5მლ AgNO₃-ისა და 0,5მლ NaOH-ის ხსნარები. შემდეგ დაამატეთ NH₄OH-ის ხსნარი სინჯარაში წარმოქმნილი ნალექის სრულ გახსნამდე. ასე მიიღება ვერცხლის ოქსიდის ამიაკიანი ხსნარი.
 2. მიღებულ ხსნარში ჩაასხით 0,5 მლ ფორმალდეჰიდის 40%-იანი ხსნარი (ფორმალინი). სინჯარა გააცხელეთ სპირტქურის ალზე სინჯარის კედლებზე სარკისებური ზედაპირის გაჩენამდე (სურ. 2).
- ექსპერიმენტის მიმდინარეობა გააანალიზეთ და პროცესი გამოსახეთ შესაბამის რეაქციათა ტოლობების სახით.



სურ. 2

2 მიერთება. კარბონილის ჯგუფის π-ბმის განყვეტის ხარჯზე ალდეჰიდები შედიან მიერთების რეაქციაში.

თუ აცეტალდეჰიდის ორთქლს წყალბადთან ერთად გვატარებთ გახურებულ ნიკელის კატალიზატორზე, წყალბადის მიერთების შედეგად, ალდეჰიდი ეთილის სპირტად ალდგება:



ეს რეაქცია პირველადი სპირტების მიღების ერთ-ერთი მეთოდია.

გამოყენება. ფორმალდეჰიდის 40%-იანი ხსნარი ფორმალინის სახელწოდებითაა ცნობილი. ფორმალდეჰიდი ლექავს ცილებს, ასევე, შლის ბაქტერიების შემადგენლობაში შემავალ ცილებს და სპობს მათ. ამიტომ ფორმალინის გახურებისას წარმოქმნილ ორთქლს იყენებენ ქირურგიული ინსტრუმენტებისა და შენობების სადეზინფექციოდ. მისი ხსნარი გამოიყენება ანატომიური პრეპარატების შესანახად და ბალზამირებისათვის (სურ. 3), ტყავის წარმოებაში, სოფლის მეურნეობაში – სათესი მასალის და ხილის საცავის შესანამლად.

ფორმალდეჰიდზე ამიაკის მოქმედებით ლებულობენ სამკურნალო პრეპარატ უროტროპინს (ჰექსამეთილენტეტრამინს – (CH₂)₆N₄), რომელსაც იყენებენ ანტისეპტიკურ საშუალებად ინფექციური დაავადებების დროს.

ფორმალდეჰიდის ძირითადი მასა ფენოლფორმალდეჰიდური ფისის მიღებას ხმარდება.

რეაქციაში მონაწილე ნივთიერებათა შემადგენლობაში შემავალ ატომთა უანგვის რიცხვების ცვლილებით დაასაბუთეთ ალდეჰიდური ჯგუფის ალდგენის პროცესი.



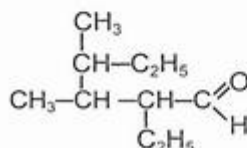
სურ. 3. ფორმალინის ხსნარი გამოიყენება ანატომიური პრეპარატების შესანახად.

ბაიზრათი

- როგორ ჰიბრიდულ მდგომარეობაშია ალდეჰიდური ჯგუფის ნახშირბადატომი და როგორია ალდეჰიდური ჯგუფის სივრცითი აღნაგობა?
- ახსენით, როგორ იცვლება ნახშირბადის ჰიბრიდიზაციის ტიპი და სავალენტო კუთხე რიგში – CH_3OH , HCHO , CO_2 ?

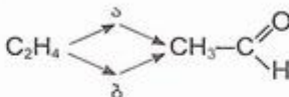
შეასრულეთ

- დაასახელეთ საერთაშორისო ნომენკლატურით:



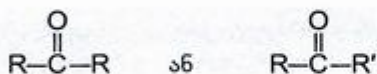
- დანერეთ 2,3,3-ტრიმეთილბუტანალის სტრუქტურული ფორმულა.
- დანერეთ პენტანალის იზომერების სტრუქტურული ფორმულები და დაასახელეთ ისინი საერთაშორისო ნომენკლატურით.

- განახორციელეთ გარდაქმნა:

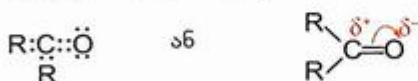


- 27,6 გ ეთანოლი დაუანგვს სპილენძ(II)-ის ოქსიდით და მიიღეს 25 გ ძმრის ალდეჰიდი. განსაზღვრეთ რეაქციის გამოსავალი (%).
- რომელი სპირტის დაუანგვით მიიღება 2,2-დიმეთილპროპანალი?
- დაასახელეთ ალდეჰიდი, რომელიც მიიღება იზობუტილის სპირტის დაუანგვით.

კეტონები ორგანული ნაერთებია, რომელთა მოლეკულაში კარბონილის ჯგუფი დაკავშირებულია ნახშირწყალბადის ორ რადიკალთან.



კეტონების ელექტრონული აღნაგობა:

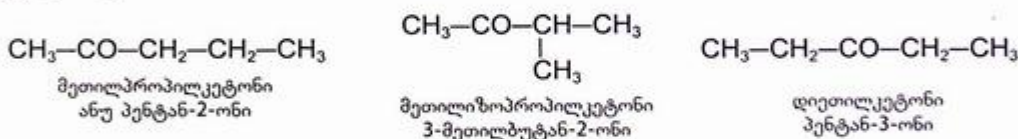


საერთაშორისო ნომენკლატურით კეტონების სახელწოდებების მისაღებად ნახშირბადატომთა იმავე რიცხვის მქონე ალკანების სახელწოდებას ემატება სუფიქსი „ონ“-ი. დიმეთილკეტონის სახელწოდებაა პროპანონი.

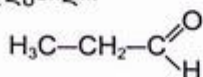
ცხრილი 1. კეტონების ჰომოლოგიური რიგი

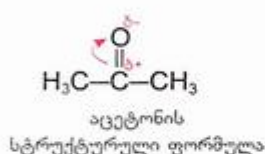
ფორმულა	სახელწოდება	$t_{\text{მ.}}^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{დ.}}^{\circ}\text{C}$
$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$	პროპანონი დიმეთილკეტონი (აცეტონი)	-95	56,5
$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{C}_2\text{H}_5$	ბუტანონი მეთილეთილკეტონი	-86,4	79,6
$\text{C}_2\text{H}_5-\text{CO}-\text{C}_2\text{H}_5$	პენტან-3-ონი დიეთილკეტონი	-42	102,7

ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერიის გარდა კეტონებში გვხვდება კარბონილის ჯგუფის მდებარეობის იზომერიაც, რის გამოც მისი მდებარეობის მითითება სახელწოდებაში აუცილებელია. მაგალითად:



კეტონების ზოგადი ფორმულაა $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$, ე.ი. კეტონებისა და ალდეჰიდების ზოგადი ფორმულა ერთნაირია. ისინი ერთმანეთის იზომერული ნაერთებია (კლასთაშორისი იზომერებია). მაგალითად, დიმეთილკეტონის იზომერული ალდეჰიდია – პროპიონის ალდეჰიდი:





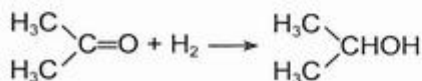
სურ. 1. პროპანონი (აცეტონი) ფრჩხილის ლაქის გამხსნელია.

აცეტონი. კეტონების უმარტივესი წარმომადგენელია დიჟეთილკეტონი ანუ აცეტონი $CH_3-CO-CH_3$. აცეტონი სპეციფიკური სუნის, უფერო, აქროლადი სითხეა. კარგად იხსნება წყალსა და ორგანულ გამხსნელებში, თვითონაც საუკეთესო გამხსნელს წარმოადგენს (სურ. 1).

აცეტონს, ალდეჰიდების მსგავსად, ახასიათებს ჟანგვისა და მიერთების რეაქციები. მაგრამ ეს რეაქციები გარკვეული თავისებურებებით ხასიათდება.

აცეტონი არ იჟანგება ვერცხლის ოქსიდის ამიაკიანი ხსნარით და სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდით. განსხვავებით ალდეჰიდებისაგან, კეტონები იჟანგება მხოლოდ მკაცრ პირობებში ძლიერი მჟანგავებით. ამასთან ხდება $C-C$ ბმის გაწყვეტა და, სანყის კეტონთან შედარებით, ნახშირბადატომთა მცირე რიცხვის შემცველი ჟანგვის პროდუქტების წარმოქმნა.

აცეტონი მაღალ ტემპერატურაზე კატალიზატორის (Ni, Pt) თანაობისას იერთებს წყალბადს და წარმოქმნის მეორეულ სპირტს:



იზოპროპილის სპირტი

კეტონებში მიერთების რეაქციები უფრო ძნელად წარიმართება, ვიდრე შესაბამის ალდეჰიდებში.

გამოყენება. აცეტონი, როგორც საუკეთესო გამხსნელი, გამოიყენება ხელოვნური ბოჭკოს, კინოფოტოფირების, სამკურნალო პრეპარატების წარმოებაში. იგი სანყისი ნივთიერებაა მრავალი ორგანული ნაერთის სინთეზისათვის.

ბაიზრეთ

1. რატომ წარიმართება მიერთების რეაქციები კეტონებში უფრო ძნელად, ვიდრე შესაბამის ალდეჰიდებში?

შეასრულეთ

1. დაწერეთ დიჟეთილკეტონის იზომერული ალდეჰიდებისა და კეტონების სტრუქტურული ფორმულები. დაასახელეთ ისინი საერთაშორისო ნომენკლატურით.
2. აცეტონი შეიძლება მივიღოთ:
 - ა) მეორეული სპირტის დაჟანგვით;
 - ბ) აცეტილენის ჰომოლოგის ჰიდრატაციით.
 დაწერეთ შესაბამის რეაქციათა ტოლობები.
3. აცეტილენური რიგის რომელი ნახშირწყალბადი უნდა ავიღოთ, რომ კუჩეროვის რეაქციით მივიღოთ მეთილეთილკეტონი.

20 კარბონწყვილები

ორგანულ ნაერთთა კიდევ ერთ კლასს, გენეტიკურად დაკავშირებულს ალდეჰიდებთან, წარმოადგენს კარბონწყვილები.

კარბონწყვილები ორგანული ნაერთებია, რომელთა მოლეკულები შედგება ნახშირწყალბადის რადიკალთან დაკავშირებულ ერთი

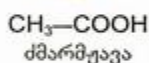
ან რამდენიმე კარბოქსილის ჯგუფისაგან $\text{—C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix}$.

გამონაკლისია ჭიანჭველმჟავა, რომლის მოლეკულაში კარბოქსილის ჯგუფი დაკავშირებულია წყალბადატომთან.

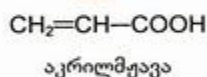
სახელწოდება კარბოქსილი წარმოქმნილია კარბონილისა და ჰიდროქსილის სინთეზით. კარბოქსილის ჯგუფის რაოდენობა განსაზღვრავს კარბონწყვილს ფუნქციანობას. ერთფუნქციანი კარბონწყვილების ზოგადი ფორმულაა R—COOH .

რადიკალების ბუნების მიხედვით კი არჩევენ ნაჯერ, უჯერ, არომატულ კარბონწყვილებს.

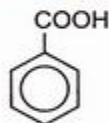
ნაჯერი



უჯერი

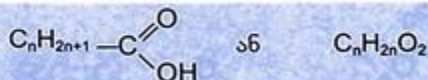


არომატული

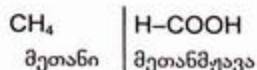


ბენზომჟავა

ნაჯერი ერთფუნქციანი კარბონწყვილების ჰომოლოგიური რიგის ზოგადი ფორმულაა:



ნომენკლატურა და იზომერია. კარბონწყვილთა დასახელები-სას ხშირად იხმარება ტრივიალური ანუ ისტორიული სახელწოდებები. საერთაშორისო ნომენკლატურის მიხედვით კი მჟავების სახელწოდება იწარმოება შესაბამისი ალკანის სახელწოდებიდან „მჟავა“-ს დამატებით (ცხრ. 1). ჯაჭვის დანომერა იწყება კარბოქსილის ჯგუფის ნახშირბადატომიდან.

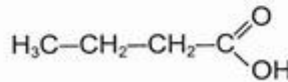


ცხრილი 1. ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავების ჰომოლოგიური რიგი

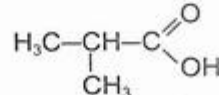
ფორმულა	სახელწოდება		$t_{\text{მ.}}^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{დ.}}^{\circ}\text{C}$
	ისტორიული	საერთაშორისო		
HCOOH	ფიანტელმჟავა	მეთანმჟავა	8,4	100,7
CH ₃ COOH	ძმარმჟავა	ეთანმჟავა	16,6	118,1
CH ₃ CH ₂ COOH	პროპიონმჟავა	პროპანმჟავა	-22	141,1
CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	ერბომჟავა	ბუტანმჟავა	-7,9	163,5
CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	ვალერიანმჟავა	პენტანმჟავა	-35	187
CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	კაპრონმჟავა	ჰექსანმჟავა	-1,5	205
.....
CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	პალმიტინმჟავა	ჰექსადეკანმჟავა	64	იშლება
CH ₃ (CH ₂) ₁₅ COOH	მარგარინმჟავა	ჰეპტადეკანმჟავა	60,6	იშლება
CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	სტეარინმჟავა	ოქტადეკანმჟავა	69,4	იშლება

აღდეჰიდების ანალოგიურად, კარბონმჟავებისათვის დამა-
ხასიათებელია მხოლოდ ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერია:

☑ დანერეთ
ვალერიანმჟავას
იზომერების აღნა-
გობის ფორმულები
და დაასახელეთ.



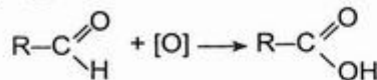
ბუტანმჟავა (ერბომჟავა)



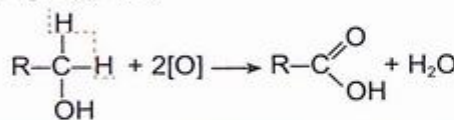
2-მეთილპროპანმჟავა
(იზომერობომჟავა)

მიღება

1 კარბონმჟავების მიღების ზოგადი ხერხია აღდეჰიდების
ჟანგვა:



2 რადგან აღდეჰიდები მიიღება სპირტების დაჟანგვით, კარ-
ბონმჟავათა მიღება შეიძლება უშუალოდ სპირტების დაჟან-
გვით, აღდეჰიდის, როგორც შუალედური პროდუქტის, გამო-
ყოფის გარეშე:



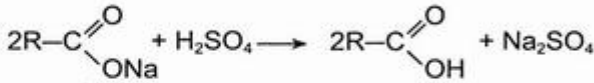
3 რადგან ნახშირწყალბადები უფრო იაფი და ხელმისაწვდო-
მი ნედლეულია, ამჟამად კარბონმჟავათა მისაღებად სულ
უფრო და უფრო ფართოდ იყენებენ ნახშირწყალბადების
კრეკინგ-ჟანგვას.



რეაქციას ატარებენ ალკანის ნაღობში ჰაერის გატარებით
მანგანუმის ნაერთების თანაობისას.

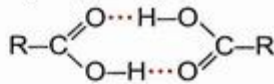
▶ ანალოგიურ რეაქციას
- ეთილის სპირტის
ჟანგვას ძმარმჟავამდე
აქვს ადგილი ლვინის
დაყოვნებისას ჰაერზე.
ლვინის შემადგენელი
ეთილის სპირტი
ზოგიერთი ფერმენტისა და
ბაქტერიების მოქმედებით
იტანგება ძმარმჟავამდე
(ლვინო დამმარდება).

4 ლაბორატორიაში კარბონმჟავა შეიძლება მივიღოთ შესაბამის მარილზე გოგირდმჟავას მოქმედებით:



ფიზიკური თვისებები. ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავების პირველივე წევრი, სპირტების მსგავსად, სითხეა, რაც განპირობებულია წყალბადური ბმების ხარჯზე მოლეკულათა ასოციაციით.

თხევადი მჟავების მოლეკულური მასების განსაზღვრისას დადგინდა, რომ ისინი შედგება გაორმაგებული მოლეკულების – დიმერებისგან. ჭიანჭველმჟავა ორთქლის მდგომარეობაშიც კი დიმერების სახითაა, ხოლო ძმარმჟავას ორთქლი მონომერული და დიმერული მოლეკულების ნარევის წარმოადგენს. კარბონმჟავათა დიმერული მოლეკულების აღნაგობა შეიძლება ასე გამოისახოს:



ორი წყალბადური ბმა დიმერის მდგრადობას განაპირობებს.

ჭიანჭველმჟავა, ძმარმჟავა და პროპიონმჟავა მკვეთრი სუნის უფერო, ადვილად მოძრავი სითხეებია. ისინი წყალში იხსნება ნებისმიერი თანაფარდობით. ერბომჟავადან დაწყებული ჰომოლოგიური რიგის შემდეგი წევრები ზეთისმაგვარი, არასასიამოვნო სუნის სითხეებია. მათი წყალში ხსნადობა შეზღუდულია. მაღალი წევრები (დეკანმჟავადან $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH})$ დაწყებული) მყარი ნივთიერებებია. მათ სუნი თითქმის არა აქვთ და წყალში უხსნადებია. სპირტების ანალოგიურად კარბონმჟავების ჰომოლოგიური რიგის პირველი წევრების წყალში ხსნადობა გამოწვეულია წყლის მოლეკულებთან წყალბადური ბმების წარმოქმნით. ამასთან, მჟავას მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად მატულობს უხსნადი ნახშირწყალბადური რადიკალის სიდიდე და, შესაბამისად, მცირდება ხსნადობა.

ქიმიური თვისებები. კარბონმჟავათა ქიმიური თვისებები განპირობებულია მათ მოლეკულაში კარბოქსილის ჯგუფის არსებობით. მათი მოლეკულების ელექტრონული აღნაგობა შეიძლება ასე გამოისახოს:



მართალია, კარბოქსილის ჯგუფი წარმოქმნილია კარბონილისა და ჰიდროქსილის ჯგუფების სინთეზით, მაგრამ იგი აღნაგობითა და თვისებებით სრულიად განსხვავებული ჯგუფია. ეს განპირობებულია ფუნქციური $\text{C}=\text{O}$ და $\text{O}-\text{H}$ ჯგუფების ურთიერთგავლენით. როგორც ვიცით, კარბონილის ჯგუფი ელექტრონაქცეპტორული ბუნებისაა. იგი თავისკენ იზიდავს ჰიდროქსილის ჯგუფის ჟანგბადატომის თავისუფალ ელექტრონულ წყვილს. ჟანგბადატომზე ელექტრონული სიმკვრივე მცირდება, წყალბადთან ბმა სუსტდება და წყალბადატომის პროტონის სახით ჩამოცილება ადვილდება.

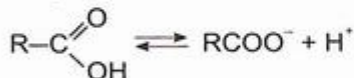


სურ. 1. p-ორბიტალების გადაფარვა კარბოქსილის ჯგუფში

ამრიგად, კარბონილის ჯგუფის გავლენით ჰიდროქსილის წყალბადატომი იძენს მჟავა ბუნებას, რის გამოც კარბონმჟავათა ძირითადი რეაქციები სწორედ პროტონის მოწყვეტის ხარჯზე მიმდინარეობს.

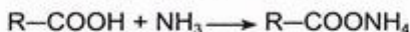
ჰიდროქსილის ჯგუფის გავლენით კარბონილის ნახშირბადატომზე ნანილობრივი დადებითი მუხტი მცირდება. მცირდება C=O ბმის პოლარიზაციაც, ამის გამო ძნელდება მიერთების რეაქციები. მაგალითად, კარბონმჟავების აღდგენა წყალბადით გაცილებით მკაცრ პირობებში მიმდინარეობს, ვიდრე აღდეჰიდებისა.

ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავები (ჭიანჭველმჟავას გარდა) სუსტი ელექტროლიტებია. წყალხსნარებში ისინი უმნიშვნელოდ დისოცირდებიან იონებად:

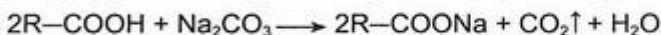


ჭიანჭველმჟავა საშუალო სიძლიერის მჟავაა. მის მოლეკულაში წყალბადატომის შეცვლა ელექტრონდონორული ბუნების ალკილის რადიკალით ამცირებს კარბოქსილის ჯგუფის ნახშირბადატომის ნანილობრივ დადებით მუხტს, რაც იწვევს O-H ბმის პოლარიზაციის შემცირებას. შედეგად პროტონის მოწყვეტა ძნელდება. ამის გამო ყველა ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავა, ჭიანჭველმჟავას გარდა, სუსტი მჟავაა. რადიკალის გაზრდასთან ერთად კარბონმჟავათა დისოციაციის ხარისხი უმნიშვნელოდ, მაგრამ მაინც მცირდება.

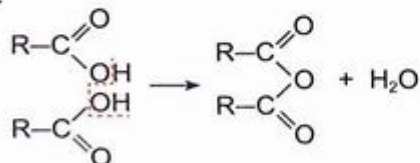
1 მინერალური მჟავების ანალოგიურად, კარბონმჟავები აქტიურ მეტალებთან, ფუძე ოქსიდებთან, ფუძეებთან და ამიაკთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის მარილებს:



ორგანული მჟავები რეაგირებს აგრეთვე მათზე უფრო სუსტ და არამდგრად მჟავათა მარილებთან. მაგალითად, კარბონატებთან:

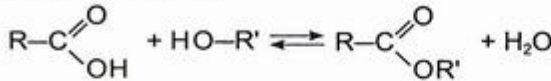


2 ძლიერი წყალწარმოქმნი საშუალებების (P₂O₅) გამოყენებით კარბონმჟავები კარგავენ წყალს და შესაბამის ანჰიდრიდებად გარდაიქმნებიან:

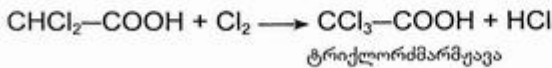
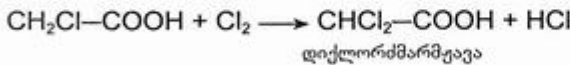
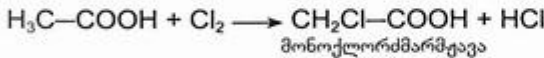


წყალთან გაცხელებისას ანჰიდრიდი კვლავ კარბონმჟავას წარმოქმნის.

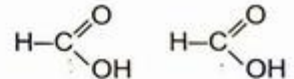
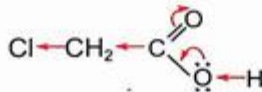
3 მინერალური მჟავების (კატალიზატორი) თანაობისას, მაღალ ტემპურატურაზე კარბონმჟავები რეაგირებენ სპირტებთან ესტერების წარმოქმნით:



4 კარბონმჟავათა მოლეკულებში კარბოქსილის ჯგუფის ელექტრონაქცეპტორული ბუნების გამო იზრდება ამ ჯგუფის გვერდით მდგომ ნახშირბადატომთან დაკავშირებული წყალბადატომების ძვრადობა, რაც ძლიერ აადვილებს მათ ჩანაცვლებას ჰალოგენის ატომებით:



ქლორის ატომი, ელექტრონაქცეპტორული ბუნების გამო, ზრდის კარბონმჟავათა დისოციაციის ხარისხს:

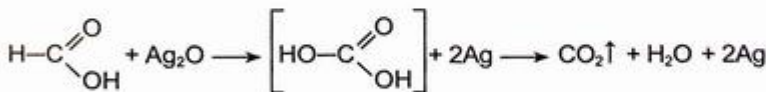


კარბოქსილის ჯგუფი ალდეჰიდის ჯგუფი

პროფუქიანი კარბონმჟავების წარმომადგენლები

ჭიანჭველმჟავა. HCOOH ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავების ჰომოლოგიური რიგის პირველი წევრია. იგი უფერო, მკვეთრი სუნის სითხეა. საშუალო სიძლიერის მჟავაა. ჭიანჭველმჟავას მარილებს ფორმიატები ეწოდება.

ყველა სხვა კარბონმჟავასაგან განსხვავებით, ჭიანჭველმჟავას გააჩნია ალმდგენი თვისება, რაც გამოწვეულია მისი მოლეკულის შედგენილობაში ალდეჰიდის ჯგუფის არსებობით. ამის გამო მისთვის დამახასიათებელია „ვერცხლის სარკის“ რეაქცია:



ჭიანჭველმჟავა კანზე მოხვედრისას იწვევს დამწვრობას და ნელულეების გაჩენას. ჭიანჭველას კბენისას და ჭინჭრის სხეულზე მოხვედრისას გამოწვეული ტკივილის მიზეზიც ჭიანჭველმჟავაა. ამ მჟავას 1,25%-იანი სპირტხსნარი გამოიყენება მედიცინაში



▶ ჭიანჭველმჟავა მომდინარეობს სიტყვიდან formica, რაც ლათინურად ჭიანჭველას ნიშნავს. იგი პირველად გამოყო 1670 წელს ინგლისელმა ნატურალისტმა ჯონ რეიმ ნითელი ჭიანჭველებისაგან. ჭიანჭველმჟავას შეიცავს ჭინჭარი, წინეები, არის მცირე რაოდენობით სხვადასხვა ხილში.

უმაღლესი ნაჯერი კარბონმჟავების კალიუმისა და ნატრიუმის მარილებს ახასიათებთ რეცხვითი უნარი, ამიტომ იყენებენ სხვადასხვა ხარისხის საპნების წარმოებაში. ნატრიუმის პალმიტატი და სტეარატი მყარი საპნის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია, ხოლო შესაბამისი კალიუმის მარილები თხევადია და სამედიცინო საპნის სახელწოდებით გამოიყენება.

კალციუმის, მაგნიუმის პალმიტატები — $(C_{15}H_{31}COO)_2Ca$, $(C_{15}H_{31}COO)_2Mg$ და სტეარატები — $(C_{17}H_{35}COO)_2Ca$, $(C_{17}H_{35}COO)_2Mg$ წყალში არ იხსნება. სწორედ ამ მარილების გამოლექვით აიხსნება ხისტ წყალში საპნის ზედმეტი ხარჯი და რეცხვითი უნარის დაკარგვა.

საპნებს ჩვეულებრივ ლებულობენ ცხიმების ჰიდროლიზით ტუტეების თანაობისას. საპნების მისაღებად ამჟამად ფართოდ იყენებენ ასევე ალკანების კრეკინ-ჟანგვით მიღებულ კარბონმჟავებს.

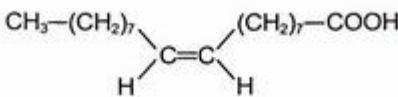
ძლიერი მინერალური მჟავების მოქმედებით საპნებიდან კვლავ შეიძლება უმაღლესი კარბონმჟავების მიღება:



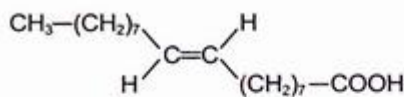
უჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავები. უჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავების შედგენილობაში კარბოქსილის ჯგუფის გარდა შედის ერთი ან რამდენიმე ორმაგი ბმა, რაც ამ ტიპის ნაერთებს მჟავას თვისებებთან ერთად ალკენის თვისებებსაც ანიჭებს. ამ მჟავათა უმარტივესი წარმომადგენელია აკრილმჟავა $CH_2=CH-COOH$.

უმაღლესი უჯერი კარბონმჟავებიდან მნიშვნელოვანია ოლეინმჟავა — $C_{17}H_{33}COOH$, ლინოლმჟავა — $C_{17}H_{31}COOH$, ლინოლენმჟავა — $C_{17}H_{29}COOH$ და სხვ. ამ მჟავების ნაშთები გვხვდება მცენარეული ცხიმების (ზეთების) შედგენილობაში.

ოლეინმჟავას მოლეკულაში ორმაგი ბმა არაგანსტოებულნი ჯაჭვის შუაშია. ორმაგი ბმა ცის-ტრანს იზომერის არსებობის შესაძლებლობას იძლევა. ოლეინმჟავა ცის-იზომერს წარმოადგენს, ტრანს-იზომერს ელაიდინმჟავას უწოდებენ:

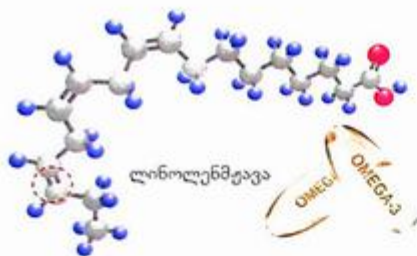


ოლეინმჟავა



ელაიდინმჟავა

ცის-იზომერში მოლეკულებს შორის მოქმედი ძალები შედარებით სუსტია, ამიტომ ოლეინმჟავა თხევადია. ტრანს-იზომერში კი ეს ძალები უფრო ძლიერია, რადგან მოლეკულები უფრო



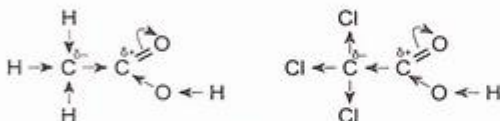
სურ. 2. საკვები დანამატი ომეგა-3-ის ძირითადი კომპონენტია ლინოლენმჟავა, რომელსაც დიდი რაოდენობით შეიცავს თევზის ქონი. ომეგა (ω) მიუთითებს კარბონმჟავაში მეთილის ჯგუფიდან (ბოლო ნახშირბადიდან) პირველი ორმაგი ბმის მდებარეობას. მაგალითად, ლინოლენმჟავას ეწოდება ომეგა-3.

გაჭიმულება, მეტად უახლოვებიან ერთმანეთს და ურთიერთქმედებენ უფრო ძლიერად. ამიტომ ელადინმჟავა მყარია. ჰიდრირებისას ორივე მჟავა სტეარინმჟავად გარდაიქმნება.

ლინოლმჟავას ნახშირწყალბადური რადიკალი ორ ორმაგ ბმას შეიცავს, ლინოლენმჟავას კი – სამ ორმაგ ბმას. ისინიც ცის-იზომერებია და წარმოადგენენ ადამიანის ორგანიზმისათვის აუცილებელ ნივთიერებებს (სურ. 2). სელის ზეთისგან მიღებულია პრეპარატი **ლინეტოლი**, რომელიც ოლეინმჟავას, ლინოლმჟავას და ლინოლენმჟავას შეიცავს ეთილესტერების სახით და გამოიყენება ათეროსკლეროზის პროფილაქტიკისა და მკურნალობისათვის.

გაიაზრეთ

- რომელი კარბონმჟავა მიიღება 3-მეთილბუტანალის დაჟანგვით?
-

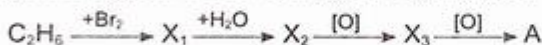


შეადარეთ ძმარმჟავას და ტრიქლორძმარმჟავას სტრუქტურული ფორმულები, იმსჯელეთ და გააკეთეთ დასკვნა, რომელი უფრო ძლიერი მჟავაა?

- რის საფუძველზე ვადგენთ, რომ კარბოქსილის ჯგუფის ნახშირბადატომი sp^2 ჰიბრიდიზაციის მდგომარეობაშია? რა გავლენას ახდენს ეს კარბოქსილის ჯგუფის სივრცით აღნაგობაზე?

შეასრულეთ

- გარდაქმნათა სქემაში რას წარმოადგენს A ნივთიერება?



დანერეთ შესაბამისი რეაქციათა ტოლობები.

- ერთფუძიანი კარბონმჟავების ზოგადი ფორმულაა $\text{R}-\text{COOH}$. როგორია R-ის მნიშვნელობა მჟავებისათვის, რომელთა შედგენილობა გამოისახება ფორმულებით:

- ა) $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ ა) $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ გ) $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$

რომელი მათგანი შეესაბამება ნაჯერ, უჯერ, არომატულ მჟავებს?

- რომელი მჟავა უფრო ძლიერია:
 - ტრიქლორძმარმჟავა თუ ტრიფთორძმარმჟავა?
 - ქლორძმარმჟავა თუ 3-ქლორპროპანმჟავა?
- დანერეთ პროპიონმჟავას ბრომთან ურთიერთქმედების რეაქციის ტოლობა. დაასახელეთ მიღებული პროდუქტი.
- ხსნარს, რომელიც შეიცავდა 1 მოლ ძმარმჟავას და 1 მოლ ქლორძმარმჟავას, დაამატეს 1 მოლ ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი. ხსნარი ამოაშრეს. რომელი ნივთიერება იქნება ნაშთში?
- 10 გ ძმარმჟავას და ქინაქველმჟავას ნარევის ურთიერთქმედებით ვერცხლის ოქსიდის ამიაკან ხსნართან წარმოიქმნა 2,24ლ (ნ.კ) CO_2 . დაადგინეთ ნარევი ძმარმჟავას მასური წილი.

ესტერები კარბონმჟავების ნაწარმებია, რომლებიც წარმოიქმნება კარბოქსილის -OH ჯგუფის სპირტული (-OR) ნაშთებით ჩანაცვლების შედეგად.

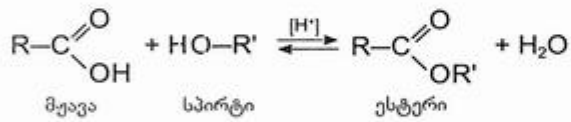
ესტერების სახელწოდება წარმოდგება მათი წარმოქმნილი მჟავებისა და სპირტების რადიკალის სახელწოდებებზე სიტყვა ესტერის დამატებით ან სპირტის რადიკალზე მჟავას ანიონის სახელწოდების დამატებით. საერთაშორისო ნომენკლატურით ესტერის სახელწოდება იწარმოება სპირტის რადიკალისა და კარბონმჟავას საერთაშორისო სახელწოდებაზე „ოატი“ სუფიქსის დამატებით.



ცხრილი 1. ზოგიერთი ესტერების პოპოლოგიური რიგი და ნომენკლატურა

ფორმულა	სახელწოდება		
$\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OCH}_3$	მეთილმეთანოატი	მეთილფორმატი	ჭიანჭველმჟავას მეთილესტერი
$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OC}_2\text{H}_5$	ეთილმეთანოატი	მეთილაცეტატი	ძმარმჟავას ეთილესტერი
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OC}_2\text{H}_5$	ეთილპროპანოატი	ეთილპროპონატი	ერბომჟავას ეთილესტერი

ზოგადი სახით ესტერის მიღების რეაქცია ასე ჩაიწერება:



სპირტების მჟავებთან ურთიერთქმედების რეაქციებს, რომელთა შედეგად წარმოიქმნება ესტერები, ესტერიფიკაციის რეაქცია ეწოდება.

ესტერიფიკაციის რეაქციას ატარებენ მინერალური მჟავების თანაობისას; მჟავას წყალბადიონი (H⁺) რეაქციის კატალიზატორია.

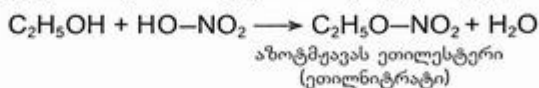
ესტერიფიკაციის რეაქცია შექცევადია. ესტერის გამოსავლიანობის გაზრდის მიზნით საჭიროა სარეაქციო არიდან ესტერის ან წყლის მოცილება. ხშირად კატალიზატორად იყენებენ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას, რომელიც კატალიზურ ზემოქმედებასთან ერთად, ხელს უწყობს წყლის შებოჭვას და წონასწორობის მარჯვნივ გადახრას.

ვინაიდან წყალბადის ატომის ძვრადობა კარბონმჟავას კარბოქსილის ჯგუფში გაცილებით მეტია, ვიდრე სპირტის ჰიდროქსილის ჯგუფში, შეიძლება გვეფიქრა, რომ ესტერის წარმოქმნისას მჟავას მოლეკულას წყდება წყალბადატომი, ხოლო სპირტის მოლეკულას - ჰიდროქსილის ჯგუფი. ესტერიფიკაციის რეაქციის მექანიზმის დასადგენად გამოიყენეს სპირტი, რომლის მოლეკულა შეიცავდა ნიშანდებულ ჟანგბადის ატომს - ¹⁸O იზოტოპს. რეაქციის დამთავრების

შემდეგ უანგბადის იზოტოპი ესტერის მოლეკულის შედგენილობაში აღმოჩნდა, რითაც დადგინდა, რომ ესტერიფიკაციის რეაქციის დროს წყლის მოლეკულა გამოიყოფა სპირტის წყალბადატომისა და კარბონმჟავას ჰიდროქსილის ჯგუფის ხარჯზე:

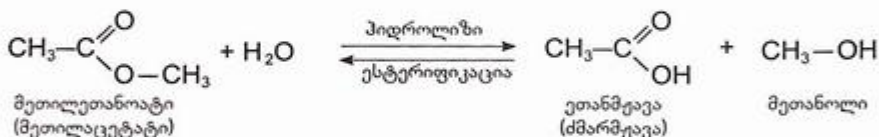


ესტერიფიკაციის რეაქცია დამახასიათებელია არა მარტო კარბონმჟავებისათვის, არამედ არაორგანული მჟავებისთვისაც:

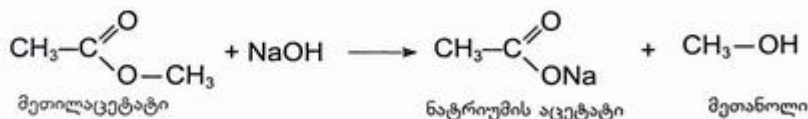


ფიზიკური თვისებები. უმარტივესი კარბონმჟავებისა და დაბალ-მოლეკულური სპირტების ესტერები სასიამოვნო, ხილის სუნის, უფერო, დაბალმდულარე, ადვილადაალებადი სითხეებია. უმაღლესი ესტერები კი უსუნო, ცვილისმაგვარი ნივთიერებებია. ყველა ესტერი წყალზე მსუბუქია ($\rho < 1$), ცუდად იხსნება მასში, კარგად – ორგანულ გამხსნელებში.

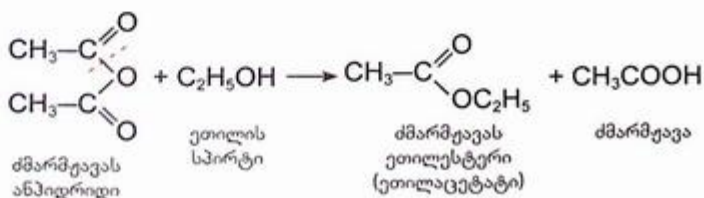
ქიმიური თვისებები. მინერალური მჟავას თანაობისას კარბონმჟავათა ესტერების წყალთან გაცხელებით მიიღება საწყისი სპირტი და კარბონმჟავა:



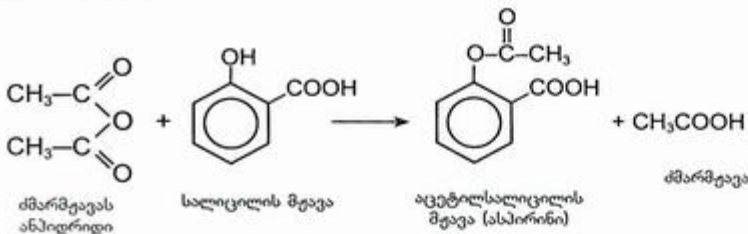
ამ რეაქციას **ჰიდროლიზის რეაქცია** ეწოდება. იგი ესტერიფიკაციის შებრუნებული რეაქციაა. ჰიდროლიზის ბოლომდე მისაყვანად სარეაქციო ნარევეს უმატებენ ტუტეს, რომელიც მჟავას მარილად გარდაქმნის და რეაქცია აღარ შებრუნდება:



ესტერიფიკაციის რეაქციას შეუქცევადად წარმართვისათვის ხშირად ატარებენ კარბონმჟავათა ანჰიდრიდით. მაგალითად:



ანალოგიურად მიმდინარეობს რეაქცია ფენოლურ ჰიდროქსილის ჯგუფთან:



▶ ძმარმეავას ნაშთს $\text{C}-\text{CH}_3$ ეწოდება აცეტლის ჯგუფი.

მკვლელობის მიზანი: ესტერის ჰიდროლიზი

- გააფხვიერეთ მედიკამენტი ასპირინის აბი (სურ.1). ჩაყარეთ ქიმიურ ჭიქაში და ჩაასხით 10 მლ გამობდილი წყალი. დაამატეთ 2 წვეთი მარილმჟავას ხსნარი და გააცხელეთ წყლის აბაზანაზე 2-3 წთ.
 - გააანალიზეთ მიმდინარე პროცესი და დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.
- გამჭვირვალე ხსნარი გადაასხით სინჯარაში და დაამატეთ ახლად-დამზადებული რკინა(III)-ის ქლორიდის 5%-იანი ხსნარის 2-3 წვეთი.
 - დააკვირდით შედეგს (სურ.2), შეიცვლება თუ არა ხსნარის შეფერილობა და რატომ?

მკვლელობის მიზანი



სურ. 1



სურ. 2

გამოყენება. დაბალმოლეკულური ესტერების უმრავლესობას სასიამოვნო სუნი აქვს. მაგალითად, პენტილფორმატს (ჭიანჭველმჟავაპენტილესტერს) ალუბლის სუნი აქვს, ბუტილბუტირატს (ერბომჟავაბუტილესტერს) – ანანასის სუნი (სურ. 3, 4) და ა. შ.

ყვავილების, ხილისა და კენკროვანთა სასიამოვნო არომატი განპირობებულია მათში ამა თუ იმ ესტერის არსებობით. ამის გამო მრავალ მათგანს, მათ შორის სინთეზურ ესტერებსაც, იყენებენ ესენციების სახით კვების მრეწველობასა და პარფიუმერიაში (სურ. 5). ესტერები გამოიყენება, აგრეთვე, ლაქ-საღებრებისა და სხვა ორგანული ნაერთების გამხსნელად. მაგალითად, ეთილაცეტატი პოლიმერების, ცხიმების, პარაფინის და სხვ. გამხსნელად ზოგიერთი მინერალური მჟავას ესტერი იხმარება მედიცინაში. მაგალითად, იზოპენტილნიტრატი ასუსტებს სტენოკარდიულ შეტევებს, ხოლო ეთილნიტრატი აფართოებს პერიფერიულ სისხლძარღვებს.



სურ. 3. ალუბლის სურნელს განაპირობებს პენტილფორმატის ($\text{HCOOC}_5\text{H}_{11}$) შემცველობა.



სურ. 4. ანანასის სურნელს განაპირობებს ბუტილბუტირატის ($\text{C}_4\text{H}_9\text{COOC}_4\text{H}_9$) შემცველობა.

შეასრულეთ

- განახორციელეთ გარდაქმნები:
 - მეთანიდან მიიღეთ ჭიანჭველმჟავას მეთილესტერი;
 - ეთილენიდან მიიღეთ ძმარმეავას ეთილესტერი.
- დაწერეთ ა) ძმარმეავას, ბ) პროპიონმჟავას იზომერული ესტერის სტრუქტურული ფორმულები.
- დაწერეთ გოგირდმჟავას სრული და არასრული ესტერების წარმოქმნის რეაქციათა ტოლობები.



სურ. 5. ესტერები პარფიუმერიის ძირითადი ნედლეულია.

ესტერების შესწავლისას ჩვენ ვნახეთ, რომ მათ წარმოქმნაში მონაწილეობს სხვადასხვა კარბონმჟავები და სპირტები. არსებობს ბუნებრივი ესტერების კიდევ ერთი მრავალრიცხოვანი ჯგუფი, რომლის წევრები წარმოქმნილია სხვადასხვა კარბონმჟავებისა და ერთი მრავალატომიანი სპირტის – გლიცერინისაგან.



სურ. 1. მარსელინ ბერტლო (1827-1907), ფრანგი ქიმიკოსი. იგი მრავალი ორგანული სინთეზის ავტორია, მათ შორის – ალაკანების, ბენზოლის, მეთანოლის, ცხიმებისა. ორგანული სინთეზის წარმატებით აღფრთოვანებულმა ბერტლომ XIX საუკუნის მიწურულს ივარაუდა, რომ ოდესმე კაცობრიობა უარს იტყობდა ტრადიციულ საკვებზე და აბებით კვებაზე გადავიდოდა.

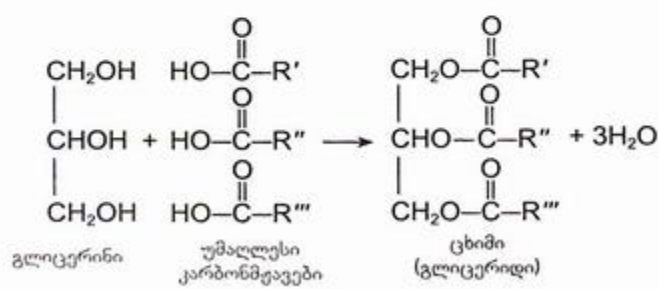
ცხიმები სამატომიანი სპირტის — გლიცერინისა და უმაღლესი ერთფუძიანი კარბონმჟავების ესტერებია.

ბუნებრივი ცხიმები წარმოადგენს სხვადასხვა ესტერების ნარევს. ამასთან თითოეული ესტერის შედგენილობაში შედის ნახშირბადატომთა წყვილი რიცხვის შემცველი სხვადასხვა არაგანშტოებული კარბონმჟავის ნაშთი. უმრავლეს შემთხვევაში ცხიმების წარმოქმნაში მონაწილეობს უმაღლესი ნაჯერი და უჯერი კარბონმჟავები: პალმიტინმჟავა – C₁₅H₃₁COOH, სტეარინმჟავა – C₁₇H₃₅COOH, ოლეინმჟავა – C₁₇H₃₃COOH, ლინოლმჟავა – C₁₇H₃₁COOH, ლინოლენმჟავა – C₁₇H₂₉COOH და სხვ.

ცხიმების შედგენილობაში დაბალი რიგის კარბონმჟავათა ნაშთები იშვიათად გვხვდება. ასეთია, მაგალითად, ერბომჟავა (ძროხის კარაქში), კაპრონმჟავა (თხის ქონში).

ცხიმების აღნაგობა დაადგინეს ფრანგმა ქიმიკოსებმა მ. შვერელმა და მ. ბერთლომ. მ. შვერელმა XIX საუკუნის დასაწყისში ცხიმების ჰიდროლიზით მიიღო გლიცერინი და კარბონმჟავების ნარევი; მ. ბერთლომ კი ჩაატარა ესტერიფიკაციის რეაქცია – გლიცერინისა და უმაღლესი კარბონმჟავების ნარევის გახურებით მიიღო ცხიმების ანალოგიური ნივთიერებები (სურ.1).

ცხიმების წარმოქმნა შეიძლება სქემატურად ასე გამოვსახოთ:



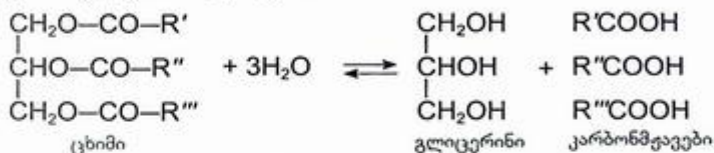
სურ. 2. გლიცერინის სივრცითი მოდელი

ყველა ცხიმი წყალზე მსუბუქია და მასში არ იხსნება. ისინი კარგად იხსნება ორგანულ გამხსნელებში – ეთერში, ბენზინში, ქლოროფორმში და სხვა.

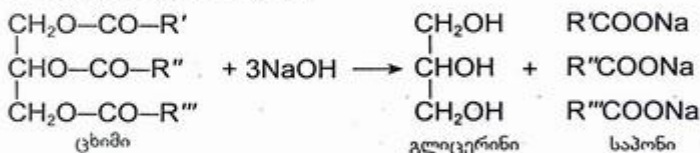
ცხოველური ცხიმები (ქონები) უმეტეს შემთხვევებში მყარია (ძროხის, ცხვრის, ლორის და ა. შ.), მაგრამ გვხვდება თხევად მდგომარეობაშიც (თევზის ქონი). მათი მოლეკულების შედგენილობაში, როგორც წესი, შედის ნაჯერი კარბონმჟავების ნაშთები.

მცენარეული ცხიმები (ზეთები), იშვიათი გამონაკლისის გარდა, თხევადია. თუმცა ცნობილია აგრეთვე მყარი მცენარეული ცხიმებიც (ქოქოსის ზეთი, კაკაოს ზეთი). მათი მოლეკულების შედგენილობაში ძირითადად უჯერ კარბონმჟავათა ნაშთებია.

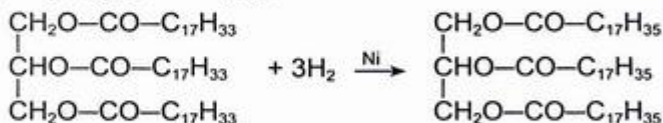
ქიმიური თვისებები. ცხიმების, როგორც ესტერების, მნიშვნელოვანი თვისებაა **ჰიდროლიზი**:



ჰიდროლიზს ატარებენ ცხიმის გაცხელებით წყალთან ერთად კატალიზატორის – მჟავას ან ტუტის თანაობისას. ჰიდროლიზის რეაქცია შექცევადია, მაგრამ ცხიმის ტუტესთან დუღილით რეაქცია პრაქტიკულად ბოლომდე მიდის. ამ დროს მიიღება გლიცერინი და საპონი, რის გამოც აღნიშნულ რეაქციას გასაპონის რეაქციასაც უწოდებენ.



თხევადი ცხიმები ჰიდრირებით შეიძლება გავამყაროთ. წყალბადის მიერთება ხდება ცხიმის მოლეკულაში არსებული უჯერი ბმების განყვეტის ხარჯზე:



რეაქცია მიმდინარეობს მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში, კატალიზატორის თანაობისას. მიღებული მასა თავისი კონსისტენციით ქონის მსგავსია, რის გამოც მას ქონზეთსაც უწოდებენ. ქონზეთებს იყენებენ საპნის, სტეარინისა და გლიცერინის მისაღებად. საკვები ცხიმი – **მარგარინი** ჰიდრირებული ზეთების, ცხოველური ცხიმების, რძისა და ზოგიერთი სხვა ნივთიერებების (მარილი, შაქარი, ვიტამინები და სხვ.) ნარევი.

ცხიმის დამძაღება გამოწვეულია ჰიდროლიზით, რაც ხდება მისი ხანგრძლივი შენახვისას ჩვეულებრივ პირობებში. თხევადმა ცხიმებმა გარკვეულ პირობებში შეიძლება მოლეკულაში არსებული ორმაგი ბმების ხარჯზე სხვადასხვა ქიმიური გარდაქმნაც განიცადოს, რაც, ასევე, აუარესებს მათ ხარისხს.



სურ. 3. ცხოველური თხევადი ცხიმი – თევზის ქონი



სურ. 4. მცენარეული მყარი ცხიმი – კაკაოს ზეთი



სურ. 5. მარგარინი ჰიდრირებული ცხიმია.

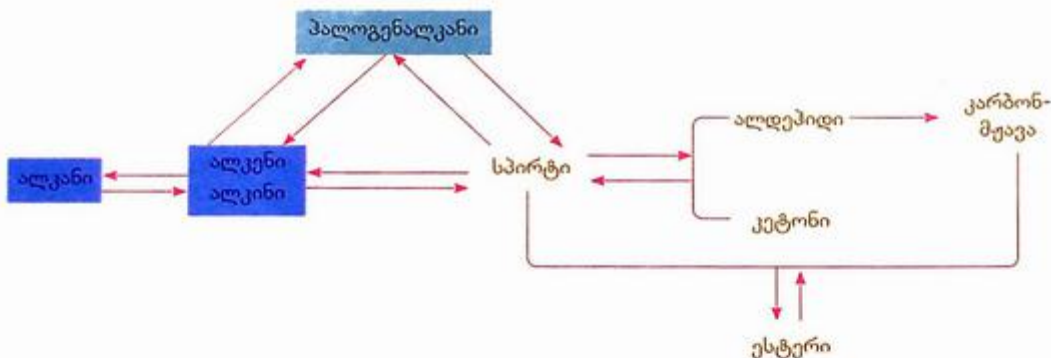
გამოყენება. ცხიმები ჩვენი საკვების ერთ-ერთი ძირითადი შემადგენელი ნაწილია. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მისი ენერგეტიკული ფუნქცია. ცხიმის უანგვის ეგზოთერმული რეაქციების შედეგად ორგანიზმი ლებულობს სასიცოცხლო პროცესებისათვის საჭირო ენერჯიას. ცხიმების უანგვისას გაცილებით მეტი ენერჯია გამოიყოფა, ვიდრე იმავე მასის ნახშირწყლების ან ცილების უანგვის დროს.

შეასრულეთ

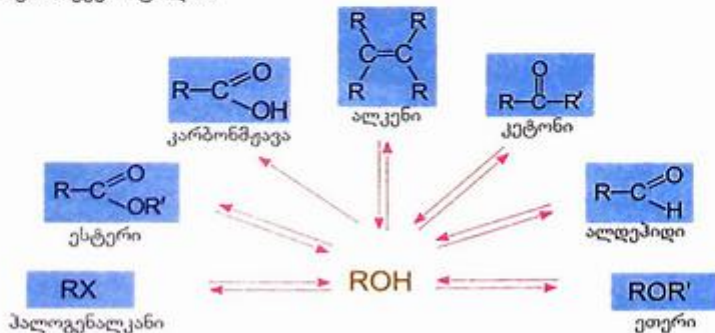
1. დანერეთ ცხიმის აღნაგობის ფორმულა, რომელიც წარმოქმნილია გლიცერინისაგან და ერბოს, ოლეინის, სტეარინის მჟავებისაგან.
2. რატომ არის ოლეინმჟავასაგან წარმოქმნილი ცხიმი თხევადი?
3. რატომ იფანგება ჰაერზე თხევადი ცხიმი მყარ ცხიმზე უფრო ადვილად?
4. რომელი რეაქტივით შეიძლება გაეარჩიოთ ოლეინისა და სტეარინის მჟავები?
5. ცხიმის პიდროლიზის შედეგად წარმოიქმნება პალმიტინმჟავა და ლინოლენმჟავა მოლური თანაფარდობით 1:2. დანერეთ ასეთი ცხიმის აღნაგობის ფორმულა.
6. გაიხსენეთ ბიოლოგიიდან, რა იცით ცხიმების როლის შესახებ სასიცოცხლო პროცესებში და წარმოადგინეთ რეფერატის სახით.

შეასრულეთ

- დააკვირდით სქემას, გააანალიზეთ და დამყარეთ გენეტიკური კავშირი ნახშირწყალბადებსა და ნახშირწყალბადების უანგბადშემცველ ნაერთებს შორის.



- მოყვანილ სქემაზე ცენტრალური ადგილი უკავია სპირტებს. სპირტი შეიძლება წარმოიქმნას, ასევე, გარდაიქმნას სხვადასხვა ორგანულ ნივთიერებად. დააკვირდით, გაიაზრეთ და შეამონმეთ თქვენი ცოდნა.

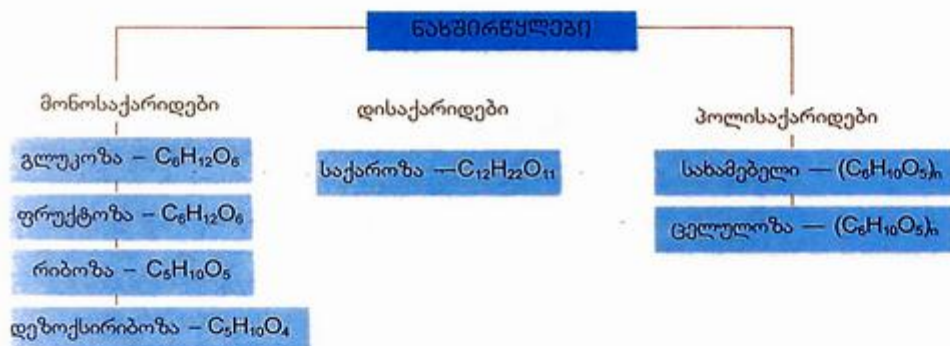


ნახშირწყლები ბუნებრივი ნაერთებიდან ყველაზე გავრცელებული კლასია. ფოტოსინთეზის შედეგად ყოველწლიურად განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით ორგანული ნივთიერება წარმოიქმნება. ადამიანმა გულდასმით შეისწავლა ეს „ბუნებრივი ლაბორატორია“, მაგრამ ფოტოსინთეზის პროცესის ხელოვნურად განხორციელება დღემდე ვერ შეძლო. მცენარეებში ნახშირწყლების შემცველობა 80%-ს აღწევს. დიდია ამ ნაერთების როლი ორგანიზმებში მიმდინარე ფიზიოლოგიურ პროცესებში.

ნახშირწყლების მოლეკულების შედგენილობაში შედის ნახშირბადის, წყალბადისა და ჟანგბადის ატომები. უპირატესად, ჟანგბადისა და წყალბადის ატომებს შორის თანაფარდობა ისეთივეა, როგორც წყალში. აქედან წარმოიშვა მათი სახელწოდება და ზოგადი ფორმულა $C_n(H_2O)_m$.

ნახშირწყლები მოლეკულების აღნაგობის სირთულის მიხედვით შეიძლება დაეყოთ სამ ჯგუფად:

▶ ნახშირწყლები კარბონილის ჯგუფის შემცველი მრავალატომიანი სპირტებია.



23 მონოსაქარიდები

გლუკოზა – $C_6H_{12}O_6$ მონოსაქარიდების მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია. განსაკუთრებით დიდია მისი შემცველობა ყურძნის წვენში (ამიტომ გლუკოზას **ყურძნის შაქარს** უწოდებენ), თაფლში, მწიფე ხილსა და კენკროვნებში. ადამიანის სისხლი ~0,1% გლუკოზას შეიცავს.

აღნაგობა. გლუკოზის აღნაგობა დადგინდა მისი ქიმიური თვისებების საფუძველზე.



სურ.1. ყურძნის წვენში დიდი რაოდენობითაა გლუკოზა



სურ. 2

ქსპერიმენტის მიზანი:

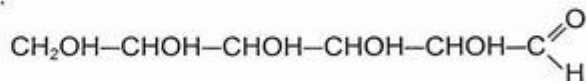
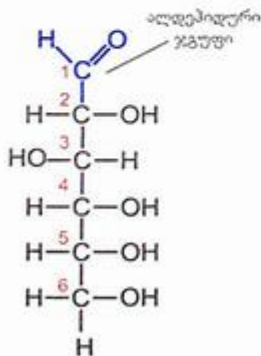
გლუკოზის აღნაგობის დადგენა ქიმიური თვისების საფუძველზე

1. სინჯარაში ჩაასხით 4-5 მლ შაბიამნის ხსნარი და დაამატეთ 3 მლ NaOH-ის ხსნარი.
2. წარმოქმნილ ნალექს – სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდს დაასხით 3 მლ გლუკოზის ხსნარი და ნარევი შეანჯღრიეთ (სურ. 2 ა). რას ამჩნევთ?
3. სინჯარა გააცხელეთ. დააკვირდით რა ცვლილება მოხდება (სურ. 2 ბ).

რომელი ფუნქციური ჯგუფების არსებობა დაადასტურეთ სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდით გლუკოზში?

ახლადდალეკილ სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდთან გლუკოზის ხსნარი წარმოქმნის ისეთივე ლურჯი შეფერილობის ხსნარს, როგორც მრავალატომიანი სპირტების შემთხვევაში მიიღება. ამასთან, ძმარმეფა ანჰიდრიდთან ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება ხუთი მჟეაური ნაშთის შემცველი ესტერი, ე.ი. გლუკოზა შეიცავს 5 ჰიდროქსილის ჯგუფს. გლუკოზის გაცხელებისას ვერცხლის ოქსიდის ამიაკიან ხსნართან მიიღება ალდეჰიდებისათვის დამახასიათებელი „ვერცხლის სარკე“, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ გლუკოზის შედგენილობაში შედის ალდეჰიდის ჯგუფი. ე.ი. გლუკოზა ალდეჰიდსპირტია.

ამავე დროს დადგინდა, რომ ნახშირბადატომების ჯაჭვი გლუკოზში ხაზოვანია და არაგანშტოებული. რადგან ალდეჰიდის ჯგუფი უნდა იმყოფებოდეს არაგანშტოებული ჯაჭვის ბოლოს, ხოლო ხუთივე ჰიდროქსილის ჯგუფი – სხვადასხვა ნახშირბადის ატომთან, გლუკოზის მოლეკულის აღნაგობა შეიძლება ასე გამოისახოს:



სურ. 3. გლუკოზის ღიაჯაჭვიანი სტრუქტურა

აღმოჩნდა, რომ გლუკოზის ყველა თვისება არ შეესაბამება ასეთ აღნაგობას. მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ალდეჰიდურ ფორმასთან ერთად არსებობს გლუკოზის ციკლური ფორმის მოლეკულები.

გლუკოზის ღია ჯაჭვიდან (სურ. 3) ციკლური აღნაგობის მოლეკულების წარმოქმნა შეიძლება ასე აიხსნას: მარტივი σ -ბმებით დაკავშირებულ ნახშირბადატომებს შეუძლიათ თავისუფალი ბრუნვა σ -ბმების გარშემო, რის გამოც მოლეკულამ შეიძლება ისეთი მოლეკული ფორმა მიიღოს, რომ ალდეჰიდის ჯგუფი ახლოს აღმოჩნდეს მეზობელ ნახშირბადატომთან დაკავშირებულ ჰიდროქსილის ჯგუფთან. მათ შორის მოხდება ურთიერთქმედება. ჰიდროქსილის ჯგუფის უანგბადადატომი მიუერთდება კარბონილის ჯგუფის ნაწილობრივ დადებით მუხტის მქონე ნახშირბადატომს, წყალბადატომი კი – ნაწილობრივ უარყოფითი მუხტის მქონე უანგბადატომს ახალი ჰიდროქსილის ჯგუფის წარმოქმნით. ამრიგად,

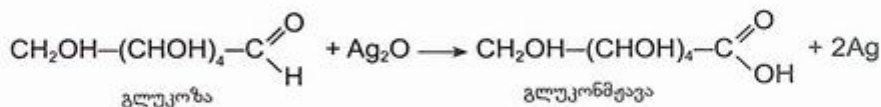
ამისათვის სახამებელს აცხელებენ განზავებულ გოგირდმჟავასთან ერთად რამდენიმე საათის განმავლობაში. ჰიდროლიზის პროცესის დამთავრების შემდეგ მჟავას ანეიტრალეზენ ცარციტ. წარმოქმნილ კალციუმის სულფატის ნალექს გაფილტვრით აცილებენ და ხსნარის აორთქლებით ლებულობენ კრისტალურ გლუკოზას.

ფიზიკური თვისებები. გლუკოზა თეთრი ფერის კრისტალური ნივთიერებაა, აქვს ტკბილი გემო, წყალში კარგად იხსნება. წყალ-ხსნარებიდან გამოკრისტალდება $C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$ შედგენილობის კრისტალჰიდრატის სახით.

ქიმიური თვისებები. რადგან გლუკოზა ბიფუნქციური ნაერთია, მისთვის დამახასიათებელია როგორც ალდეჰიდების, ისე სპირტების თვისებები.

როგორც სპირტი, გლუკოზა წარმოქმნის ესტერებს.

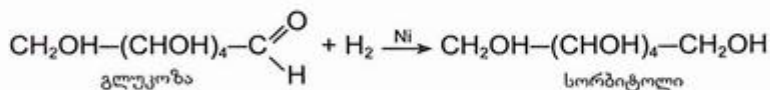
როგორც ალდეჰიდი, გლუკოზა იჟანგება ვერცხლის ოქსიდის ამიაკიანი ხსნარით და წარმოიქმნება გლუკონმჟავა:



სურ. 5. სორბიტოლი

მჟანგავად შეიძლება გამოვიყენოთ ახლადდალექილი Cu(II) -ის ჰიდროქსიდის.

როგორც ალდეჰიდი გლუკოზა აღდგება და მიიღება ექვსატომიანი სპირტი – სორბიტოლი (სურ. 5), რომელსაც დიაბეტიით დაავადებული ავადმყოფები იყენებენ შაქრის შემცვლელად:



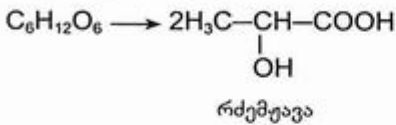
სურ. 6. ყურძნის წვენის სპირტული დუღილი

სხვადასხვა მიკროორგანიზმის მოქმედებით გლუკოზა იშლება. ამ პროცესს დუღილს უწოდებენ.

სპირტული დუღილი. საფუარის ფერმენტების მოქმედებით მიმდინარეობს ე.წ. სპირტული დუღილი (სურ. 6). ამ პროცესის ქიმიზმი ძალიან რთულია და მარტივად ასე გამოისახება:



რძემჟავური დუღილი. რძემჟავა ბაქტერიების მოქმედებით მიმდინარეობს ე.წ. რძემჟავური დუღილი. ეს პროცესი გამარტივებულად შეიძლება ასე გამოისახოს:



რძემჟავური დუღილი მიმდინარეობს რძის ამჟავების დროს, რასაც მოჰყვება რძის აჭრა. ამ პროცესთანაა დაკავშირებული მანენის, ხაჭოსა და რძის სხვა პროდუქტების წარმოება. რძემჟავური დუღილის პროცესი ხორციელდება, აგრეთვე, ბოსტნეულის დამწნილებისა და ცხოველის საკვების დასილოსების დროს. ამ დროს წარმოქმნილი რძემჟავა დამაკონსერვებელ ფუნქციას ასრულებს – წარმოქმნის მჟავა არეს, რომელშიც არ ხდება ცილების ლპობა და სხვა მავნე ქიმიური გარდაქმნები.

გამოყენება. გლუკოზა ადამიანის ძირითადი საკვები ნივთიერებაა. კვების პროდუქტებში არსებული სახამებელი ორგანიზმში ფერმენტების მოქმედებით გარდაიქმნება გლუკოზად, რომელიც სისხლში გადადის. სისხლი, თავის მხრივ, გლუკოზით ამარაგებს უჯრედებს, სადაც მიმდინარეობს უნჯვა. უნჯვის პროცესი დაკავშირებულია ენერჯის გამოყოფასთან. უნჯვის საბოლოო პროდუქტებია ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი და წყალი:



გლუკოზის უნჯვისას მიღებული ენერჯის ნაწილი გამოიყოფა სითბოს სახით, ხოლო ნაწილი ხმარდება ადენოზინტრიფოსფორმჟავას (ატფ) სინთეზს, რომელიც ორგანიზმისათვის ენერჯის მარაგს წარმოადგენს. ატფ-ს დაშლისას წარმოიქმნება კუნთების შეკუმშვისათვის, ნივთიერებათა სინთეზისათვის და სხვა პროცესების წარმართვისათვის საჭირო ენერჯია.

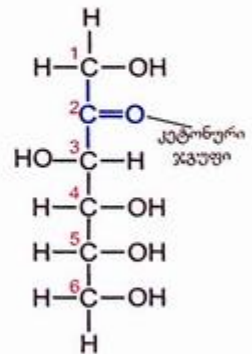
სუფთა გლუკოზა გამოიყენება მედიცინაში. რიგი დაავადებების დროს იგი, როგორც მოსამაგრებელი სამკურნალო საშუალება, ხსნარის სახით შეჰყავთ ვენაში (სურ. 7). ტკბილმა გემომ განაპირობა მისი გამოყენება საკონდიტრო წარმოებაში. აღმდგენი უნარის გამო გამოიყენება სარკეებისა და მოვერცხილი სათამაშოების დასამზადებლად და სხვ.

ფრუქტოზა — C₆H₁₂O₆ გლუკოზის იზომერია. ისინი ერთად გვხვდება ტკბილ ხილსა და თაფლში. თაფლში გლუკოზა და ფრუქტოზა ტოლი რაოდენობითაა. ფრუქტოზა უფრო ტკბილია გლუკოზაზე.

როგორც აღნაგობა გვიჩვენებს, **ფრუქტოზა კეტონსპირტია** (სურ. 8). ის შედის მრავალატომიანი სპირტების დამახასიათებელ რეაქციებში. არ ახასიათებს აღმდგენი უნარი (არ შედის „ვერცხლის სარკის“ რეაქციაში).



სურ. 7. გლუკოზის ხსნარი



სურ. 8. ფრუქტოზის ლიაჯაჭვიანი სტრუქტურული ფორმულა



სურ. 9. თაველში გლუკოზა და ფრუქტოზა ტოლი რაოდენობითაა

ფრუქტოზა გლუკოზის მსგავსად, არსებობს ციკლური ფორმითაც. მაგალითად:



საინტერესო...



ლეინო და საქართველო

ლეინოს, როგორც სიძლიერისა და სიმხნევის მიმნიჭებელ კეთილშობილურ სითხეს, კაცობრიობა უძველესი დროიდან იცნობს. ლეინის სამშობლოდ კი საქართველოა აღიარებული, რადგან მტკერის ხეობაში, შულავერის გორაზე წარმოებული არქეოლოგიური გათხრებისას, მსოფლიოში ყველაზე ძველი, 8000 წლის წინ მოშინაურებული ვაზისა და მისგან დამზადებული ლეინის კვალა აღმოჩენილი – თიხის ჭურჭლის ნატეხებზე ნაპოვნია ლეინისმეყვას ნარჩენები და კულტურული ვაზის ყურძნის ნიპნები.

ლეინო ყურძნის სრული ან ნაწილობრივი სპირტული დუღილის შედეგად მიღებული მრავალკომპონენტური სისტემაა. ის ბიოლოგიურ (ცოცხალ) ორგანიზმს წარმოადგენს: იზადება, ვითარდება, ბერდება და კვდება. ლეინის დიდ ნაწილს წყალი შეადგენს, რომელშიც ფერის, არომატისა და გემოს განმსაზღვრელი სხვადასხვა კლასის, ორგანული და არაორგანული ქიმიური ნაერთებია გახსნილი: სპირტები, ორგანული მჟავები, ნახშირწყლები, ფენოლური, მღებავი, აზოტოვანი და მინერალური ნივთიერებები, ესტერები, ალდეჰიდები, კეტონები, ვიტამინები. ისინი, ან შესაბამისი ყურძნიდანაა უცვლელად გადასული ლეინოში, ან სპირტული დუღილისას და დალეინებისასაა ფორმირებული. ლეინო, თითქოს, ლაბორატორიაა, სადაც დაძველების პროცესში თავისთავად, კანონზომიერად მიმდინარეობს ქიმიური რეაქციები კომპონენტებს შორის. მრავალი მათგანი ლეინის სიცოცხლის ხანგრძლივობასთანაა დაკავშირებული.



თიხის ჭურჭელი ყურძნის მტკვენების გამოსახულებით, (ძვ.წ. VI ათასწლეული, ქართლი)

თანამედროვე მეთოდებით გამოკვლეულია, რომ უძველესი ქართული ნითელყურძნიანი ჯიშებისაგან: საფერავი, სიმონასეული, ოცხანური საფერე და სხვა – დამზადებული ლეინოები, ან თეთრყურძნიანი რქანითელის, მწვანეს, ქისის, ხიზვისა და სხვათა ქვევრის ლეინოები მდიდარია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის სასარგებლო ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებით, როგორცაა, პოლიფენოლური ნაერთები.

დამტკიცებულია, რომ ეს ნივთიერებები ორგანიზმისთვის სამკურნალო-პროფილაქტიკური უნარის მატარებელია, რადგან, ანტიოქსიდანტური



საფერავი

აქტივობის წყალობით, ათასგვარი მძიმე დაავადების (ონკოლოგიური, გულსისხლძარღვით) გამომწვევ თავისუფალ რადიკალებს ბოჭავს.

ცნობილია, რომ საფრანგეთში, სადაც ბევრს ეწევიან, აქვთ სისხლის მაღალი წნევა, მიირთმევენ ცხიმოვან საკვებს და ქოლესტერინით მდიდარ ხორცს, გულის კორონალური დაავადებების ძალიან დაბალი მაჩვენებელია. ამ ფენომენის, „ფრანგული პარადოქსის“, გამოკვლევით მივიღწენ დასკვნამდე, რომ ამ ადამიანებს, სწორედ, ნითელი ლეინის ზემოთ ჩამოთვლილი თვისებები იცავს გულის დაავადებებისაგან, რაც გულის ინფარქტით მათ ნაკლებ სიკვდილიანობას განაპირობებს.

ლეინის, განსაკუთრებით ნითელი ლეინის, ბევრ დადებით თვისებას ადამიანმა დიდი ხანია შიამაქცია ყურადღება: ოდითგან ჩველ ბავშვებს, ორგანიზმის გაჯანსაღებისა და იმუნიტეტის გაზრდის მიზნით, ნითელ ლეინოში ჩამბალ პურს – ბოლინოს – აჭმევდნენ; დღეს უკვე ნითელი ლეინის აბაზანებსაც იღებენ და ენოთერაპიასაც (ლეინით მკურნალობა) მიმართავენ.

თუმცა, ყველა ამ სიკეთის მოტანა ლეინოს მხოლოდ ზომიერების ფარგლებში მირთმევისას შეუძლია: 200-300 მლ დღეში – ჯანმრთელ მამაკაცს და 100-200 მლ – ჯანმრთელ ქალს! ამით გამოვრიცხავთ ორგანიზმზე ქარბი ალკოჰოლის უარყოფით ზემოქმედებას და მის სავალალო, გამოუსწორებელ შედეგებს.



ბოლინო

განაზრეთ

1. როგორ ფიქრობთ, რატომ არ ახასიათებს აღმდგენი უნარი ფრუქტოზას?
2. დაასახელეთ ნაერთი, რომელსაც ისეთივე შედგენილობა აქვს, როგორც გლუკოზას, მაგრამ მოლეკულური მასა აქვს 6-ჯერ ნაკლები და ვერცხლის ოქსიდის ამიაკიან ხსნართან გლუკოზას მსგავსად ურთიერთქმედებს.

შეასრულეთ

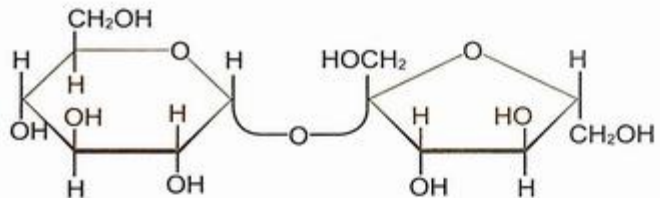
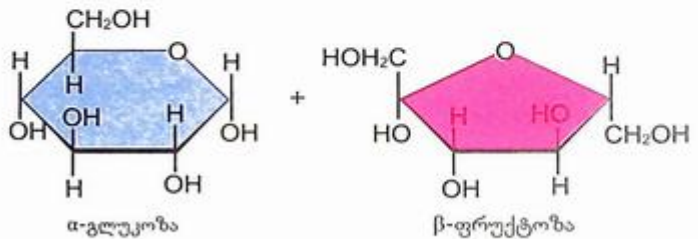
1. დანერეთ სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდით გლუკოზას დაქანგვის რეაქციის ტოლობა.
2. ერთი და იმავე რეაქტივით როგორ გამოიცნობთ ა) გლიცერინს, ბ) ძმრის ალდეჰიდს, გ) გლუკოზას?
3. 1 მოლი გლუკოზის სპირტული დუღილით წარმოქმნილი ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი გახსნეს კირიან წყალში, რომელიც შეიცავდა 0,5 მოლ კალციუმის ჰიდროქსიდს. რომელი მარილი და რა რაოდენობით წარმოიქმნება?
4. აღნაგობიდან გამომდინარე ა) როგორ ბუნებას ავლენს გლუკოზის დუღილით წარმოქმნილი რძემჟავა? ბ) რა რაოდენობის ნატრიუმი და ნატრიუმის ჰიდროქსიდი შევა რეაქციაში 1 მოლ გლუკოზიდან მიღებულ რძემჟავასთან?
5. რომელი რეაქციით განასხვავებთ გლუკოზას ფრუქტოზასაგან? შეადგინეთ რეაქციის ტოლობა.



სურ. 1. შაქარი საქაროზა

დისაქარიდები ისეთი ნახშირწყლებია, რომელთა მოლეკულე-
ბი შედგება ორი ერთნაირი, ან სხვადასხვა მონოსაქარიდის ნაშ-
თისაგან.

საქაროზა - $C_{12}H_{22}O_{11}$ დისაქარიდების მნიშვნელოვანი ნარ-
მომადგენელია, რომელიც ცნობილია ჩვეულებრივი შაქრის
სახელწოდებით. მისი მოლეკულა აგებულია α -გლუკოზისა და
 β -ფრუქტოზის ნაშთებისაგან (სურ. 2).



სურ. 2. საქაროზა



სურ. 3. კარამელი

საქაროზა თეთრი, ტკბილი გემოს წყალში კარგად ხსნადი
კრისტალური ნივთიერებაა. ღვება 160°C -ზე. გაღობილი
საქაროზას გაცივებისას მიიღება ამორფული გამჭვირვალე მასა
- კარამელი (სურ. 3).

საქაროზას შეიცავს მრავალი მცენარე - სტაფილო, ნესვი და
სხვ. განსაკუთრებით ბევრია იგი შაქრის ქარხალსა და შაქრის
ლერწამში (სურ. 4, 5). ამ პროდუქტებიდან ღებულობენ საქა-
როზას, რის გამოც მას ქარხლისა და ლერწმის შაქარსაც უწოდებ-
ენ.



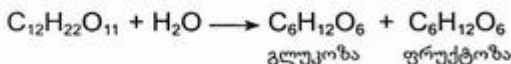
სურ. 4. შაქრის ლერწამი



სურ. 5. შაქრის ქარხალი

ჰიდროქსილის ჯგუფების არსებობა საქაროზას მოლეკულაში ადვილად მტკიცდება მის ხსნარზე ახლადდალეკილი სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდის მოქმედებით. ამ დროს მიიღება ლურჯი ფერის საქარატი. საქაროზას არ ახასიათებს აღმდგენი უნარი, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ იგი არ შეიცავს ალდეჰიდის ჯგუფს.

თუ საქაროზის ხსნარს წამოვადულებთ მცირეოდენ მარილ-მჟავას ან გოგირდმჟავას თანაობისას, შემდეგ ხსნარს ტუტით გავანიტრალეობთ და გავაცხელებთ სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდთან ერთად, წარმოიქმნება მონითალო ნალექი (Cu₂O). ამით დგინდება, რომ საქაროზა მჟავას თანაობისას ჰიდროლიზდება გლუკოზისა და ფრუქტოზის წარმოქმნით:



მიღებული α-გლუკოზის მოლეკულები ხსნარში წონასწორობაშია სხვა ფორმებთან, კერძოდ კი, ალდეჰიდურ ფორმასთან. სწორედ ალდეჰიდური ფორმის მოლეკულები აღადგენს სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდს სპილენძ(I)-ის ოქსიდამდე.

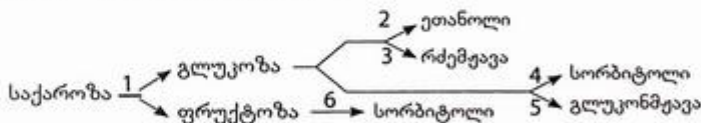
საქაროზას, ძირითადად, იყენებენ საკვებად, საკონდიტრო წარმოებაში. ჰიდროლიზის გზით მისგან ლებულობენ ხელოვნურ თაფლს. მედიცინაში საქაროზას იყენებენ სხვადასხვა აბებისა და მიქსტურის (ბავშვებისათვის) დასამზადებლად.



სურ. 6. ხილში დიდი რაოდენობითაა მონოსაქარიდები და დისაქარიდები

შეასრულიეთ

- 0,5 მოლი საქაროზას ჰიდროლიზით ა) რა რაოდენობის გლუკოზა და ფრუქტოზა მიიღება, ბ) რა მასის გლუკოზა და ფრუქტოზა მიიღება?
- ორ სინჯარაში მოთავსებულია გლუკოზასა და საქაროზას ხსნარები. როგორ გამოიცნობთ, რომელ სინჯარაში რა ნივთიერებაა?
- განახორციელეთ გარდაქმნები:

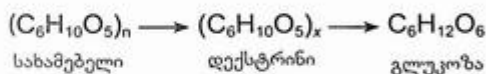


მიღება. სახამებელს ძირითადად კარტოფილიდან ღებულობენ (სურ. 3). მას აქუცმაცებენ, წყლით რეცხავენ, მიღებული ხსნარის დაყოვნების შემდეგ გამოყოფილ სახამებელს კვლავ რეცხავენ და აპრობენ თბილი ჰაერით.

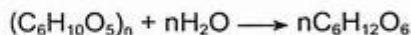
ფიზიკური თვისებები. სახამებელი წყალში უხსნადი, თეთრი ფერის ამორფული ნივთიერებაა. ცხელ წყალში იჯირჯევა და ბუბკოს წარმოქმნის.

ქიმიური თვისებები. სახამებელი სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდთან გაცხელებისას არ წარმოქმნის ნითელი ფერის სპილენძ(II)-ის ოქსიდს. მისთვის არაა დამახასიათებელი აგრეთვე „ვერცხლის სარკის“ რეაქცია, ე.ი. იგი არ შეიცავს ალდეჰიდის ჯგუფს, რის გამოც არ ავლენს ალმდგენ ბუნებას.

სახამებელი მაღალ ტემპერატურაზე მუყავების თანაობისას განიცდის ჰიდროლიზს. პროცესი საფეხურებად მიმდინარეობს. ჯერ მიიღება შედარებით დაბალმოლეკულური მასის მქონე პროდუქტები – დექსტრინები, ბოლოს კი – გლუკოზა. ჰიდროლიზის პროცესი სქემატურად ასე შეიძლება გამოისახოს:

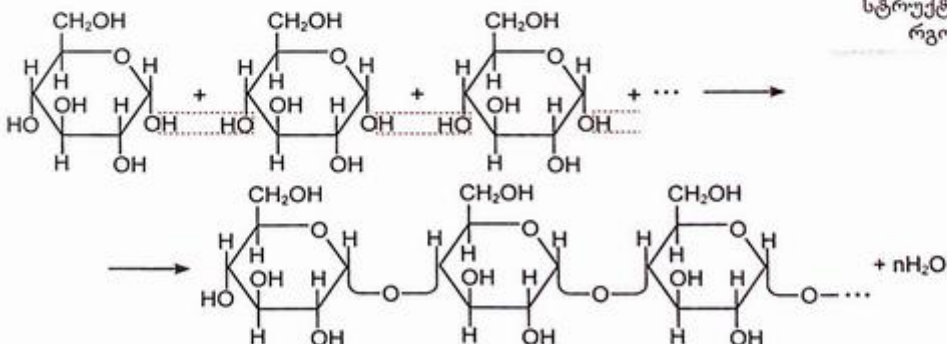


ან მოკლედ:

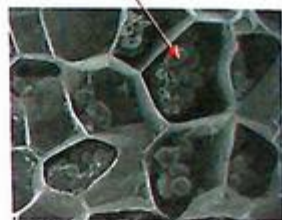


თუ სახამებლის ჰიდროლიზის შემდეგ მიღებულ ხსნარს ტუტით გავანეიტრალებთ და ჩავატარებთ ვერცხლის სარკის რეაქციას, ან რეაქციას სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდთან, ორივე რეაქცია წარიმართება, რაც გამონეწეულია ჰიდროლიზის შედეგად გლუკოზის წარმოქმნით.

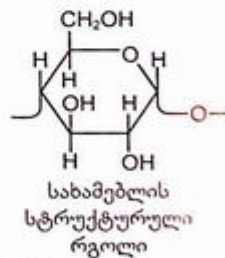
დადგინდა, რომ სახამებლის მაკრომოლეკულები შედგება α-გლუკოზის ნაშთებისაგან. α-გლუკოზიდან ამილოზას წარმოქმნის პროცესი სქემატურად შეიძლება ასე გამოვსახოთ:



სახამებელი

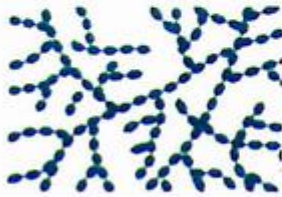


სურ. 3. კარტოფილის სახამებლის მარცვლები მიკროსკოპის ქვეშ





სურ. 4. სახამებლის ამოცნობა იოდით



სურ. 5. გლიკოგენი

სახამებლის სპეციფიკურ რეაქციას წარმოადგენს მისი ურთიერთქმედება იოდთან (სურ. 4). თუ სახამებლის ბუბკოს გაცივებულ ხსნარს დაუვმატებთ იოდის ხსნარს, მიიღება ლურჯი შეფერვა, რომელიც გაცივებისას ქრება, ხოლო გაცივებისას ისევ წარმოიქმნება.

გამოყენება. სახამებელი ადამიანის საკვების (პური, კარტოფილი, ბურღულეული და სხვ.) ძირითადი ნახშირწყალია, მაგრამ ორგანიზმს უშუალოდ მისი შეთვისება არ შეუძლია. ცხიმების მსგავსად, ის ჯერ ჰიდროლიზდება. ეს პროცესი უკვე პირის ღრუში იწყება ნერწყვი არსებული ფერმენტის ზემოქმედებით. შემდეგ სახამებლის ჰიდროლიზი გრძელდება ნაწლავებში. წარმოქმნილი გლუკოზა ნაწლავების კედლებით შეიწოვება და ხვდება სისხლში. ჭარბი გლუკოზა ღვიძლში გარდაიქმნება **გლიკოგენად** (ცხოველური სახამებელი); იგი აღნაგობით ნააგავს ამილოპექტინს, მაგრამ გაცივებით უფრო მეტადაა განშტოებული (სურ. 5).

სახამებლის ჰიდროლიზის შუალედურ პროდუქტებს – დექსტრინებს ადამიანის ორგანიზმი უფრო ადვილად ითვისებს, რადგან იგი შედარებით დაბალმოლეკულური ნაერთია და მისი ხსნადობაც უკეთესია. პურის ცხობა, კარტოფილის ხარშვა და მრავალი სხვა პროცესი სწორედ დექსტრინების წარმოქმნასთანაა დაკავშირებული.

კვების მრეწველობაში სახამებლისაგან ამზადებენ გლუკოზასა და ბადაგს. **ბადაგი** (დექსტრინებისა და გლუკოზის ნარევი) არასრული ჰიდროლიზის პროდუქტია, რომელსაც საკონდიტრო ნაწარმის დასამზადებლად ხმარობენ. სახამებლისაგან მიღებულ დექსტრინებს წებოდ იყენებენ. სახამებელი იხმარება თეთრეულის გასახამებლად. ცხელი უთოს მოქმედებით (ტენის თანაობისას) იგი გარდაიქმნება დექსტრინად, რომელიც ქსოვილის ბოჭკოებს შეანებებს და მკვირვ აფსკს წარმოქმნის. ასეთი აფსკით დაფარული ქსოვილი კი დიდხანს არ ჭუჭყიანდება. სახამებლის ჰიდროლიზით წარმოქმნილი გლუკოზიდან სპირტული დუღილით ლებულობენ ეთანოლს. მედიცინაში სახამებელს იყენებენ მალამოებისა და აბების დასამზადებლად.

ცელულოზა

ცელულოზა წარმოქმნის მცენარეთა უჯრედების გარსს, რის გამოც მას უჯრედისსაც უწოდებენ. იგი უფრო გავრცელებული პოლისაქარიდია, ვიდრე სახამებელი. ხის მერქანი 60%-მდე ცელულოზას შეიცავს; ბამბის, სელისა და კანაფის ბოჭკოები თითქმის სუფთა ცელულოზაა (სურ. 6, 7).

ცელულოზას შედგენილობა, სახამებლის მსგავსად, გამოიხატება ფორმულით $(C_6H_{10}O_5)_n$.

მიუხედავად იმისა, რომ სახამებლისა და ცელულოზას შედგენილობა ერთნაირი მოლეკულური ფორმულით გამოიხატება, ისინი თვისებებით არსებითად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. რაზეც მეტყველებს თუნდაც ის ფაქტი, რომ სახამებელი ადამიანის მნიშვნელოვანი საკვები პროდუქტია, ცელულოზა კი ამ მიზნით არ გამოიყენება.



სურ. 6. ბამბა

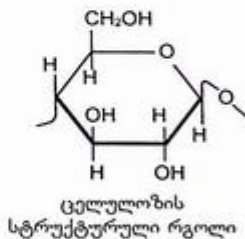
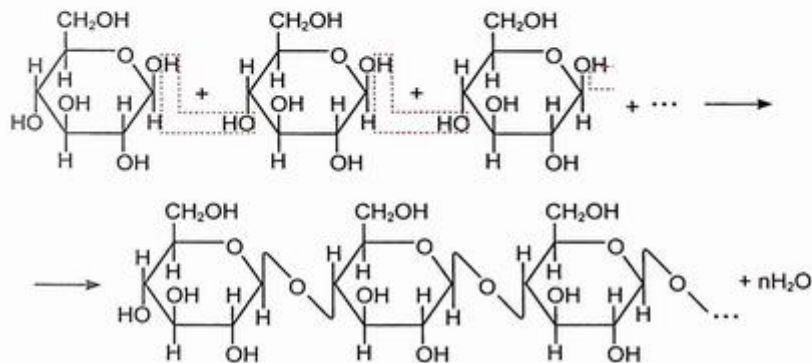


სურ. 7. სელი

ცელულოზას და სახამებლის სტრუქტურული რგოლები მართალია ერთნაირი შედგენილობისაა, მაგრამ განსხვავდება აღნაგობით. ცელულოზა და სახამებელი ასევე განსხვავდება პოლიმერიზაციის ხარისხით (n) ანუ სტრუქტურული რგოლების რიცხვით და თვით მაკრომოლეკულების აღნაგობით.

თუ სახამებლის მაკრომოლეკულები აგებულია α -გლუკოზის ნაშთებისაგან, ცელულოზის მაკრომოლეკულები შედგება β -გლუკოზის ნაშთებისაგან.

β -გლუკოზადან ცელულოზას წარმოქმნის სქემა შეიძლება ასე გამოისახოს:



ცელულოზას n -ის მნიშვნელობა ბევრად უფრო მაღალია აქვს, ვიდრე სახამებელს. მის ზოგიერთ სახეში ფარდობითი მოლეკულური მასა რამდენიმე მილიონს აღწევს.

სახამებელი და ცელულოზა განსხვავდება მაკრომოლეკულები აღნაგობით. თუ სახამებლის მოლეკულებს აქვს როგორც ხაზოვანი, ისე განშტოებული აღნაგობა, ცელულოზის მაკრომოლეკულები მხოლოდ ხაზოვანი აღნაგობისაა (სურ. 8). სწორედ ამით აიხსნება ცელულოზისაგან ისეთი ბოჭკოვანი მასალის წარმოქმნა, როგორსაც იძლევა ბამბა, სელი, კანაფი. ბუნებრივ ბოჭკოში ხაზოვანი მაკრომოლეკულები მონესრიგებული, ბოჭკოს ლერძის გასწვრივ ორიენტირებული განლაგებით ხასიათდება. მაკრომოლეკულებს შორის მრავალრიცხოვანი წყალბადური ბმები ბოჭკოს დიდ სიმტკიცეს ანიჭებს. ბოჭკოვანი მასალიდან რთვის პროცესში ძაფს ლებულობენ. მერქნის ცელულოზიდან ძაფი არ მიიღება. მათ მაკრომოლეკულებს მართალია ხაზოვანი აღნაგობა აქვს, მაგრამ მათი განლაგება, ორიენტაცია – უწესრიგოა.

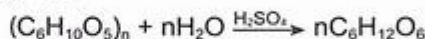


სურ. 8. ცელულოზის მოლეკულების ორიენტირებული განლაგება

ფიზიკური თვისებები. ცელულოზა ბოჭკოსებური, წყალში და ორგანულ გამხსნელებში უხსნადი ნივთიერებაა. ცელულოზის გამხსნელად შეიძლება გამოვიყენოთ მხოლოდ სპილენძ(II)-ის პიდროქსიდის ამიაკიანი ხსნარი.

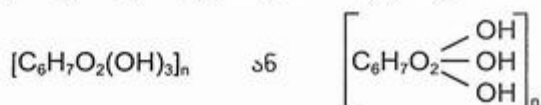
ქიმიური თვისებები. ცელულოზა, მრავალი სხვა ორგანული ნაერთის მსგავსად, იწვის ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდისა და წყლის წარმოქმნით. მერქნის მშრალი გამოხდით, ანუ უჰაერო სივრცეში გახურებისას ცელულოზა იშლება. ამ დროს წარმოიქმნება აქროლადი ორგანული ნივთიერებები (მეთანოლი, ძმარმჟავა, აცეტონი და სხვ.), წყალი და ხის ნახშირი.

ცელულოზის ჰიდროლიზის პროცესი, სახამებლის მსგავსად, საფეხურებად მიმდინარეობს. ჰიდროლიზის საბოლოო პროდუქტია გლუკოზა:

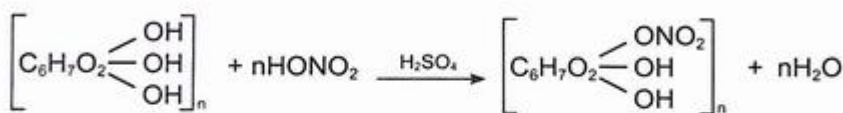


მიუხედავად იმისა, რომ სახამებელი აგებულია α -გლუკოზის, ხოლო ცელულოზა β -გლუკოზის ნაშთებისაგან, როგორც სახამებლის, ისე ცელულოზის ჰიდროლიზის შედეგად მიღებული ხსნარის შედგენილობა ერთნაირია, რადგან ხსნარში მყარდება მოძრავი წონასწორობა გლუკოზის α - და β -ფორმებს შორის ალდეჰიდური ფორმის გავლით (β -ფორმის სიჭარბით).

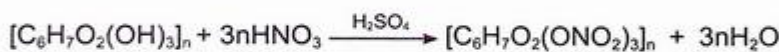
ცელულოზას მაკრომოლეკულის თითოეული სტრუქტურული რგოლი შეიცავს ჰიდროქსილის სამ ჯგუფს, რის გამოც ამ პოლისაქარიდის ფორმულას გამოსახავენ ასე:



ცელულოზამ, ჰიდროქსილის ჯგუფების ხარჯზე, შეიძლება განიცადოს ქიმიური გარდაქმნა, მაგალითად, მოგვეცეს ესტერი. ცელულოზაზე კონცენტრირებული აზოტმჟავას მოქმედებით, კონცენტრირებული გოგირდმჟავას თანაობისას, პირობების მიხედვით მიიღება ცელულოზის მონონიტრატი, დინიტრატი და ტრინიტრატი:

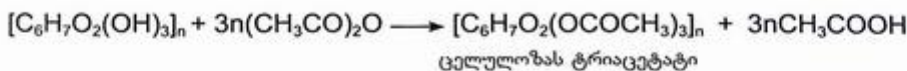
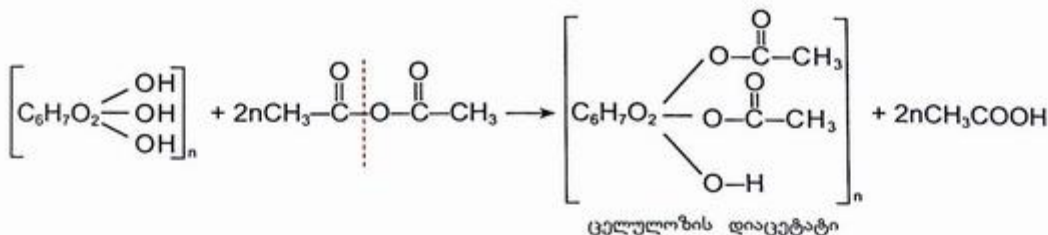


ცელულოზის მონონიტრატი



ცელულოზის ტრინიტრატი

ცელულოზაზე ძმარმჟავას ანჰიდრიდის მოქმედებით მიიღება ძმარმჟავას ესტერები. ნიტრატების ანალოგიურად, აქაც შესაძლებელია მონო-, დი- და ტრიაცეტატების წარმოქმნა:



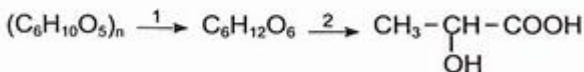
გამოყენება. ცელულოზა მერქნის სახით იხმარება მშენებლობაში – სხვადასხვა სადურგლო ნაკეთობების დასამზადებლად. დიდი რაოდენობით იხარჯება ქალაქის წარმოებაში (სურ. 9). მისგან ლებულობენ ეთანოლს, რომელსაც იყენებენ კაუჩუკის სინთეზისათვის. დინიტროცელულოზა გამოიყენება ცელულოზის (პლასტმასა) წარმოებაში. ტრინიტროცელულოზა – პიროქსილინი ფეთქებადი ნივთიერებაა და იხმარება უკვამლო დენთის მისაღებად. ცელულოზის ესტერები გამოიყენება ხელოვნური ბოჭკოს, ლაქების, კინოფირებისა და მრავალი სხვა მასალის წარმოებაში



სურ. 9. ქალაქის წარმოება

შეასრულეთ!

- იოდის ნაყენით შეამოწმეთ, შეიცავს თუ არა სახამებელს:
 - თეთრი პური,
 - კარტოფილის ფქვილი,
 - დაფქვილი ბრინჯი,
 - მოხარშული კარტოფილი.
- მწიფე ვაშლის წვენი რეაგირებს ვერცხლის ოქსიდის ამიაკიან ხსნართან, მკვებე ვაშლის წვენი კი – იოდთან. როგორ ახსნით ამ ფაქტს?
- სახამებლიდან მიიღეთ ეთილის სპირტი. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციათა ტოლოგები.
- განახორციელეთ გარდაქმნები:



რა ენოდება (1) და (2) რეაქციებს?

- რა მსგავსება და განსხვავებაა სახამებელსა და ცელულოზას შორის აღნაგობისა და თვისებების მიხედვით?
- რა საერთო ქიმიური თვისება აქვს საქაროზას, სახამებელსა და ცელულოზას? მასზეა და საბუთით რეაქციათა ტოლოგებით.
- რატომ მიიღება ცელულოზასაგან ბოჭკო, სახამებლისაგან კი არა?

ტიპური ამოცანების ამოხსნა

ამოცანა 1

30 გ იზოპროპილის სპირტიდან ორი თანმიმდევრული რეაქციის შედეგად მიიღეს ნაერთი, რომელიც სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდთან ურთიერთქმედებისას იძლევა ლურჯ შეფერილობას. რა რაოდენობით მიიღება ეს ნაერთი, თუ პირველი რეაქცია მიმდინარეობს 80% გამოსავლით, მეორე კი — რაოდენობითად?

ამოხსნა:

$$M(C_3H_7OH) = 60 \text{ გ/მოლი}$$

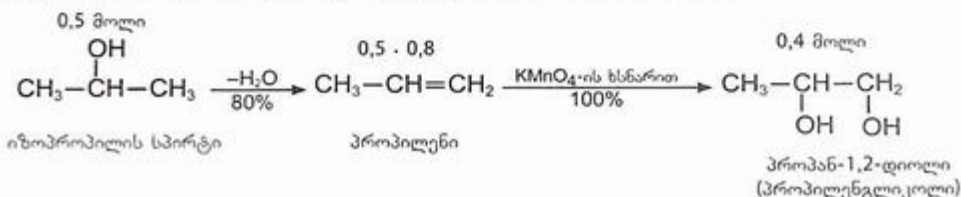
$$m_{\text{პრაქ}} = m_{\text{თორ.}} \cdot \eta$$

$$n(C_3H_7OH) = \frac{30 \text{ გ}}{60 \text{ გ/მოლი}} = 0,5 \text{ მოლი}$$

$Cu(OH)_2$ -თან ლურჯ შეფერვას იძლევა მრავალატომიანი სპირტი.

როგორ მივიღოთ ორი თანმიმდევრული რეაქციით იზოპროპილის სპირტიდან მრავალატომიანი სპირტი?

ამისთვის ჩავატარებთ ჯერ იზოპროპილის სპირტის დეჰიდრატაციას, შემდეგ კი მიღებული პროპილენის დაჯანგვას კალიუმის პერმანგანატის ხსნარით:



დეჰიდრატაციის შედეგად 0,5 მოლი იზოპროპილის სპირტიდან, პრაქტიკული გამოსავლის გათვალისწინებით, მიიღება $0,5 \cdot 0,8 = 0,4$ მოლი პროპილენი.

0,4 მოლი პროპილენის დაჯანგვისას კი მიიღება 0,4 მოლი პროპან-1,2-დიოლი (იგი სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდთან ურთიერთქმედებისას იძლევა ლურჯ შეფერილობას).

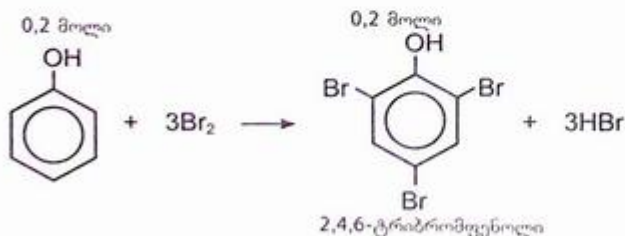
ამრიგად, 30 გ იზოპროპილის სპირტიდან მიღებული ნაერთია პროპან-1,2-დიოლი (0,4 მოლი).

ამოცანა 2

200 გ ფენოლის ბენზოლხსნარზე ჭარბად აღებული ბრომიანი წყლის მოქმედებისას მიიღეს 66,2 გ ბრომანანარში. განსაზღვრეთ ხსნარში ფენოლის მასური წილი.

ამოხსნა:

ბრომიან წყალთან რეაგირებს მხოლოდ ფენოლი:



$$M(C_6H_5OH) = 94 \text{ გ/მოლი}$$

$$M(C_6H_2Br_3(OH)) = 331 \text{ გ/მოლი}$$

$$m = nM$$

$$\omega(x) = \frac{m(x)}{m_{\text{ხს}}}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3(\text{OH})) = \frac{66,2 \text{ გ}}{331 \text{ გ/მოლი}} = 0,2 \text{ მოლი}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3(\text{OH})) = 0,2 \text{ მოლი}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,2 \text{ მოლი} \cdot 94 \text{ გ/მოლი} = 18,8 \text{ გ}$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{18,8}{200} = 0,094 \text{ (9,4\%)}$$

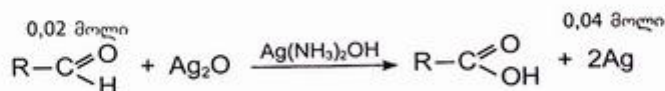
ამოცანა 3

უცნობი ალდეჰიდის 22%-იან 4 გ წყალხსნარს დაამატეს ვერცხლის ოქსიდის ამიაკიანი ხსნარი. ამ დროს გამოიყო 4,32 გ ნალექი. დაადგინეთ უცნობი ალდეჰიდის მოლეკულური ფორმულა.

ამოხსნა:

$$\begin{array}{l} \text{მოც.: } m_{\text{ხს}} = 4 \text{ გ} \\ \omega(\text{R-CHO}) = 22\% (0,22) \\ m(\text{ნალექი}) = 4,32 \text{ გ} \\ \hline \text{R-CHO} = ? \end{array}$$

$$m(\text{R-CHO}) = 4 \text{ გ} \cdot 0,22 = 0,88 \text{ გ}$$



$$m(\text{Ag}) = 4,32 \text{ გ}$$

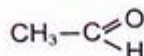
$$n(\text{Ag}) = \frac{4,32 \text{ გ}}{108 \text{ გ/მოლი}} = 0,04 \text{ მოლი}$$

$$n(\text{R-CHO}) = 0,02 \text{ მოლი}$$

$$M(\text{R-CHO}) = \frac{0,88 \text{ გ}}{0,02 \text{ მოლი}} = 44 \text{ გ/მოლი}$$

$$M(\text{R}) = 44 - 29 = 15 \text{ გ/მოლი } (\text{CH}_3)$$

უცნობი ალდეჰიდის მოლეკულური ფორმულაა:



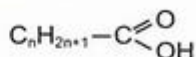
ეთანალი (ძმრის ალდეჰიდი)

აშოცანა 4

დაადგინეთ ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავას აღნაგობა, თუ ცნობილია, რომ მისი მოლეკულური მასაა 102 და ქლორთან ურთიერთქმედებისას არ წარმოქმნის α -ქლორ-ჩანაცვლებულ მჟავას.

ამოხსნა:

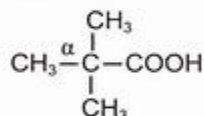
ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავას მოლეკულური ფორმულა ზოგადი სახით შეიძლება ასე გამოვსახოთ:



$$M(C_{n+1}H_{2n+2}O_2) = 102 \text{ გ/მოლი}$$

$$14n = 56 \quad | \quad n = 4 \quad \text{ე.ი.} \quad C_4H_9COOH$$

რადგან კარბონმჟავა ქლორთან ურთიერთქმედებისას არ წარმოქმნის α -ქლორ-ჩანაცვლებულ ნაწარმს, იგი α -მდგომარეობაში არ შეიცავს წყალბადს. ამის გათვალისწინებით მისი აღნაგობაა:



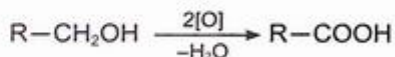
(2,2-დიმეთილპროპანმჟავა)

აშოცანა 5

37 გ ნაჯერი განშტოებული აღნაგობის პირველადი სპირტის დაჟანგვისას წარმოიქმნა 44 გ ერთფუძიანი კარბონმჟავა. დაწერეთ რეაქციის პროდუქტის აღნაგობის ფორმულა.

ამოხსნა:

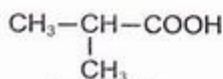
$$\begin{array}{l} \text{მოც.: } m(R-CH_2OH) = 37 \text{ გ} \\ m(R-COOH) = 44 \text{ გ} \\ \hline R-COOH = ? \end{array}$$



$$37(14n + 46) = 44(14n + 32) \quad | \quad n = 3$$

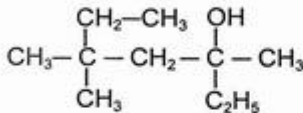
რეაქციის პროდუქტის მოლეკულური ფორმულაა: C_3H_7COOH

რადგან სანყისი სპირტი განშტოებული აღნაგობისაა, კარბონმჟავას აღნაგობის ფორმულა იქნება:



იზოერბოს მჟავა
(2-მეთილპროპანმჟავა)

- სტრუქტურული იზომერიის რომელ სახეებს ვხვდებით ნაჯერ ერთატომიან სპირტებში?
- $C_4H_{10}O$ შედგენილობის ნაერთი რამდენი იზომერის სახით შეიძლება არსებობდეს?
- $C_6H_{12}O$ შედგენილობის რამდენი იზომერული მესამეული სპირტი შეიძლება არსებობდეს?
- დაასახელეთ საერთაშორისო ნომენკლატურით:



- დანერეთ აღნაგობის ფორმულა შემდეგი სპირტებისა: ა) 2,4,4-ტრიმეთილპენტან-2-ოლი, ბ) 3,4,4-ტრიმეთილპენტან-3-ოლი.
- როგორი ორბიტალებით ახორციელებს ნახშირბადი σ-ბმებს ეთილის სპირტში?
- რა განაპირობებს სპირტების ჰომოლოგიური რიგის პირველივე წევრების თხევად მდგომარეობას და წყალში ხსნადობას?
- მიიღეთ სპირტი: ა) ეთილენის კატალიზური ჰიდრატაციით, ბ) ეთილენის ჰომოლოგის კატალიზური ჰიდრატაციით. რა განსხვავებაა მოყვანილ რეაქციებს შორის?
- რომელი ბმების იონური განყვეტით მიმდინარეობს ქიმიური გარდაქმნები სპირტებში? ახსენით მიზეზი.
- რა გავლენას მოახდენს ელექტრონდონორული ბუნების ალკილის რადიკალი სპირტის დისოციაციის ხარისხზე, ე.ი. მჟავურ ბუნებაზე?
- რა მიიღება ა) პირველადი სპირტების დაჟანგვით, ბ) მეორეული სპირტების დაჟანგვით? პასუხი დაასაბუთეთ რეაქციათა ტოლობებით.

12. გარდაქმნათა სქემაში:
 $C_3H_8 + Cl_2 \rightarrow X + H_2O \rightarrow A$
 რას წარმოადგენს A ნივთიერება?

- ეთანოლიდან მიიღეთ ბუტან-2-ოლი.
- იზობუტილის სპირტიდან როგორ მივიღოთ მესამეული ბუტილის სპირტი? მოიყვანეთ სათანადო რეაქციათა ტოლობები.
- რიგ ქვეყნებში თხევად სანვავად შიდა წვის ძრავებში იყენებენ ეთილის სპირტის ნარევის ბენზოლთან. რა მოცულობის (ნ.კ) ჰაერი დაიხარჯება 4:1 მოლური თანაფარდობით აღებულ ეთილის სპირტისა და ბენზოლის 5 მოლი ნარევის დასანვავად?
- ეთილენიდან სხვადასხვა ხერხით მიიღეთ ეთილენგლიკოლი.
- ნაერთში ატომთა უმარტივესი თანაფარდობაა CH_2O (1:3:1). 1 მოლი ნაერთის ურთიერთქმედებისას ნატრიუმთან გამოიყოფა 1 მოლი წყალბადი. ამ მონაცემების საფუძველზე დაადგინეთ მისი სტრუქტურული ფორმულა.
- ეთილენგლიკოლის დაჟანგვისას წარმოიქმნა $C_2H_4O_3$ შედგენილობის ნაერთი, რომელიც შეიცავს ორ ფუნქციურ ჯგუფს. დანერეთ ნაერთის აღნაგობის ფორმულა და მიუთითეთ, რა ქიმიური გარდაქმნები შეიძლება განიცადოს ამ ფუნქციური ჯგუფების ხარჯზე?
- დანერეთ გლიცერინის დი- და ტრიაცეტატების აღნაგობის ფორმულები.
- დანერეთ აღნაგობის ფორმულა C_7H_8O შედგენილობის იმ იზომერისა, რომელიც არ იხსნება წყალში და არ ურთიერთქმედებს ტუტის ხსნართან.
- რატომ უწოდებენ ფენოლს კარბოლმჟავას? მისი წყალხსნარი უცვლის თუ არა ფერს იისფერ ლაკმუსის ხსნარს?
- ბენზოლის ბირთვთან უშუალოდ დაკავშირებული ჰიდროქსილის ჯგუფი როგორ ბუნებას ავლენს — ელექტრონდონორულს თუ ელექტრონაქცეპტორულს?
- მოცემულია ნივთიერება, რომლის აღნაგობაა $HO-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2\text{OH}$. დანერეთ მისი ურთიერთქმედების რეაქციათა ტოლობები (პირობების მითითებით): ა) ტუტე მეტალთან, ბ) ტუტესთან, გ) პალოგენწყალბადთან, დ) სპილენწილის ოქსიდთან.

24. მოყვანილი ნაერთებიდან რომელი მიეკუთვნება ფენოლებს:
 ა) $C_6H_6O_2$ ბ) C_6H_6O
 გ) C_6H_4O დ) C_7H_6O ე) $C_7H_{14}O$
25. დანერეთ C_7H_8O შედგენილობის იზომერული არომატული ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები. მიუთითეთ, თითოეული იზომერი ორგანულ ნაერთთა რომელ კლასს მიეკუთვნება.
26. მიუთითეთ რომელი ნაერთის რომელი წყალბადატომების ჩანაცვლება შეუძლიათ მეტალის ატომებს?
 ა) $CH_3-CH=CH_2$
 ბ) $CH_3-C\equiv CH$
 გ) $CH_2=CH-CH_2OH$
 დ) $HO-C_6H_4-CH_2-CH_2OH$
27. გაითვალისწინეთ ნიტროფენოლის ელექტრონაქცეპტორული ბუნება და მიუთითეთ, რომელი უფრო ძლიერ მტავა ბუნებას გამოავლენს - ფენოლი თუ 2,4,6-ტრინიტროფენოლი?
28. როგორ ჰიბრიდულ მდგომარეობაშია კარბონილის ნახშირბადატომი ალდეჰიდებსა და კეტონებში?
 ა) sp ბ) sp^2 გ) sp^3
29. როგორია $C_5H_{10}O$ შედგენილობის ნაერთის აღნაგობა, თუ ცნობილია, რომ მისი კატალიზური ალდეგენისას მიიღება პენტან-3-ოლი?
 ა) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)H$
 ბ) $CH_3-C(=O)-CH_2-CH_2-CH_3$
 გ) $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-C(=O)H$
 დ) $CH_3-CH_2-C(=O)-CH_2-CH_3$
30. დაასახელეთ ალდეჰიდი:

$$\begin{array}{c} CH_2-CH_3 \\ | \\ CH_3-C-CH-C(=O)H \\ | \quad | \\ CH_3 \quad CH_3 \end{array}$$
31. რომელი სპირტის დაჟანგვით მიიღება 3,4,4-ტრიმეთილპენტანალი?
32. რა მიიღება ტრიფთორპროპინის კატალიზური ჰიდრატაციით? დაასახელეთ ჰიდრატაციის პროდუქტი საერთაშორისო ნომენკლატურით.
33. როგორია C_4H_8O შედგენილობის ნაერთის აღნაგობა, თუ ცნობილია, მისი კატალიზური ალდეგენისას მიიღება იზობუტილის სპირტი.
34. რომელი რეაქციები ითვლება ალდეჰიდების აღმომჩენ რეაქციებად? პასუხი დაასაბუთეთ სათანადო რეაქციათა ტოლობების მოყვანით.
35. რა მიიღება ფორმალდეჰიდიდან „ვერცხლის სარკის“ რეაქციით?
36. რომელი სპირტის დაჟანგვით მიიღება მეთილიზოპროპილკეტონი.
37. რომელი აცეტილენური რიგის ნახშირწყალბადი უნდა ავიღოთ, რომ კუჭეროვის რეაქციით მივიღოთ მეთილიზოპროპილკეტონი?
38. როგორ მივიღოთ პროპილენიდან აცეტონი?
39. გარდაქმნათა სქემაში:

$$C_3H_8 \xrightarrow{+Cl_2} X_1 \xrightarrow{+H_2O} X_2 \xrightarrow{[O]} A$$

 რას წარმოადგენს A ნივთიერება?
40. რატომაა კარბონმჟავებში მჟავური თვისებები უფრო ძლიერად გამოხატული, ვიდრე სპირტებში?
41. რომელია ცნავერი ერთფუძიანი ორგანული მჟავას კალციუმის მარილი (მასით 37,2 გ) შეიცავს 8 გ კალციუმს. დაადგინეთ მარილის ფორმულა.
42. მჟავები - ტრიფთორმარმჟავა; 2-ქლორპროპანმჟავა; 2,2-დიქლორპროპანმჟავა განალაგეთ რიგში სიძლიერის ზრდის მიხედვით. ახსენით მიზეზი.
43. რომელ რიგშია განლაგებული მჟავები სიძლიერის ზრდის მიხედვით:
 ა) CCl_3COOH , $CHCl_2COOH$, $CH_2ClCOOH$
 ბ) CH_3COOH , CCl_3COOH , CF_3COOH
 გ) CF_3COOH , CCl_3COOH , CBr_3COOH
 დ) CCl_3COOH , CBr_3COOH , CF_3COOH

44. რომელი რეაქცია არ ხორციელდება? დაასრულეთ მიმდინარე რეაქციათა ტოლობები:

- ა) $\text{HCOOH} + \text{NH}_3 \rightarrow$
 ბ) $\text{HCOOH} + \text{CaSO}_4 \rightarrow$
 გ) $\text{HCOOH} + \text{CaCO}_3 \rightarrow$
 დ) $\text{HCOOH} + \text{Ag}_2\text{O}$ (ამოკიანი ხსნარი) \rightarrow

45. ეთილაცეტატი $\xrightarrow{+X}$ ნატრიუმის აცეტატი $\xrightarrow{+Y}$ ძმარმჟავა

გარდაქმნათა სქემაში X და Y არის:

- ა) $X - \text{H}_2\text{O}$, $Y - \text{H}_2\text{SO}_4$
 ბ) $X - \text{NaOH}$, $Y - \text{H}_2\text{SO}_4$
 გ) $X - \text{H}_2\text{O}$, $Y - \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
 დ) $X - \text{NaOH}$, $Y - \text{CH}_3\text{COOH}$

46. $\text{C}_2\text{H}_2 \xrightarrow{+\text{H}_2\text{O}} \text{X}_1 \xrightarrow{+\text{H}_2} \text{X}_2 \xrightarrow{+\text{CH}_3\text{COOH}} \text{A}$

გარდაქმნათა სქემაში A ნივთიერება არის:

- ა) მეთილფორმიტი;
 ბ) ეთილფორმიტი;
 გ) მეთილაცეტატი;
 დ) ეთილაცეტატი.

47. მოყვანილი მჟავებიდან რომელს ახასიათებს ცის-ტრანს იზომერია?

- ა) $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ ბ) $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$
 გ) $\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{COOH}$ დ) $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$

48. რომელი მტკიცებაა მცდარი:

იზომერებია:

- ა) პროპიონის ალდეჰიდი და აცეტონი;
 ბ) ძმარმჟავა და ჭიანჭველმჟავას მეთილესტერი (მეთილფორმიტი);
 გ) ბენზოლი და ტოლუოლი;
 დ) ბენზოლი და დივინილაცეტილენი.

49. როგორ ბუნებას გამოავლენს აკრილმჟავა ქიმიურ რეაქციებში? პასუხი დაასაბუთეთ რეაქციათა ტოლობებით.

50. როგორ წარიმართება აკრილმჟავასთან ბრომწყალბადის მიერთება — მარკოვნიკოვის წესით თუ მის საპირისპიროდ? განმარტეთ მიზეზი.

51. მოყვანილი მჟავებიდან:

- ა) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$
 ბ) $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{COOH}$

გ) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$

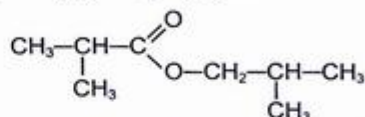
დ) $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$

რომელს ახასიათებს ცის-ტრანს იზომერია?

52. დაწერეთ $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ შედგენილობის ყველა იზომერული ნაერთის სტრუქტურული ფორმულა. დაასახელეთ ისინი.

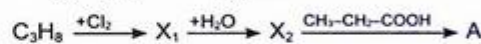
53. მეთანიდან არაორგანული ნივთიერებების გამოყენებით მიიღეთ ჭიანჭველმჟავას ეთილესტერი (ეთილფორმიტი).

54. დაასახელეთ ნივთიერება:



რა მიიღება ამ ნაერთის ჰიდროლიზით მჟავა არეში? დაწერეთ რეაქციის ტოლობა და დაასახელეთ პროდუქტები.

55. გარდაქმნათა სქემაში:



რას წარმოადგენს A ნივთიერება?

56. ცხიმის ჰიდროლიზით წარმოიქმნა სტეარინმჟავა და ოლეინმჟავა მოლური თანაფარდობით 2:1. დაწერეთ ასეთი ცხიმის მოლეკულის აღნაგობის ფორმულა.

57. რატომ არის თხევადი უჯერი მჟავებიდან წარმოქმნილი ცხიმი?

58. ქიმიური თვალსაზრისით რა ბუნების ნივთიერებაა გლუკოზა?

59. რომელი რეაგენტების დახმარებით დავადგენთ, რომ გლუკოზა ა) მრავალატომიანი სპირტია, ბ) ალდეჰიდსპირტია?

60. ახსენით, როგორ წარმოიქმნება ალდეჰიდური ფორმიდან გლუკოზის ციკლური ფორმის მოლეკულები.

61. დაასახელეთ გლუკოზისათვის დამახასიათებელი რეაქციები, რომლებიც მიმდინარეობს ა) ჟანგვა-აღდგენით, ბ) ჟანგვა-აღდგენის გარეშე. პასუხი დაასაბუთეთ სათანადო რეაქციათა ტოლობების მოყვანით.

62. ჩამოთვლილთაგან — ფრუქტოზა, გლუკოზა, საქაროზა, რომელს ახასიათებს „ვერცხლის სარკის“ რეაქცია?

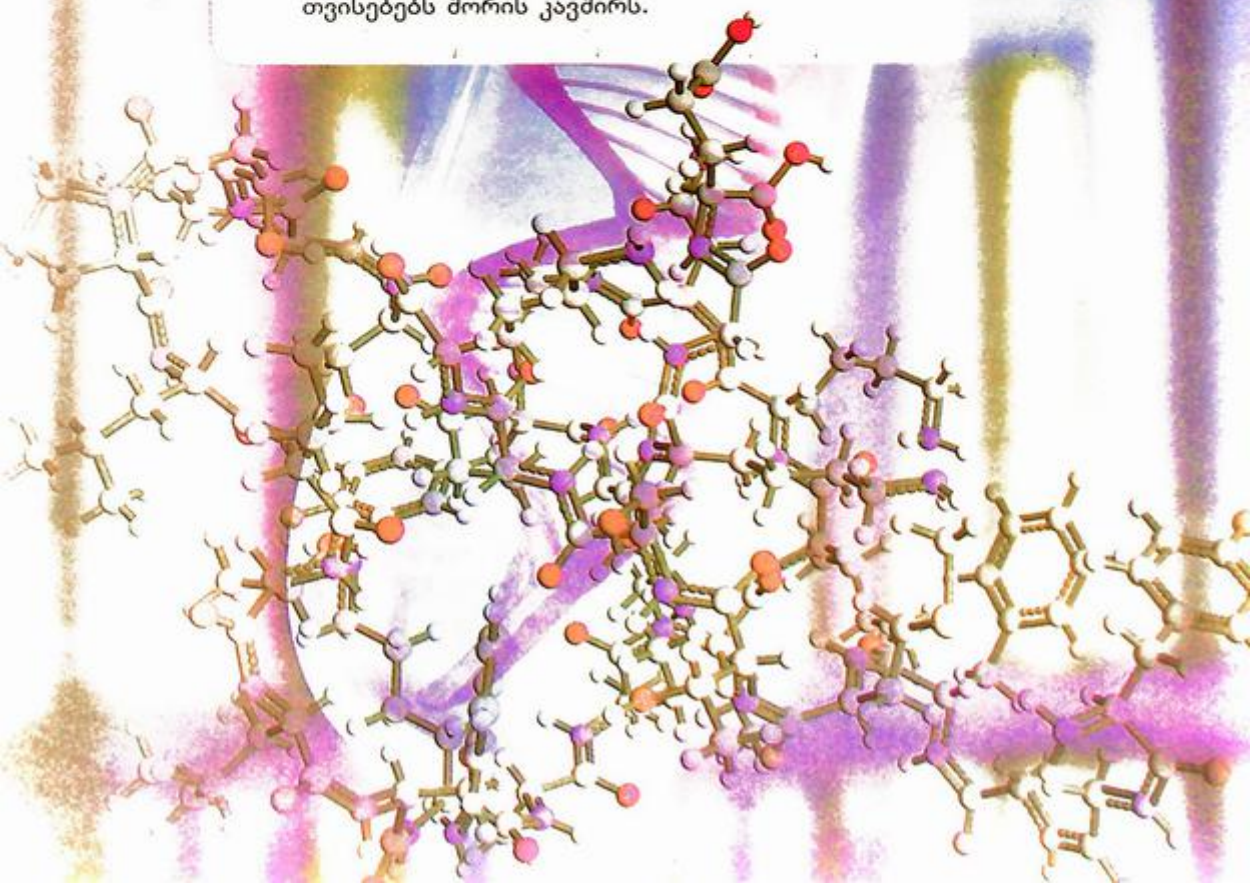
63. ჩამოთვლილი ნივთიერებებიდან – ეთანოლი, ფენოლი, საქაროზა, რომელი იძლევა ლურჯი შეფერილობის გამჭვირვალე ხსნარს ახლადდალექილ სპილენძ(II)-ის ჰიდროქსიდზე ტუტე არემი დამატებისასა?
64. რა საერთო თვისება ახასიათებს საქაროზასა და ცელულოზას? პასუხი დაასაბუთეთ რეაქციათა ტოლობებით.
65. ახსენით, რით ემსგავსება და განსხვავდება ერთმანეთისაგან ორი მნიშვნელოვანი ბუნებრივი პოლიმერი — სახამებელი და ცელულოზა.
66. დაწერეთ ცელულოზას ესტერების ა) დინიტრატის, ბ) მონოაცეტატის წარმოქმნის რეაქციათა ტოლობები.
67. ფენოლისა და ეთანოლის ნარევი გაყვეს ორ ტოლ ნაწილად. ერთ ნაწილს დაამატეს ქარბად მეტალური ნატრიუმი და მიიღეს 672 მლ (ნ.პ.) წყალბადი. მეორე ნაწილს კი დაამატეს ქარბად ბრომის წყალხსნარი და მიიღეს 6,62 გ ნალექი. განსაზღვრეთ ნარევი ფენოლისა და ეთანოლის მასური წილი.
68. ორი იზომერული ნაერთიდან ერთი პრომატული სპირტია, ხოლო მეორე – ფენოლის პომოლოგი. ამ იზომერების ნარევეზე ქარბი მეტალური ნატრიუმის მოქმედებისას გამოიყოფა 560 მლ (ნ.პ.) აირი. იგივე მასის მქონე იმავე ნარევეს შეუძლია სრულად რეაგირება 2 მლ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 10 მოლი/ლ კონცენტრაციის ხსნართან. დაადგინეთ საწყის ნარევი ნივთიერებათა მოლური წილი.
69. დაწერეთ ნაჯერი ალდეჰიდის მოლეკულური ფორმულა და ყველა მისი შესაძლო იზომერის აღნაგობის ფორმულები, თუ ცნობილია, რომ ამ ალდეჰიდის 4,3 გ იერთებს 1,12 ლ (ნ.პ.) წყალბადს.
70. ძმარმჟავა შეიძლება მივიღოთ აცეტილენის ჰიდრატიციით ვერცხლისწყალ(II)-ის მარილის, როგორც კატალიზატორის, თანაობისას (კუწეროვის რეაქცია) და მიღებული ალდეჰიდის შემდგომი დაჟანგვით ჯერის ჟანგბადით. რა მოცულობის (ნ.პ.) აცეტილენია საჭირო 100 კგ ძმარმჟავას მისაღებად?
71. ალბულია 23,2 გ ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავას ყველა შესაძლო იზომერის ნარევი ტოლი რაოდენობითი თანაფარდობით. ამ ნარევის ურთიერთქმედებისას ქარბად ალბულ ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის 10%-იან წყალხსნართან გამოიყოფა აირი, რომლის მოცულობა ნ-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე იმავე რაოდენობის ნარევის დაწვისას გამოყოფილი ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდის მოცულობა. რა ნივთიერებები და რა რაოდენობით იყო ალბული საწყის ნარევი? დაწერეთ ყველა შესაძლო იზომერის აღნაგობის ფორმულა.
72. ნაჯერი ერთფუძიანი კარბონმჟავასა და მისი კლასთაშორისი იზომერული ნაერთის 33,3 გ ეკვიმომლური ნარევის დამუშავებისას ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის ხსნარით, გამოიყოფა აირი, რომლის მოცულობა ნ-ჯერ ნაკლებია იმავე რაოდენობის საწყისი ნარევის წვის შედეგად გამოყოფილ ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდის მოცულობაზე. რომელ ნივთიერებებს და რა რაოდენობით შეიცავს საწყისი ნარევი, თუ ცნობილია, რომ მისი ურთიერთქმედებით ვერცხლის ოქსიდის ამიაკიან ხსნართან ნალექი არ მიიღება?
73. რა მასის ცხიმის (ტრიოლეფტი) ჰიდროლიზი განხორციელდა, თუ მიღებულ მჟავას ჰიდრირებისათვის დაიხარჯა 336 ლ (ნ.პ.) წყალბადი?
74. რა მასის ხის მერქანი საჭირო 495 კგ ცელულოზას ტრინიტრატის (პიროქსილინის) მისაღებად, თუ მერქანი შეიცავს 50% სუფთა ცელულოზას. ჩათვალეთ, რომ ყველა რეაქცია მიმდინარეობდა რაოდენობითად.

აზოტზემცველი ორგანული ნაერთები



ამ თავის შესწავლისას გაეცნობით:

- აზოტზემცველი ორგანული ნაერთების სხვადასხვა კლასს: ამინებს, ამინომჟავებს, ჰეტეროციკლურ ნაერთებს და ნუკლეინმჟავებს;
- აზოტზემცველი სხვადასხვა კლასის ნაერთების აღნაგობას, ნომენკლატურასა და იზომერიას; მიღებას, ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებს.
- ამინომჟავებისა და ჰეტეროციკლური ნაერთების როლს ცილებისა და ნუკლეინმჟავების წარმოქმნაში;
- ცილებსა და ნუკლეინმჟავებში აღნაგობასა და თვისებებს შორის კავშირს.



აზოტმემცველი ორგანული ნაერთები მნიშვნელოვან ფუნქციას ასრულებს ცოცხალ ორგანიზმებში მიმდინარე პროცესებში. მათ მიეკუთვნება ისეთი ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთები, როგორცაა ცილები და ნუკლეინმჟავები.

ჩვენ შევისწავლით აზოტმემცველი ნაერთების ზოგიერთ კლასს.

ამინები

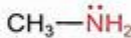
ამინები ამიაკის ნაწარმებია, რომელშიც ერთი, ორი ან სამივე წყალბადის ატომი ჩანაცვლებულია ნახშირწყალბადის რადიკალით.

რადიკალების რიცხვის მიხედვით არჩევენ პირველად, მეორეულ და მესამეულ ამინებს.



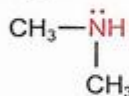
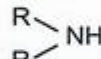
სურ. 1. მეთილამინის სიერციითი მოდელი

პირველადი ამინი



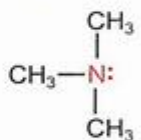
მეთილამინი

მეორეული ამინი



დიმეთილამინი

მესამეული ამინი



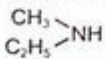
ტრიმეთილამინი

რადიკალების ბუნების მიხედვით ამინი შეიძლება იყოს ნაჯერი, უჯერი, არომატული, შერეული:

ნაჯერი

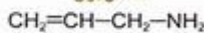


მეთილამინი



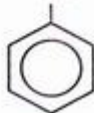
მეთილეთილამინი

უჯერი



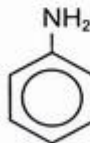
ალილამინი

შერეული

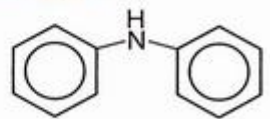


მეთილფენილამინი

არომატული



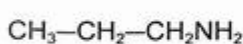
ფენილამინი



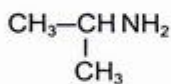
დიფენილამინი

ნაჯერი ამინები

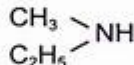
ნაჯერი ამინების ზოგადი ფორმულაა $C_nH_{2n+3}N$. ამინების იზომერია განპირობებულია აზოტის ატომთან დაკავშირებული რადიკალების რიცხვითა და აღნაგობით. მათი სახელწოდება წარმოდგება მოლეკულაში შემავალი ნახშირწყალბადების რადიკალების სახელწოდებებიდან დაბოლოება „ამინ“-ის დამატებით. რადიკალებს ასახელებენ ნახშირბადატომთა რიცხვის ზრდის მიხედვით. მაგალითად, პროპილამინის იზომერებია:



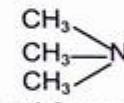
პროპილამინი



იზოპროპილამინი



მეთილეთილამინი



ტრიმეთილამინი

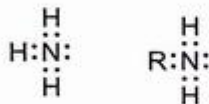
ნაჯერი პირველადი ამინები ფუნქციური ჯგუფის სახით შეიცავს ამიაკის ნაშთს $-NH_2$ -ს, რომელსაც ამინოჯგუფს უწოდებენ.

ფიზიკური თვისებები. ნაჯერი ამინების ჰომოლოგიური რიგის დაბალი წევრები ამიაკის სუნის მქონე აირებია, საშუალო წევრები – თევზის არასასიამოვნო სუნის მქონე სითხეები, ხოლო მაღალი წევრები – უსუნო მყარი ნივთიერებები. ჰომოლოგიური რიგის პირველი წევრები კარგად იხსნება წყალში (წყალბადურ ბმებს წარმოქმნის წყლის მოლეკულებთან). ნახშირწყალბადოვანი ჯაჭვის ზრდასთან ერთად, ამინების წყალში ხსნადობა მცირდება. იზომერებიდან ყველაზე მაღალი დუღილის ტემპერატურა აქვს პირველად ამინებს, ყველაზე დაბალი – მესამეულ ამინებს.



სურ. 2. გაფუჭებული თევზის არასასიამოვნო სუნი განპირობებულია მასში ტრიმეთილამინის არსებობით

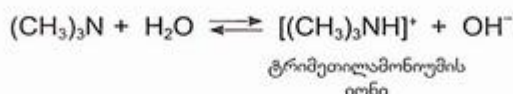
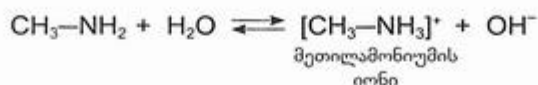
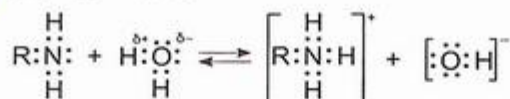
ქიმიური თვისებები. ამინები ამიაკის მსგავსად ფუძე ბუნების ნაერთებია. ამიტომ ამინებს ხშირად ორგანულ ფუძეებსაც უწოდებენ. მათი მსგავსება განპირობებულია მსგავსი ელექტრონული აღნაგობით:



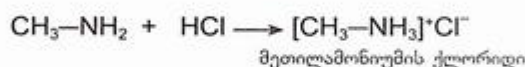
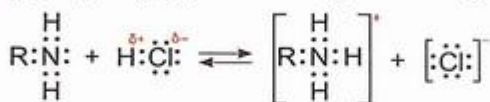
მაგრამ ნაჯერი ამინები, ამიაკთან შედარებით, უფრო ძლიერად ავლენს ფუძე ბუნებას, რაც განპირობებულია ალკილის რადიკალის გავლენით. ელექტრონდონორული ბუნების რადიკალი აზოტის ატომზე ზრდის ელექტრონულ სიმკვრივეს, ამის გამო იგი უფრო მტკიცედ დაკავშირებს წყლის მოლეკულიდან პროტონს, ხსნარში უფრო მეტად გროვდება ჰიდროქსიდოიონები და ამინის წყალხსნარის ფუძე თვისებები ძლიერდება. ამავე მიზეზით, რადიკალების რიცხვის ზრდასთან ერთად, ამინის ფუძე თვისებები მატულობს და ყველაზე ძლიერ ფუძეს მესამეული ამინი წარმოადგენს.

ამინები იმეორებს ამიაკის დამახასიათებელ ქიმიურ რეაქციებს.

1 რეაგირებს წყალთან:



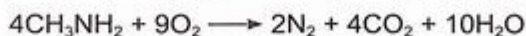
2 რეაგირებს მჟავებთან მარილების წარმოქმნით:



მიღებული მარილები, ამონიუმის მარილების მსგავსად, წყალში ხსნადი კრისტალური ნივთიერებებია. წყალხსნარში დისოცირდება იონებად, ხოლო ტუტეებთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის საწყის ამინებს:



3 ამიაკისაგან განსხვავებით, ამინები ჰაერზე იწვის:



მიღება. ამინებს იღებენ:

1 შალოგენალკანების ამიაკთან გახურებით:

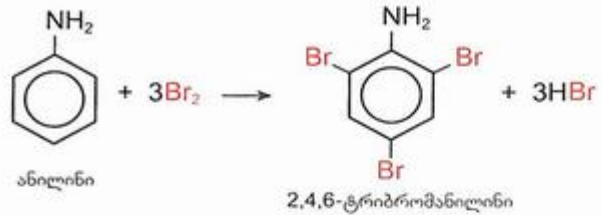


2 ნიტრონაერთების აღდგენით:



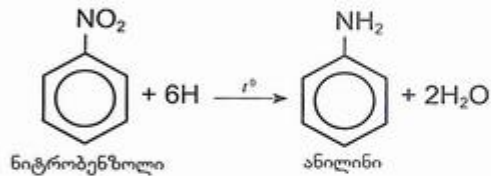
აღმდგენად იყენებენ რკინას ან თუთიას (მჟავა არეში), ან უშუალოდ წყალბადს (კატალიზატორების თანაობისას).

ანილინი ჩვეულებრივ პირობებში, გაცხელებისა და კატალიზატორის გარეშე, ადვილად ურთიერთქმედებს ბრომიან წყალთან და წარმოქმნის 2,4,6-ტრიბრომანილინის თეთრი ფერის ნალექს (ანილინის აღმომჩენი რეაქცია):



ანილინის უშუალო ნიტრირება კონცენტრირებული აზოტმჟავათი არ ხერხდება, რადგან რეაქცია იმდენად ენერგიულად მიმდინარეობს, რომ ფეთქებით მთავრდება.

მიღება. ანილინი მიიღება ნიტრობენზოლის აღდგენით. აღდგენას აწარმოებენ რკინის ბურბუშელით, მჟავა არეში. რკინა მჟავადან გამოაქვებს წყალბადს, რომელიც გამოყოფის მომენტში ატომურია, ძლიერ აქტიური და აღადგენს ნიტრობენზოლს ანილინამდე:



ნიტრობენზოლის აღდგენით ანილინი პირველად მიიღო რუსმა ქიმიკოსმა **ნ. ზინინმა**. ამიტომ ეს რეაქცია **ზინინის რეაქციის** სახელწოდებითაა ცნობილი (ნიტრონაერთების აღდგენა ამინების მიღების ზოგადი ხერხია).

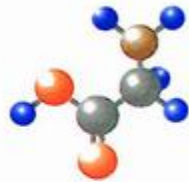
გამოყენება. ანილინი სანყისი ნივთიერებაა მრავალრიცხოვანი საღებრების წარმოებისათვის. ქრომის ნარევეთან (კალიუმის დიქრომატისა და კონცენტრირებული გოგირდმჟავას ნარევი) ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება ე.წ. **ანილინის შავი**, რომელსაც იყენებენ ქსოვილებისა და ბუნვეულის შესაღებად. ანილინი გამოიყენება აგრეთვე სამკურნალო პრეპარატების (მაგალითად, სტრეპტოციდის), ფეთქებადი ნივთიერებების, მაღალმოლეკულური ნაერთების მისაღებად.

შეასრულეთ

1. ფუძე თვისებების ზრდის მიხედვით განალაგეთ რიგში – ანილინი, დიფენილამინი, მეთილამინი, ამიაკი, დიმეთილამინი.
2. მეთანიდან მიიღეთ ანილინი. დაწერეთ შესაბამის რეაქციათა ტოლობები სათანადო პირობების მითითებით.
3. ქიმიური ხერხით როგორ დავყოთ ბენზოლისა და ანილინის ნარევი?
4. დაწერეთ ა) ნიტრომეთანის, ბ) პარა-ნიტროტოლუოლის შესაბამის ამინებად აღდგენის რეაქციათა ტოლობები.

ამინომჟავები ორგანული ბიფუნქციური ნაერთებია, რომელთა მოლეკულები ერთდროულად შეიცავს ამინო- და კარბოქსილის ჯგუფს.

ამინომჟავები შეიძლება განვიხილოთ, როგორც კარბონმჟავების ნაწარმები, რომლებიც მიიღება ნახშირწყალბადის რადიკალში ერთი ან რამდენიმე წყალბადის ატომის ამინოჯგუფით ჩანაცვლებისას.



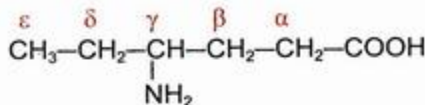
სურ.1. ამინომჟავას მოლეკულის ბურთულ-ლეროვანი მოდელი

ცხრილი 1. ამინომჟავების ზოგიერთი წარმომადგენელი

ფორმულა	სახელწოდება
H_2N-CH_2-COOH	ამინომჟავა
$H_2N-CH_2-CH_2-COOH$	ამინოპროპიონმჟავა
$H_2N-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$	ამინოერბომჟავა
$H_2N-(CH_2)_4-COOH$	ამინოვალერიანმჟავა
$H_2N-(CH_2)_5-COOH$	ამინოკაპრონმჟავა
$H_2N-(CH_2)_6-COOH$	ამინოენანტმჟავა

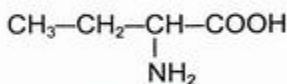
იზომერია და ნომენკლატურა. ამინომჟავებში გვხვდება ნახშირბადოვანი ჯაჭვის იზომერია და ფუნქციური ჯგუფების ურთიერთმდებარეობის იზომერია. ტრივიალური სახელწოდებების გამოყენებისას ამინოჯგუფის მდებარეობას კარბოქსილის მიმართ გამოსახევენ ბერძნული ანბანის ასოებით (α, β, γ, δ და ა.შ.)

მაგალითად,

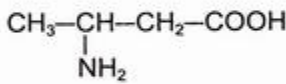


γ-ამინოკაპრონმჟავა

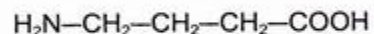
საერთაშორისო ნომენკლატურით ამინომჟავას სახელწოდება წარმოდგება შესაბამისი კარბონმჟავების სახელწოდებისაგან პრეფიქს „ამინ“-ის დამატებით. ამასთან, ამინოჯგუფის მდებარეობის მითითება ხდება შესაბამისი ლოკანტით:



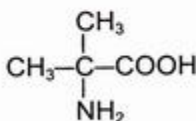
α-ამინოერბომჟავა
(2-ამინბუტანმჟავა)



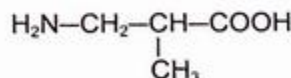
β-ამინოერბომჟავა
(3-ამინბუტანმჟავა)



γ-ამინოერბომჟავა
(4-ამინბუტანმჟავა)



α-ამინოიზოერბომჟავა
(2-ამინ-2-მეთილპროპანმჟავა)



β-ამინოიზოერბომჟავა
(3-ამინ-2-მეთილპროპანმჟავა)

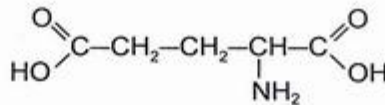
ფიზიკური თვისებები. ამინომჟავები უფერო, წყალში კარგად ხსნადი კრისტალური ნივთიერებებია. მათ უმრავლესობას ტკბილი გემო აქვს და ცუდად იხსნება ორგანულ გამხსნელებში.

ქიმიური თვისებები. ამინომჟავების შედგენილობაში შედის მჟავა ბუნების კარბოქსილის ჯგუფი და ფუძე ბუნების ამინოჯგუფი. ამიტომ ისინი ორგანულ ამფოტერულ ნივთიერებებს წარმოადგენენ.

ამინომჟავების მოლეკულაში კარბოქსილის ჯგუფის დისოციაციის შედეგად წარმოქმნილი პროტონი უერთდება ამინოჯგუფის აზოტის ატომს თავისუფალი ელექტრონული წყვილის ხარჯზე. წარმოიქმნება ე. წ. შიგა მარილი:

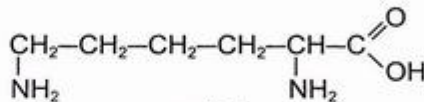


შიგა მარილის შედგენილობაში ერთდროულად ორი ურთიერთსაინანაღმდეგო მუხტია, რის გამოც მას ბიპოლარულ (ორი პოლუსის მქონე) იონსაც უწოდებენ. ბიპოლარული იონის წარმოქმნითაა განპირობებული ის ფაქტი, რომ ამინომჟავებს, რომელთა მოლეკულებში ერთი კარბოქსილის და ერთი ამინოჯგუფია, წყალხსნარებში ნეიტრალური რეაქცია აქვს. წყალხსნარებში ამინომჟავებს, რომელთა მოლეკულებში ორი კარბოქსილის და ერთი ამინოჯგუფია, მჟავა რეაქცია აქვს:



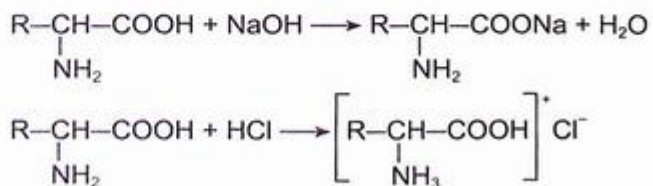
გლუტამინმჟავა

ამინომჟავებს, რომელთა მოლეკულაში ორი ამინო და ერთი კარბოქსილის ჯგუფია, ტუტე რეაქცია აქვს:



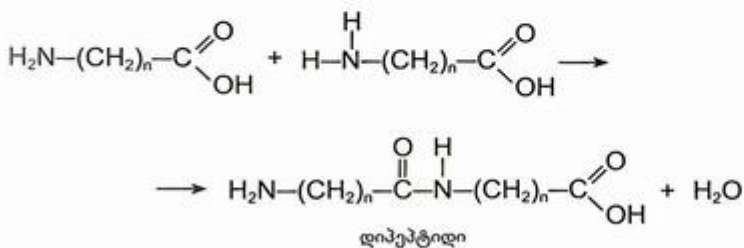
ლიზინი

ამინომჟავები, როგორც ორგანული ამფოტერული ნაერთები, რეაგირებენ როგორც ტუტეებთან, ისე მჟავებთან შესაბამისი მარილების წარმოქმნით:



რადგან ამინომჟავათა მოლეკულებში სხვადასხვა თვისების მქონე ფუნქციური ჯგუფებია, არაორგანული ამფოტერული ნაერთებისაგან განსხვავებით მათ შეუძლია ერთმანეთთან ურთიერთქმედება. ამ დროს გამოიყოფა წყალი და ამინომჟავათა ნაშთები ერთმანეთს უკავშირდება ე.წ. პეპტიდური ბმით.

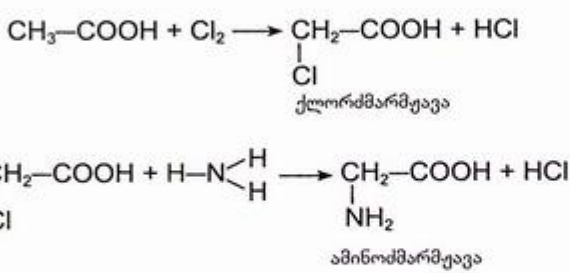
$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$ ჯგუფს პეპტიდური ანუ ამიდური ჯგუფი ეწოდება, ხოლო ბმას ნახშირბადისა და აზოტის ატომებს შორის – პეპტიდური ანუ ამიდური ბმა:



მიღებულ ნაერთს დიპეპტიდს უწოდებენ. მის მოლეკულაში კვლავ რჩება ორივე ფუნქციური ჯგუფი, რის გამოც შეუძლია რეაგირება მესამე მოლეკულასთან და ა. შ. რეაქციის საბოლოო პროდუქტია პოლიმერი (პოლიპეპტიდი), რომელიც ამინომჟავური ნაშთების დიდ რაოდენობას შეიცავს.

მიღება. ბიოლოგიურად აქტიური ამინომჟავები მიიღება ცილების პიდროლიზით.

არსებობს ამინომჟავების მიღების სინთეზური ხერხიც. კარბონმჟავას ნახშირწყალბადის რადიკალში ჯერ წყალბადატომს ჩაანაცვლებენ ქლორით, შემდეგ კი ქლორის ატომს ცვლიან ამინოჯგუფით ამიაკთან რეაქციის შედეგად:



რეაქციის შედეგად მჟავები ძირითადად მიიღება ამონიუმის მარილების სახით.

გამოყენება. ამინომჟავებს, რომლებიც აუცილებელია ცოცხალ ორგანიზმებში ცილის სინთეზისათვის, ადამიანები და ცხოველები ცილის შემცველი სხვადასხვა საკვებისაგან იღებენ. ეს ცილები საქმლის მომწოდებელ ტრაქტში ცალკეულ ამინომჟავებად



სურ. 3. შეუცვლელ ამინომჟავებს შეიცავს სხვადასხვა ცხოველის, ფრინველის და თევზის ხორცი, რძე და რძის შრატო, კვერცხი და მინის თხილი, ლობიო, ოსპი...

ჰიდროლიზდება, ხოლო შემდგომში მათგან მოცემული ორგანიზმისათვის დამახასიათებელი ცილა სინთეზირდება. სპეციფიკური ცილების სინთეზისათვის საჭირო მრავალი ამინომჟავა თვით ამ ორგანიზმში წარმოიქმნება, მაგრამ ზოგიერთი α -ამინომჟავას შეტანა აუცილებელია გარედან, რადგან მათი ბიოსინთეზი ორგანიზმში არ ხდება. ასეთი ამინომჟავები **შეუცვლელი ამინომჟავების** სახელწოდებითაა ცნობილი. შეუცვლელ ამინომჟავებს (ვალინი, ლიზინი, ფენილალანინი და სხვ.) ადამიანის ორგანიზმი სხვადასხვა ცილოვანი საკვებიდან ლებულობს.

ამინომჟავებს იყენებენ სამკურნალო საშუალებად ზოგიერთი დაავადების დროს, მაგალითად, გლუტამინმჟავას – ნერვული დაავადების დროს, ჰისტიდინს – კუჭის წყლულის დროს.

არაგანშტოებული აღნაგობის ამინომჟავები – ამინოკაპრონმჟავა და ამინოენანტის მჟავა გამოიყენება სინთეზური ბოქოს – კაპრონისა და ენანტის წარმოებაში.

ბაიზრათი

1. გაიხსენეთ, ამინომჟავების გარდა, ორმაგი ქიმიური თვისებების მქონე რომელ ორგანულ ნაერთებს იცნობთ?
2. შეადგინეთ ამინოერბომჟავას ორი ტიპის მარილის ფორმულები.

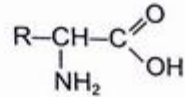
პეასრულატი

1. მეთანიდან მიიღეთ ამინოჰმარმჟავა. დაწერეთ შესაბამისი რეაქციათა ტოლობები.
2. პროპიონმჟავაზე ბრომის მოქმედებით მიიღეს ნაერთი, რომლის მოლეკულაში 1 ატომი წყალბადი ჩანაცვლებულია ბრომით. იგი დაამუშავეს ამიაკით. დაწერეთ წარმოქმნილი ნაერთისა და მისი იზომერების სტრუქტურული ფორმულები.
3. ამინომჟავას ეთილესტერი ადუღეს კალიუმის ჰიდროქსიდის წყალხსნართან ერთად. მიღებული ნარევი ამოაშრეს. რა დარჩება ნაშთში?

ცილები სიცოცხლის საფუძველია დედამინაზე.

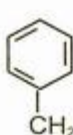
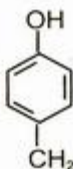
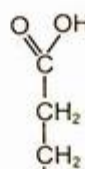
ცილა ბუნებრივი აზოტმემცველი მაღალმოლეკულური ნაერთია, ანუ ბიოპოლიმერია, რომლის სტრუქტურულ რგოლს წარმოადგენს α -ამინომჟეა ნაშთი. მის მაკრომოლეკულებში 100-ზე მეტი ამინომჟეაური ნაშთია, ხოლო მოლეკულური მასა ათი ათასიდან რამდენიმე მილიონამდე იცვლება.

დადგენილია, რომ ცილების მაკრომოლეკულების აგებაში მონაწილეობს 20 ძირითადი α -ამინომჟეა. მათი დასახელებისათვის გამოიყენება ისტორიულად ჩამოყალიბებული სახელწოდებები (ცხრ. 1).

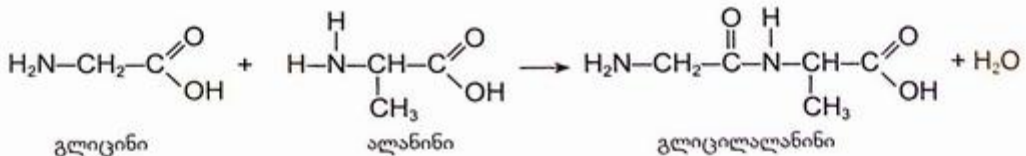


α -ამინომჟეას ზოგადი ფორმულა

ცხრილი 1. ცილის წარმოქმნელი ზოგიერთი ამინომჟეა

$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \parallel \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ <p>გლიცინი (გლიკოკოლი)</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \parallel \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ <p>ალანინი</p>	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \parallel \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ <p>სერინი</p>	$\begin{array}{c} \text{SH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \parallel \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ <p>ცისტეინი</p>
 $\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \parallel \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ <p>ფენილალანინი</p>	 $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \parallel \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ <p>თიროზინი</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \parallel \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ <p>ლიზინი</p>	 $\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \parallel \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ <p>გლუტამინმჟეა</p>

α -ამინომჟეებიდან ცილის წარმოქმნის პროცესი შეიძლება გამარტივებულად ასე გამოვსახოთ:

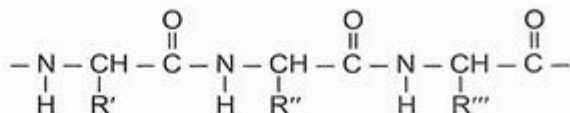


დიპეპტიდი აგრძელებს რეაქციას, წარმოიქმნება ტრიპეპტიდი. იგი შემდეგ გარდაიქმნება ტეტრაპეპტიდად, პენტაპეპტიდად და ა. შ. პოლიპეპტიდებად.

პოლიპეპტიდების სახელწოდება აიგება მასში შემავალი ამინომჟეების სახელწოდებებისაგან. ამინომჟეების დასახელება

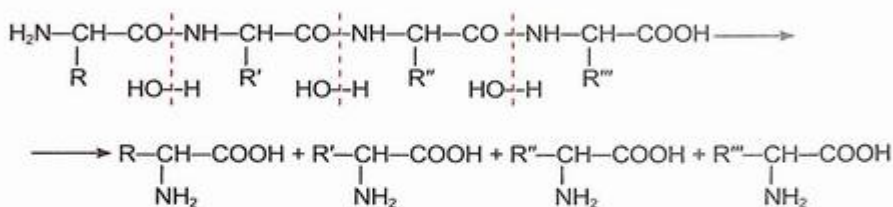
ხდება თანმიმდევრობით, მარცხნიდან მარჯვნივ. ამასთანავე, პეპტიდური ჯაჭვის ბოლო ამინომჟავას სახელწოდება უცვლელია, ხოლო ყველა დანარჩენი ამინომჟავას სახელწოდებაში დაბოლოება „ინ“-ი იცვლება „ილ“-ით. მაგალითად, დიპეპტიდის სახელწოდებაა გლიცილ-ალანინი.

პოლიპეტიდის ზოგადი ფორმულა შეიძლება ასე გამოვსახოთ:



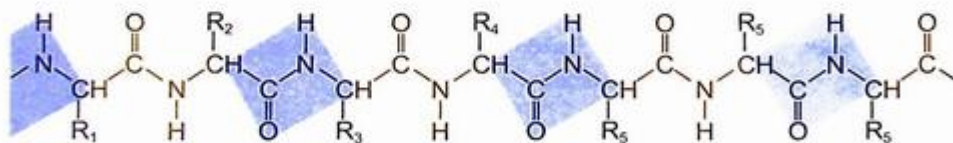
სადაც R', R'', R''' — სხვადასხვა ამინომჟავას ნაშთების რადიკალებია.

პოლიპეტიდების ძირითადი თვისებაა მათი ჰიდროლიზი. ისინი ჰიდროლიზს განიცდის ფერმენტების მოქმედებით, ასევე მჟავების ან ტუტეების ხსნარებთან გაცხელისას:



ცილის წარმოქმნილი 20 ამინომჟავას სხვადასხვა თანმიმდევრობით დაკავშირებისას შეიძლება მივიღოთ უსაზღვრო რაოდენობით სხვადასხვა აღნაგობის პოლიპეტიდი — ცილა. ბუნებრივ ცილებში მკაცრად დაცულია ამინომჟავების ნაშთების თანმიმდევრობა.

ცილის პოლიპეტიდურ ჯაჭვში ამინომჟავების ნაშთების შერეობის თანმიმდევრობას ცილის პირველადი სტრუქტურა ეწოდება.



სურ. 1. ცილის მოლეკულის პირველადი სტრუქტურა

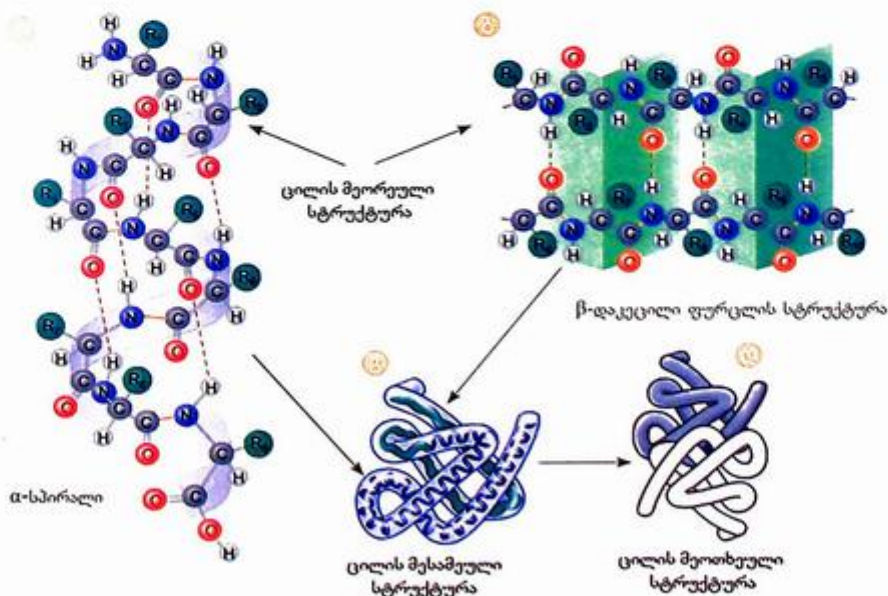
ყოველ ცილას ახასიათებს უნიკალური პირველადი სტრუქტურა. იგი წარმოქმნილია ამინომჟავათა ნაშთებს შორის მტკიცე კოვალენტური, პეპტიდური ბმებით (სურ. 1). ცილის ყოველი შემდგომი უფრო რთული სტრუქტურა ყალიბდება პირველადი სტრუქტურის საფუძველზე, ამიტომ პირველად სტრუქტურაში ერთი ამინომჟავას სხვა ამინომჟავათი შეცვლა იწვევს მაკრომოლეკულის ფორმის, ცილის თვისებებისა და ფუნქციების შეცვლას.

ცილის მეორეული სტრუქტურა წარმოიქმნება სხვადასხვა ამინომჟავათა ნაშთების $-NH-$ და $-CO-$ ჯგუფებს შორის წყალბადური ბმებით. თუმცა ეს ბმები კოვალენტურზე სუსტია, მათი სიმრავლე მეორეული სტრუქტურის სტაბილურობას განაპირობებს.

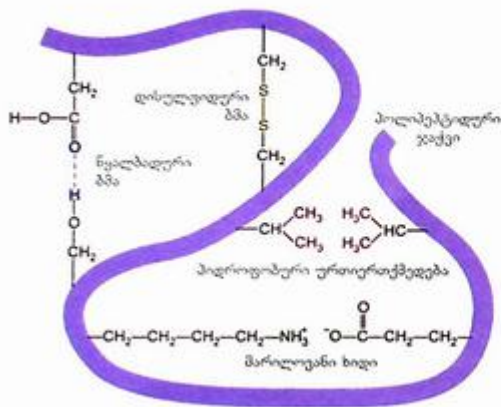
სივრცით კონფიგურაციას, რომელსაც პოლიპეპტიდური ჯაჭვი იღებს წყალბადური ბმების დამყარებით, ცილის მეორეული სტრუქტურა ეწოდება.

ცილების მხოლოდ მცირე რაოდენობას აქვს გაჭიმული პოლიპეპტიდური ჯაჭვი (მაგალითად, აბრეშუმის ცილა-ფიბრიონს). ცილების უმრავლესობაში პოლიპეპტიდური ჯაჭვის მნიშვნელოვანი ნაწილი სპირალურად არის დახვეული. მას α -სპირალი ეწოდება (სურ. 2ა).

პოლიპეპტიდური ჯაჭვის მეორე სახის კონფორმაციაა β -სტრუქტურა ანუ β -დაკეცილი ფურცლის სტრუქტურა (სურ. 2ბ). ამ სტრუქტურაში პოლიპეპტიდური ჯაჭვი გაშლილ მდგომარეობაშია და ზიგზაგისებური ფორმა აქვს. ორი პოლიპეპტიდური ჯაჭვის ცალკეული უბნები ერთმანეთის პარალელურად თავსდება და ერთმანეთს წყალბადური ბმებით უკავშირდება. α -სპირალისაგან განსხვავებით, β -სტრუქტურაში ზიგზაგისებური პოლიპეპტიდური ჯაჭვის შიგნით წყალბადური ბმები არ მყარდება. მრავალ ცილაში ერთდროულად გვხვდება როგორც α -სპირალი, ისე β -სტრუქტურა (სურ. 2 გ).



სურ. 2. ცილის სივრცითი ორგანიზაციის ფორმები



სურ. 3. ბმები, რომელიც განაპირობებს ცილის მესამეული სტრუქტურას

ცილის პოლიპეტიდური ჯაჭვის სპირალად დახვევის დროს ამინომჟავური რგოლების რადიკალები გარეთ მიმართული აღმოჩნდება. რადიკალების ფუნქციური ჯგუფების ურთიერთქმედებასთან არის დაკავშირებული ცილის მესამეული სტრუქტურის წარმოქმნა, მაგალითად, კარბოქსილისა და ამინოჯგუფების ერთმანეთთან მიახლოებისას შესაძლებელია წარმოიქმნას მარილოვანი ხიდი, კარბოქსილის ჯგუფი პიკროფორული ჯგუფთან ქმნის ესტერის ხიდს, გოგირდის ატომები დისულფიდურ ხიდს და ა.შ. (სურ. 3). პოლიპეტიდური ჯაჭვის სივრცითი ორიენტაციის შედეგად წარმოიქმნის სტრუქტურას ცილის მესამეული სტრუქტურა ეწოდება. მესამეული სტრუქტურა ცილის სივრცითი ორგანიზაციის უმაღლესი ფორმაა. იგი

განაპირობებს ცილების მოლეკულების სპეციფიკურ ბიოლოგიურ აქტივობას.



სურ. 4. პეპტიდობინის მეოთხეული სტრუქტურა. მის შედგენილობაში შედის 2 სხვადასხვა ტიპის 4 პოლიპეტიდური ჯაჭვი – ორი α-ჯაჭვი (თითოეული შეიცავს 141 ამინომჟავურ ნაშთს) და ორი β-ჯაჭვი (146 ამინომჟავური ნაშთით). ყველა ჯაჭვი წარმოქმნის „პიკროფორული ჯიბის“, რომელშიც არის არაცილოვანი ბუნების კომპონენტი პეპტი, – რკინის კომპლექსი.

მიუხედავად იმისა, რომ მესამეული სტრუქტურა ცილის სივრცითი ორგანიზაციის უმაღლესი ფორმაა, რიგ მაკრომოლეკულებს აქვს ერთმანეთთან შეერთებისა და შედარებით მსხვილი აგრეგატების წარმოქმნის უნარი. ასეთი წარმონაქმნის სივრცით სტრუქტურას, სადაც მონაწილეობს მესამეული სტრუქტურის მქონე პოლიპეტიდის მაკრომოლეკულებია, მეოთხეული სტრუქტურა ეწოდება. მეოთხეული სტრუქტურის მქონე ცილებში პოლიპეტიდურ ჯაჭვებს ერთმანეთთან დაკავშირება შეუძლია წყალბადური ბმებით ან ელექტროსტატიკური მიზიდულობის ძალებით, რომლებიც წარმოიქმნება ამ ჯაჭვებში არსებულ ამინომჟავათა რადიკალებს შორის. მეოთხეული სტრუქტურა აქვს მრავალ ცილას, მათ შორის პეპტიდობინს (სურ. 4).

ზოგიერთი ფაქტორის გავლენით (რადიაცია, ულტრაბგერა, რენტგენის სხივები, გაცხელება) შეიძლება დაირღვეს ცილის სტრუქტურა. ამ პროცესს დენატურაცია ეწოდება. დენატურაციის დროს ცილის პირველადი სტრუქტურა უცვლელი რჩება, მაგრამ ცილა კარგავს ბიოლოგიურ ფუნქციას. თუ დენატურაციის საწყის ეტაპზე ცილის მოლეკულამ ღრმა სტრუქტურული ცვლილებები არ განიცადა, პროცესი შეიძლება შექცევადი გახდეს და ცილამ სტრუქტურა აღიდგინოს.

ძლიერი გაცხელება იწვევს ცილის არა მხოლოდ დენატურაციას, არამედ პირველადი სტრუქტურის რღვევას, დაშლას აქროლად ნივთიერებებად, რომელთაც დამწვარი ბუმბულის სუნი აქვთ. ამ სუნით შეიძლება ცილოვანი წარმოშობის ნივთიერებების გამოცნობა.

ცილები ცოცხალი ორგანიზმების შემადგენელი ყველაზე მნიშვნელოვანი ნივთიერებებია. ისინი შედის მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმების უჯრედის პროტოპლაზმასა და ბირთვში. იქ, სადაც არ არის ცილოვანი ნივთიერებები, არც სიცოცხლეა.

სწორედ ცილოვან ნივთიერებებთან არის დაკავშირებული სიცოცხლის გამოვლინება, როგორცაა ზრდა და გამრავლება, მოძრაობა, გალიზიანება, შეკუმშვა და სხვ.

ცილების ფუნქციები ცოცხალ ორგანიზმებში მეტად მრავალფეროვანია.

ცილები ასრულებს **კატალიზურ ფუნქციას**. ცილოვანი ბუნების ბიოკატალიზატორები – ფერმენტები ორგანიზმში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესების კატალიზს ახდენს.

ცილები ასრულებს **სატრანსპორტო ფუნქციას**. მათი საშუალებით ორგანიზმში ხორციელდება ნივთიერებათა გადატანა. მაგალითად, ცილა – ჰემოგლობინის მეშვეობით ხორციელდება ფილტვებიდან ქსოვილში ჟანგბადის ტრანსპორტირება.

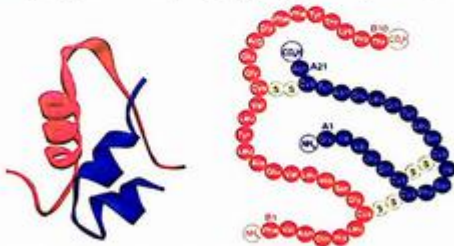
მნიშვნელოვანია ცილების **დაცვითი ფუნქცია**. ცილოვანი ბუნებისაა ანტისხეულები, რომლებსაც იმუნური სისტემა გამოიმუშავებს ორგანიზმში ბაქტერიების მოხვედრისას და რომლებიც ორგანიზმებს იცავენ ინფექციებისაგან.

ზოგიერთი ცილოვანი ბუნების ჰორმონი მონაწილეობს ნივთიერებათა ცვლის რეგულაციაში, უზრუნველყოფს ორგანიზმს შეთანხმებულ მუშაობას და სხვ.

საინტერესოა...

ცილის სინთეზი

ცილის პირველადი სტრუქტურის დადგენა რთული პროცესია. ამისათვის საჭიროა პოლიპეპტიდური ჯაჭვიდან ამინომჟავათა თანმიმდევრობით მოხლეჩა და შემდგომი იდენტიფიცირება. პირველი ცილა, რომლის პირველადი სტრუქტურა დადგინა 1959 წელს ინგლისელმა ბიოქიმიკოსმა ფ. სენჯერმა (1918-2013), იყო ინსულინი (იგი არეგულირებს შაქრის შემცველობას სისხლში). ამ ექსპერიმენტს 10 წელი დასჭირდა. დადგინდა, რომ ინსულინი შედგება ორი (A და B) პოლიპეპტიდური ჯაჭვისაგან. A ჯაჭვი შეიცავს 21, ხოლო B ჯაჭვი – 30 ამინომჟავურ ნაშთს, ჯაჭვები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ორი დისულფიდური ხიდიტ (სურ. 5).



სურ. 5. ინსულინის ალნაგობა

ამჟამად გაშიფრულია მრავალი ცილის სტრუქტურა, მათ შორის რთული ალნაგობის ცილებისაც.

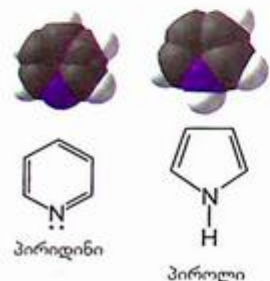
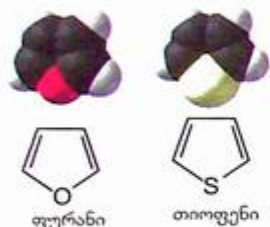
ცილის მაკრომოლეკულათა განსაკუთრებული რთული ალნაგობიდან გამომდინარეობს მათი ხელოვნურად მიღების სირთულეც. ცილის სინთეზის განხორციელებისათვის, უპირველეს ყოვლისა, უნდა დადგინდეს მისი პირველადი სტრუქტურა, ე.ი. ამინომჟავების ნაშთების მიმდევრობის რიგი, შემდეგ განისაზღვროს ცილის სივრცითი კონფიგურაცია.

პირველი ცილა, რომლის ქიმიური სინთეზი განხორციელდა, იყო ინსულინი. მისი ერთი პოლიპეპტიდური ჯაჭვის მიღებას დასჭირდა 89 რეაქციის განხორციელება, მეორისას კი – 138, მაშინ, როცა ცოცხალ ბუნებაში ცილის სინთეზი მიმდინარეობს დიდი სიჩქარით (2-3 წმ-ში) და გასაოცარი სიზუსტით.

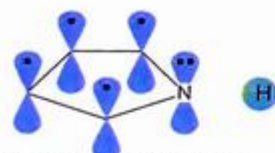
დღეისათვის ცილების ხელოვნური მიღება ხორციელდება არა ქიმიური, არამედ მიკრობიოლოგიური სინთეზით. მიკროორგანიზმების დახმარებით ეს პროცესი ძალიან სწრაფად ხდება. მიღებულ პროდუქტს იყენებენ საკვებად მეცხოველეობაში.

ბაიაზრათი

1. როგორ განვასხვაოთ ერთმანეთისაგან ალანინი, გლუტამინმჟავა და ლიზინი?
2. დაწერეთ ტრიპეპტიდის – ალანილ-სერილ-ლიზინის წარმოქმნის რეაქციის ტოლობა.
3. რამდენი ტრიპეპტიდის მიღება შეიძლება სამი ამინომჟავადან – ცისტეინი, სერინი და ალანინი? დაწერეთ ამ ტრიპეპტიდების ფორმულები.
4. მიიღეთ ალანინი პროპილის სპირტიდან.



სურ. 1. ხუთ- და ექვსწევრიანი პეტეროციკლები



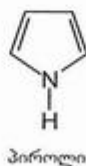
სურ. 2. π -ელექტრონული სისტემის წარმოქმნა პიროლის მოლეკულაში.

როგორ ფიქრობთ, საიდან გაჩნდა პიროლის მოლეკულაში აზოტის p-ორბიტალზე ელექტრონული წყვილი?



კარბოციკლურ ნაერთებში ერთი ან რამდენიმე ნახშირბადატომის სხვა ელემენტის (პეტერო) ატომით ჩანაცვლებისას წარმოიქმნება პეტეროციკლური ნაერთები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ხუთ- და ექვსწევრიანი პეტეროციკლები (სურ.1). მრავალი მათგანი ბუნებრივი ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებისა და სამკურნალო პრეპარატების საფუძველია. პეტეროციკლური ნაერთებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია აზოტ-შემცველი ნაერთები.

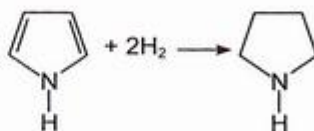
პიროლი. ერთი პეტეროატომის შემცველი ხუთწევრიანი პეტეროციკლების მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია პიროლი:



იგი ქლოროფორმის სუნის მქონე უფერო სითხეა, ცუდად იხსნება წყალში. პიროლი მიიღება ცხიმგამოცლილი ძვლების პიროლიზის შედეგად მიღებული ნარევიდან. იგი არომატული ნაერთია. ნახშირბადატომების მსგავსად, პიროლის აზოტის ატომის ვალენტური ორბიტალები sp^2 -ჰიბრიდიზაციის მდგომარეობაშია (სურ. 2). სამი ჰიბრიდული ორბიტალი მონაწილეობას ლებულობს σ -ბმების წარმოქმნაში. არაჰიბრიდული ორელექტრონიანი p-ორბიტალი, რომელიც ციკლის სიბრტყის პერპენდიკულარულად მდებარეობს, ნახშირბადატომების ანალოგიურად ორიენტირებულ p-ორბიტალებთან ერთად წარმოქმნის ბენზოლის მსგავს ექვსი ელექტრონისაგან შემდგარ ერთიან π -ელექტრონულ სისტემას.

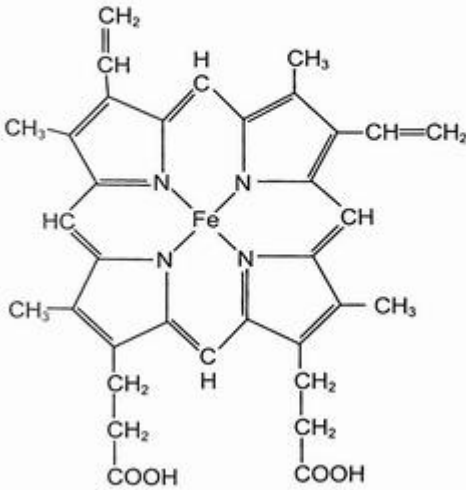
არომატული სისტემის არსებობის გამო პიროლი ადვილად შედის ჩანაცვლების რეაქციებში. ამასთან, ჩანაცვლება ხორციელდება აზოტის ატომის მეზობელ ნახშირბადატომებთან.

პიროლს გააჩნია სუსტი მჟავა თვისებები. აზოტთან დაკავშირებული წყალბადატომის ჩანაცვლება მხოლოდ ტუტე მეთალებთან რეაგირებისას არის შესაძლებელი. ორმაგი ბმების განყვეტის ხარჯზე ამ პეტეროციკლის ერთი მოლი იერთებს ორ მოლ წყალბადს და წარმოქმნის ტეტრაჰიდროპიროლს ანუ პიროლიდინს:

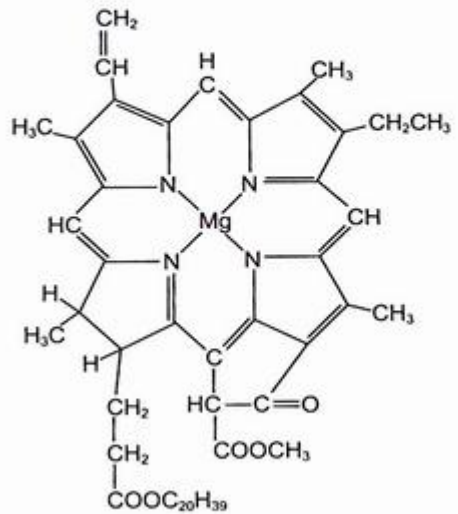


* პარაგრაფში მოყვანილი ფორმულების დამახსოვრება სავალდებულო არ არის.

პიროლი გამოიყენება მრავალი სამკურნალო პრეპარატის სინთეზისათვის. ე.წ. ტეტრაპიროლურ ნაერთებს მიეკუთვნება მნიშვნელოვანი ნივთიერებები: ქლოროფილი, ჰემოგლობინი (ამ ნაერთში ცილა გლობინი დაკავშირებულია ნითელი შეფერილობის არაცილოვან ნაწილთან – ჰემთან), ბილირუბინი, ვიტამინი B₁₂ და ა.შ.



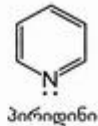
ა ქემი



ბ ქლოროფილი

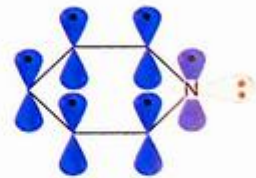
სურ. 3. ტეტრაპიროლური ნაერთები

პირიდინი. ერთი აზოტის ატომის შემცველი ექვსწევრიანი ჰეტეროციკლია პირიდინი:

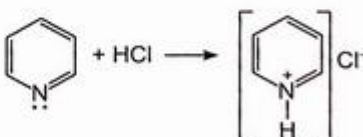


პირიდინი

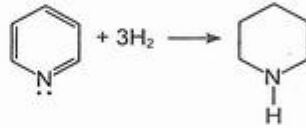
მას ლებულობენ ქვანახშირის ფისიდან. პირიდინი უფერო, არასასიამოვნო სუნის მქონე სითხეა. წყალში კარგად იხსნება. იგი პიროლის მსგავსად არომატულ სისტემას ქმნის. ამასთან, არომატული სექსტეტის წარმოქმნაში მონაწილეობას ლებულობს აზოტის ატომის ერთელექტრონიანი არაჰიბრიდული p-ორბიტალი (სურ. 4). სამიდან ორი sp²-ჰიბრიდული ორბიტალის ხარჯზე მყარდება σ-ბმები, ხოლო მესამე ორელექტრონიანი ჰიბრიდული ორბიტალი კი განაპირობებს პირიდინის ფუძე თვისებებს (ამინების მსგავსად რეაგირებს მინერალურ მუყავებთან მარილების წარმოქმნით):



სურ. 4. π-ელექტრონული სისტემის წარმოქმნა პირიდინის მოლეკულაში.

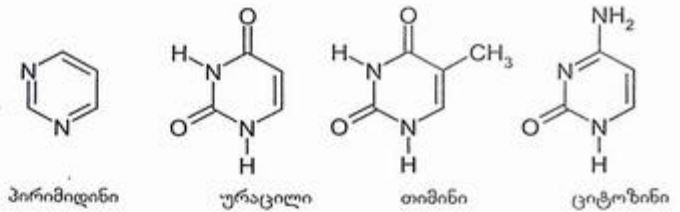


ბენზოლის ანალოგიურად, პირიდინისათვისაც დამახასიათებელია ჩანაცვლების რეაქციები, მაგრამ ისინი ბენზოლთან შედარებით ძნელად მიმდინარეობს, რადგან ელექტროუარყოფითი აზოტის ატომის გავლენით ნახშირბადატომებზე მცირდება ელექტრონული ღრუბლის სიმკვრივე. სრული ჰიდრირების პროცესი ბენზოლთან შედარებით უფრო ადვილად ხორციელდება და მიიღება **პიპერიდინი**:



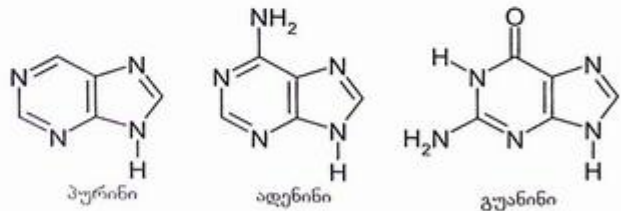
პირიდინული ბირთვი შედის მრავალი სამკურნალო პრეპარატის, მაგალითად, PP და B₆ ვიტამინების შემადგენლობაში.

პირიმიდინი და პურინი. ორი აზოტის ატომის შემცველი ექვსწევრიანი ჰეტეროციკლების მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია **პირიმიდინი**. პირიმიდინული ბირთვი შედის საძილე და კრუნჩხვის საწინააღმდეგო პრეპარატებისა და B₁ ვიტამინის შემადგენლობაში, მაგრამ განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მისი ნაწარმები – **ურაცილი**, **თიმინი** და **ციტოზინი**:



აღნიშნული ნაერთები ნუკლეინმჟავების ერთ-ერთ ძირითად კომპონენტებს წარმოადგენს.

ბიციკლური (ორი ციკლის შემცველი) ჰეტეროციკლების მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია **პურინი**. მისი ნაწარმებიდან აღსანიშნავია ნუკლეინმჟავათა შემადგენლობაში შემავალი კიდევ ორი აზოტოვანი ფუძე – **ადენინი** და **გუანინი**:

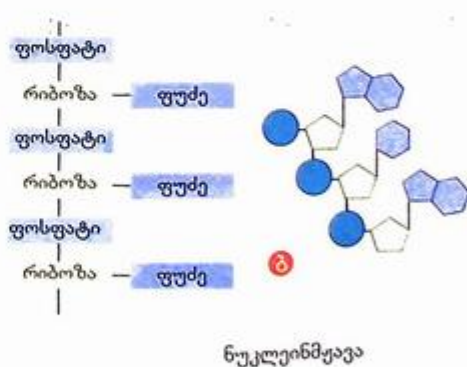
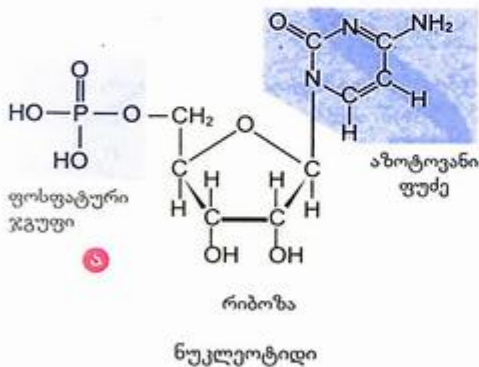


ნუკლეინმეშავები ბუნებრივი მაღალმოლეკულური ნაერთები – ბიოპოლიმერებია, რომელიც პირველად აღმოაჩინა შვეიცარიელმა მეცნიერმა ფრიდრიხ მიშერმა უჯრედების ბირთვებში 1869 წელს (ლათ. nucleus – ბირთვი). მაგრამ მათი როლი ორგანიზმში დიდი ხნის მანძილზე უცნობი იყო მეცნიერებისათვის. დღეისათვის დადგენილია, რომ ნუკლეინმეშავები მთავარ როლს ასრულებს მემკვიდრეობითი ინფორმაციის შენახვის, გადაცემასა და დამუშავებაში, უზრუნველყოფს ცილების სინთეზს. წარმატებები ნუკლეინმეშავების შესწავლაში XX საუკუნის მეორე ნახევრის მეცნიერების ერთ-ერთ ძირითად მიღწევად ითვლება.

უკვე ვისწავლეთ, რომ პოლისაქარიდებში (სახამებელი, ცელულოზა) პოლიმერის ჯაჭვში განმეორებადი რგოლი გლუკოზას მოლეკულათა ნაშთებია, ხოლო ცილებში – სხვადასხვა ამინომეშავეთა ნაშთები.

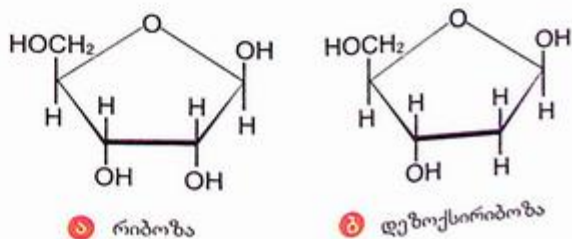
როგორ არის აგებული ნუკლეინმეშავების მაკრომოლეკულები?

ნუკლეინმეშავების სტრუქტურული ერთეული ნუკლეოტიდებია, რომლებიც სამი კომპონენტისაგან შედგება: მონოსაქარიდ პენტოზის, პირიმიდინული ან პურინული აზოტოვანი ფუძისა და ფოსფორმეშავეს ნაშთებისაგან (სურ. 1).



სურ. 1. ნუკლეოტიდიდან ნუკლეინმეშავეას წარმოქმნა

ორგანიზმებში ნუკლეინმეშავების ორი სახეობაა, რომლებიც განსხვავდება ნახშირწყლოვანი კომპონენტით – პენტოზით. სახელწოდებიდან ჩანს, რომ რიბონუკლეინმეშავები (რნმ) აგებულია რიბოზისაგან, ხოლო დეზოქსირიბონუკლეინმეშავები (დნმ) – დეზოქსირიბოზისაგან (სურ. 2).

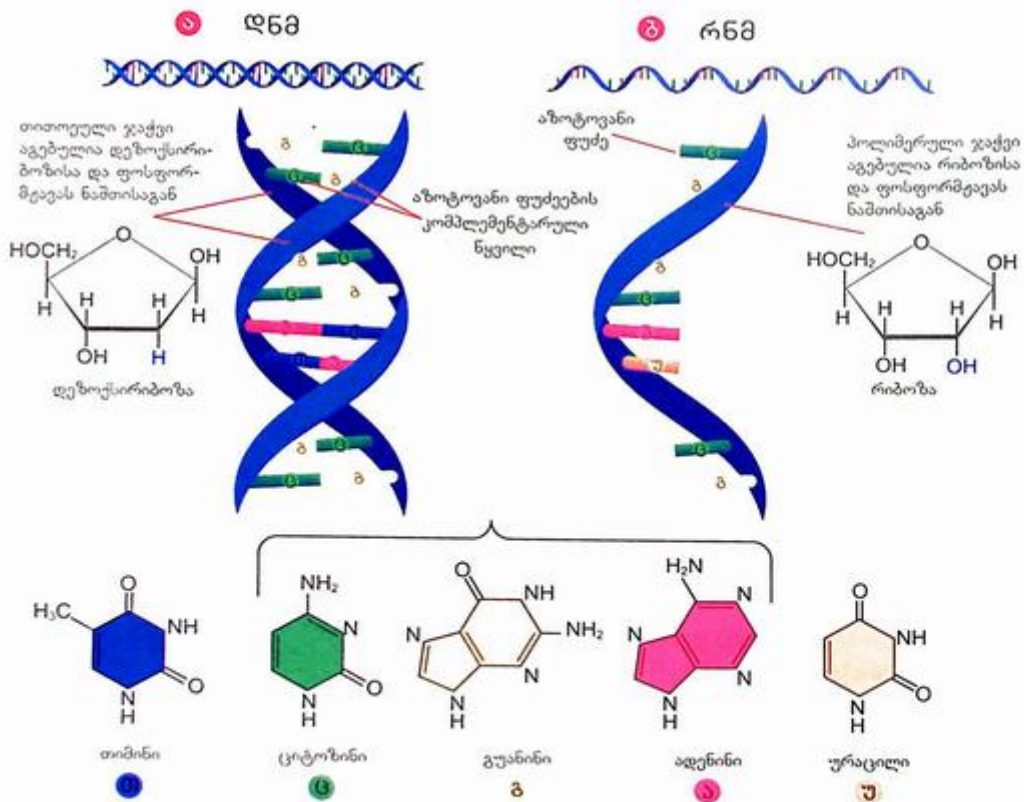


სურ. 2. პენტოზები

ნუკლეინმჟავები ერთმანეთისგან განსხვავდება აზოტოვანი ფუძეებითაც. ორივე სახეობაში არის ოთხი ფუძე. სამი ფუძე: პირიმიდინის ნაწარმი – ციტოზინი, პურინის ნაწარმები: ადენინი და გუანინი ორივესთვის საერთოა. მეოთხე ფუძე ნუკლეინმჟავებში სხვადასხვაა: რნმ-ში ეს არის ურაცილი, ხოლო დნმ-ში – თიმინი (სურ. 3).

დავაკვირდეთ ნუკლეოტიდის ფორმულას. აზოტოვანი ფუძე დაკავშირებულია რიბოზის მოლეკულის ნაშთთან, რომელიც, თავის მხრივ, შეერთებულია ფოსფორმჟავას მოლეკულასთან (სურ. 1).

გავარკვიოთ, როგორ არის ერთმანეთთან დაკავშირებული ნუკლეოტიდები მაკრომოლეკულაში. მაგალითად, განვიხილოთ რნმ-ის ფრაგმენტის აღნაგობა (სურ. 1 ბ, 3 ბ). მაკრომოლეკულათა ძირითადი სტრუქტურული ხაზი წარმოქმნილია მხოლოდ პენტოზისა და ფოსფორმჟავას ნაშთებისაგან, აზოტოვანი ფუძეები კი გვერდიდან არის მიერთებული. ფოსფორმჟავა ორ პენტოზას აკავშირებს ერთმანეთთან. მას რჩება ერთი პროტონის გაცემის უნარი, რაც მაკრომოლეკულების მჭიდროდ თვისებებს განაპირობებს. აზოტმემცველი პეტროციკლები მათ ფუძე თვისებებსაც ანიჭებს.



სურ. 3. ნუკლეინმჟავები, პენტოზები და მასში შემავალი აზოტოვანი ფუძეები

ნუკლეინმჟავების აღნაგობაში ძირითადია ნუკლეოტიდებში შემავალი აზოტოვანი ფუძეების, ე.ი. ნუკლეოტიდების გარკვეული თანმიმდევრობა. ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობასთან, ანუ ნუკლეინმჟავას პირველად სტრუქტურასთან არის დაკავშირებული ნუკლეინმჟავების ბიოლოგიური ფუნქციები უჯრედში.

დნმ-ის მაკრომოლეკულებში ნუკლეოტიდების სხვადასხვა თანმიმდევრობის სახით დაშიფრულია მოცემული ბიოლოგიური სახის მთელი მემკვიდრეობითი ინფორმაცია.

დნმ-ის მაკრომოლეკულები ქმნის სპირალს, რომელიც საერთო ღერძზე დახვეული ორი ჯაჭვისაგან შედგება (სურ. 3ა, 4). ეს მეორეული სტრუქტურაა. მის წარმოქმნაში მნიშვნელოვანი როლი ეკუთვნის წყალბადურ ბმებს, რომლებიც მყარდება სხვადასხვა ჯაჭვის პირიმიდინულ და პურინულ ფუძეებს შორის.

ნუკლეინმჟავების ექსპერიმენტული შესწავლა თანამედროვე ბიოლოგიური და სამედიცინო კვლევების მნიშვნელოვანი ნაწილია. ნუკლეინმჟავების ქიმიის განვითარების საფუძველზე ჩამოყალიბდა ახალი მეცნიერული მიმართულებები, რომლებიც სიცოცხლის საიდუმლოებაში ღრმად ჩახედვისა და დადგენილი კანონზომიერების პრაქტიკაში გამოყენების ამოუწურავ შესაძლებლობებს იძლევა.



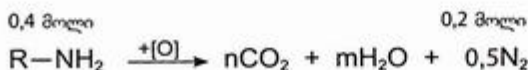
სურ. 4. დნმ-ის ორმაგი სპირალის მოდელი პირველად შექმნეს 1953 წელს ამერიკელმა ბიოლოგმა ჯეიმზ უოტსონმა და ბრიტანელმა ბიოფიზიკოსმა ფრენსის კრიკმა.

შიკური ამოხანების ამოხსნა

ამოხანა 1

18 გ პირველადი ამინი დაწვეს. მიღებული წვის პროდუქტები გაატარეს ტუტის ხსნარში. რეაქციაში შეუსვლელი დარჩა 4,48 ლ (ნ.პ.) აირი. დაადგინეთ ამინის ფორმულა.

ამოხსნა:



ტუტის ხსნართან რეაქციაში არ შევა აზოტი.

ე.ი. $V(N_2) = 4,48 \text{ ლ}$

$$n(N_2) = \frac{4,48 \text{ ლ}}{22,4 \text{ ლ/მოლი}} = 0,2 \text{ მოლი}$$

$$n(R-NH_2) = 2n(N_2) = 0,4 \text{ მოლი}$$

$$M(C_nH_{2n+1}NH_2) = \frac{18 \text{ გ}}{0,4 \text{ მოლი}} = 45 \text{ გ/მოლი}$$

$$M(C_nH_{2n+1}) = 45 - 16 = 29 \text{ გ/მოლი} \qquad \qquad \qquad \text{ე.ი. } C_2H_5$$

ამინის ფორმულაა: $C_2H_5NH_2$ (ეთილამინი)

მოცემულია ფენოლისა და ანილინის ხსნარი ბენზოლში. ფენოლის მასური წილი 20%-ია, ანილინისა — 30%. რა მასის 8%-იანი ბრომის ხსნარია საჭირო 200 გ სანყის ხსნარის ბრომირებისათვის (ბრომი გახსნილია ოთხქლორიან ნახშირბადში).

ამოხსნა:

$$\begin{array}{l} \text{მოც.: } w(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 20\% (0,2) \\ w(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 30\% (0,3) \\ m_{\text{ხს}} = 200 \text{ გ} \\ w(\text{Br}_2) = 8\% (0,08) \\ \hline m_{\text{ხს}}(\text{Br}_2) = ? \end{array}$$

$$\begin{array}{l} M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 94 \text{ გ/მოლი} \\ M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 93 \text{ გ/მოლი} \\ M(\text{Br}_2) = 160 \text{ გ/მოლი} \\ m_{\text{ხს}} = \frac{m_{\text{ფ}}}{w} \end{array}$$

200 გ ბენზოლ-ხსნარში ფენოლისა და ანილინის შემცველობაა:

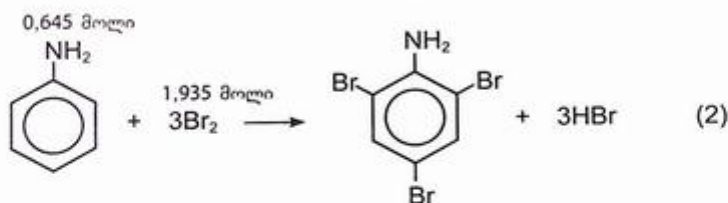
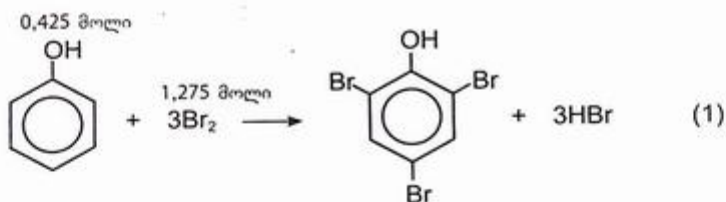
$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 200 \text{ გ} \cdot 0,2 = 40 \text{ გ}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{40 \text{ გ}}{94 \text{ გ/მოლი}} = 0,425 \text{ მოლი}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 200 \text{ გ} \cdot 0,3 = 60 \text{ გ}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = \frac{60 \text{ გ}}{93 \text{ გ/მოლი}} = 0,645 \text{ მოლი}$$

ე.ი. მოცემულ 200 გ ხსნარში 0,425 მოლი ფენოლი და 0,645 მოლი ანილინია. ვნერთ მიმდინარე რეაქციათა ტოლობებს:



(1) რეაქციის მიხედვით $n(\text{Br}_2) = 0,425 \text{ მოლი} \cdot 3 = 1,275 \text{ მოლი}$

(2) რეაქციის მიხედვით $n(\text{Br}_2) = 0,645 \text{ მოლი} \cdot 3 = 1,935 \text{ მოლი}$

$$n(\text{Br}_2) = 1,275 + 1,935 = 3,21 \text{ მოლი}$$

$$m(\text{Br}_2) = 3,21 \text{ მოლი} \cdot 160 \text{ გ/მოლი} = 513,6 \text{ გ}$$

513,6 გ Br₂-ს რა მასის 8%-იანი ხსნარი შეიცავს?

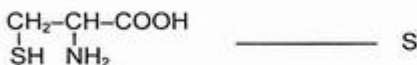
$$m_{\text{ხს}} = \frac{513,6}{0,08} = 6420 \text{ გ (6,42 კგ)}$$

აშოტანა 3

დაადგინეთ ადამიანის ინსულინის ფარდობითი მოლეკულური მასაა, თუ მის შედგენილობაში ცისტეინის 6 ნაშთია, ხოლო გოგირდის მასური წილი 3,2984%-ის ტოლია.

ამოხსნა:

ცისტეინში გოგირდის ერთი ატომია:



$$M(\text{S}) = 32 \text{ გ/მოლი}$$

$$\omega(\text{S}) = \frac{m(\text{S})}{m(\text{ინსულინი})}$$

ე.ი. 1 მოლ ცისტეინში 32 გ გოგირდია.

პირობის გათვალისწინებით 1 მოლ ინსულინში 6-ჯერ მეტი გოგირდია.

$$m(\text{S}) = 32 \text{ გ} \cdot 6 = 192 \text{ გ.}$$

$$m(\text{ინსულინი}) = M(\text{ინსულინი})$$

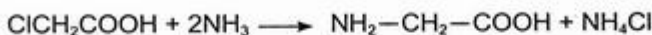
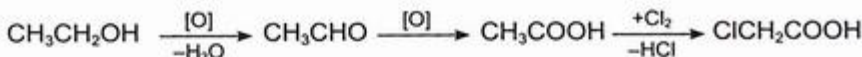
$$M(\text{ინსულინი}) = \frac{m(\text{S})}{\omega(\text{S})} = \frac{192 \text{ გ}}{0,32984} = 5821 \text{ გ/მოლი}$$

$$M_r = 5821.$$

აშოტანა 4

მოიყვანეთ ეთილის სპირტის ამინომმარმჟავად გარდაქმნის სქემა. რა რაოდენობის ამინომჟავა შეიძლება მივიღოთ 46 გ სპირტისაგან. რა მოცულობის ამიაკი (ნ.პ.) დაიხარჯება ამ დროს?

ამოხსნა:



ამინომჟავა მიიღება ბიპოლარული იონის სახით $[\overset{\cdot}{\text{N}}\text{H}_3-\text{CH}_2-\text{COO}^-]$, HCl კი — ამონიუმის მარილის სახით (NH_4Cl).

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1 \text{ მოლი (46 გ)}$$

$$n(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) = 1 \text{ მოლი}$$

$$n(\text{NH}_3) = 2 \text{ მოლი,}$$

$$V(\text{NH}_3) = 2 \text{ მოლი} \cdot 22,4 \text{ ლ/მოლი} = 44,8 \text{ ლ}$$

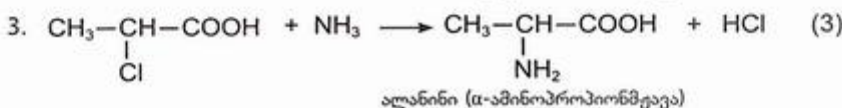
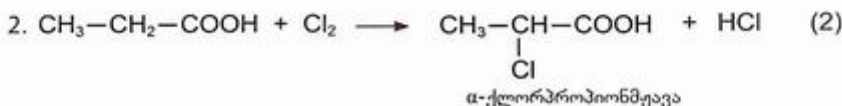
ამრიგად, 46 გ (1 მოლი) სპირტიდან შეიძლება მივიღოთ 1 მოლი ამინომმარმჟავა. ამ დროს დაიხარჯება 44,8 ლ (2 მოლი) ამიაკი.

რა რაოდენობის პროპილის სპირტი დაიხარჯება 17,8 გ ალანინის მისაღებად, თუ ყველა რეაქცია წარმართება რაოდენობრივად. რა ნივთიერება წარმოიქმნება და რა რაოდენობით, თუ მიღებულ ალანინისა და უწყლო ეთანოლის ნარევი გავატარებთ მშრალ ქლორწყალბადს (ჩათვალეთ, რომ უკანასკნელ რეაქციაში ნივთიერებები აღებულია ეკვივალენტური რაოდენობით).

ამოხსნა:

$$M(\text{ალანინი}) = 89 \text{ გ/მოლი}$$

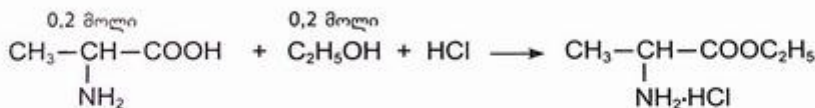
ვენერთ მიმდინარე რეაქციათა ტოლობებს:



$$n(\text{ალანინი}) = \frac{17,8 \text{ გ}}{89 \text{ გ/მოლი}} = 0,2 \text{ მოლი}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = n(\text{ალანინი}) = 0,2 \text{ მოლი}$$

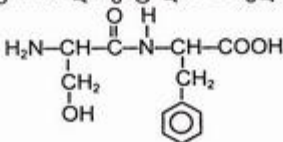
ალანინისა და უწყლო ეთანოლის ნარევი მშრალი ქლორწყალბადის გატარებისას მიმდინარეობს რეაქცია:



ამრიგად, 0,2 მოლი ალანინის მისაღებად დაიხარჯება 0,2 მოლი პროპილის სპირტი.

0,2 მოლი ალანინიდან მიიღება 0,2 მოლი ალანინის ეთილესტერის ჰიდროქლორიდი (α-ამინოპროპიონმჟავას ეთილესტერის ჰიდროქლორიდი).

- რომელი ნივთიერების შედგენილობაში არ შედის აზოტი?
 - ქლოროფილი;
 - ცილა;
 - ამილოზა;
 - ნუკლეინმჟავა.
- რომელ აირებს არ შეუძლიათ ერთდროულად არსებობა ნარევიში ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ისე, რომ მათ შორის არ მოხდეს ქიმიური რეაქცია?
 - წყალბადი და ჟანგბადი;
 - ამიაკი და მეთანი;
 - ამიაკი და ჟანგბადი;
 - მეთილამინი და ქლორწყალბადი.
- ანილინის ჰიდრირებით მიიღეს ციკლოპექსილამინი. ანილინს თუ ციკლოპექსილამინს მიუერთდება უფრო ადვილად ქლორწყალბადი, თუ თითო მთლიან ამ ამინების შემცველ ხსნარს დაევაბატებთ 1 მთლიან ქლორწყალბადს?
 - ანილინს;
 - ციკლოპექსილამინს;
 - ორივეს ერთნაირად.
- ბრომიან წყალთან არ ურთიერთქმედებს:
 - ფენოლი;
 - ბენზოლი;
 - ანილინი;
 - აცეტილენი.
- ამინომმარმჟავას ეთილესტერის წყალხსნარს აქვს:
 - ფუძე რეაქცია;
 - მჟავა რეაქცია;
 - ნეიტრალური რეაქცია.
- ამინომმარმჟავას ჰიდროქლორიდის წყალხსნარს აქვს:
 - ფუძე რეაქცია;
 - მჟავა რეაქცია;
 - ნეიტრალური რეაქცია.
- ამინომმარმჟავა ეთილესტერის ჰიდროქლორიდის წყალხსნარს აქვს:
 - ფუძე რეაქცია;
 - მჟავა რეაქცია;
 - ნეიტრალური რეაქცია.
- NH₂ ჯგუფს არ შეიცავს:
 - გლიცინი;
 - გლიცერინი;
 - ანილინი;
 - ალანინი.
- როგორია დიპეპტიდის სახელწოდება:



- გლიცინი;
 - სერილთიროზინი;
 - სერილფენილალანინი;
 - სერილგლიცინი.
- განიხილეთ ატომთა ურთიერთგავლენა ანილინში და შეადარეთ ატომთა ურთიერთგავლენას ტოლუოლსა და ფენოლში.
 - რით აიხსნება, რომ არომატულ ამინებს უფრო სუსტად გამოხატული ფუძე ბუნება აქვთ, ვიდრე ნაჯერ ამინებს?
 - პროპილის სპირტიდან მიიღეთ
 - α-ამინოპროპიონმჟავას პროპილესტერი.
 - α-ამინოპროპიონმჟავას იზოპროპილესტერი.
 - დანერეთ C₃H₅N შედგენილობის ყველა იზომერის სტრუქტურული ფორმულა და დაასახელეთ. მათგან რამდენია პირველადი, მეორეული და მესამეული ამინი?
 - რატომ უწოდებენ ამინებს ორგანულ ფუძეებს? ახსენით ელექტრონული თეორიის თვალსაზრისით.
 - განალაგეთ ამინები – მეთილამინი, ფენილამინი, დიმეთილამინი, ტრიმეთილამინი, დიფენილამინი – რიგში ფუძე ბუნების ზრდის მიხედვით.
 - განიხილეთ ამინების ქიმიური თვისებები დიმეთილამინის მაგალითზე. პასუხი დაასახუთეთ შესაბამისი რეაქციათა ტოლობებით.
 - შეადარეთ ამიაკისა და მეთილამინის წვის რეაქციები ერთმანეთს. როგორ განასხვავებთ წვის პროდუქტებს?
 - C₇H₉N შედგენილობის რამდენი იზომერული ამინი შეიძლება არსებობდეს? დანერეთ მათი სტრუქტურული ფორმულები და დაასახელეთ.
 - რომელ რეაქციას გამოიყენებთ ანილინის აღმოსაჩენად? მოიყვანეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა.
 - როგორ ბუნებას ავლენს პარა-ამინოფენოლი HO-C₆H₄-NH₂? პასუხი დაასახუთეთ რეაქციათა ტოლობებით.
 - გარდაქმნათა სქემაში:

$$\text{C}_6\text{H}_6 \xrightarrow{+\text{HNO}_3} \text{X}_1 \xrightarrow{+[\text{H}]} \text{X}_2 \xrightarrow{+\text{Br}_2} \text{A}$$
 რას წარმოადგენს A ნივთიერება?

22. რა განაპირობებს იზომერიას ამინომჟავებში? პასუხი დაასაბუთეთ მაგალითების მოყვანით.
23. იზომერობმჟავაზე ქლორის მოქმედებით მიიღეს ნაერთი, რომლის მოლეკულაში ერთი ატომი წყალბადი ჩანაცვლებულია ქლორის ატომით. იგი დაამუშავეს ამიაკით. დაწერეთ წარმოქმნილი ნაერთის და მისი იზომერების სტრუქტურული ფორმულები. დაასახელეთ ისინი საერთაშორისო ნომენკლატურით.
24. რატომ არ წარმოქმნის ბიპოლარულ იონს პარა-ამინობენზომჟავა?
25. კალციუმის კარბონატიდან სათანადო გარდაქმნებით (პირობების მითითებით) მიიღეთ ამინომჟავაჟეტილესტერი.
26. დაწერეთ რომელიმე ამინომჟავას ორი ტიპის მარილის ფორმულები.
27. რომელი რეაქციების შედეგად წარმოქმნიან ამინომჟავები პოლიპეპტიდებს?
28. რომელი ამინომჟავები მონაწილეობენ ცილის მაკრომოლეკულების შენებაში?
29. მოიყვანეთ რეაქციათა ტოლობები, რომლებიც ამტკიცებენ ფენილალანინის ამფოტერულ ბუნებას.
30. ჩამოთვლილთაგან – რქმჟავა, ანილინი, ფენოლი, ბენზილის სპირტი, სერინი, დივინილი, რომელი ნაერთები მიეკუთვნება ჰეტეროფუნქციურ ნაერთებს?
31. ამინი ბრომწყალბადთან წარმოქმნის მარილს, რომელშიც ბრომის მასური წილია 57,1%. დაადგინეთ ამინის ფორმულა.
32. ბენზოლის, ანილინისა და ფენოლის 10 გ ნარევეში გაატარეს მშრალი ქლორწყალბადი. ამ დროს გამოიყო 1,3 გ ნალექი. იგივე რაოდენობის ნარევის ნაიტრალიზაციაზე დაიხარჯა 3,35 მლ 20%-იანი ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი ($\rho = 1,2$ გ/მლ). დაადგინეთ საწყისი ნარევის შედგენილობა.
33. $C_2H_5N_2O_2$ შედგენილობის A ნივთიერებაზე ტუტის ხსნარის მოქმედებისას გამოიყო აირი, რომლის სიმკვრივეა 0,759 გ/ლ (ნ.პ.) და წარმოიქმნა $C_2H_5NO_2Na$ შედგენილობის B ნივთიერება. დაადგინეთ A და B ნივთიერებების აღნაგობა.
34. მეთილამინის, ამინომჟავასა და ეთილაცეტატის 20 გ ნარევის შეუძლიარეაგირება 4,85 ლ (ნ.პ.) ქლორწყალბადთან. 40 გ იგივე ნარევის შეუძლია გოგირდმჟავას თანაობისას გაცხელებით ურთიერთქმედება 7,76 მლ ეთანოლთან ($\rho = 0,8$ გ/მლ). განსაზღვრეთ ნივთიერებათა მასური წილი საწყის ნარევეში.
35. 48 გ დიპეპტიდის ტუტე-ჰიდროლიზის შედეგად წარმოიქმნა მხოლოდ ერთი ნაერთი – ერთ-ერთი ამინომჟავას ნატრიუმის მარილი მასით 66,6 გ. დაადგინეთ დიპეპტიდის აღნაგობა.

ამ თავის შესწავლისას გაეცნობით:

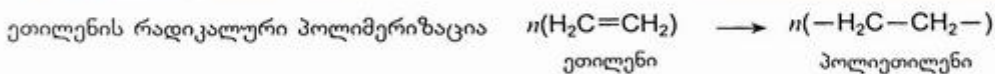
- პოლიმერიზაციითა და პოლიკონდენსაციით მიღებულ სინთეზურ პოლიმერებს;
- ბუნებრივი პოლიმერების აღნაგობას და მათი გარდაქმნით მიღებულ ხელოვნურ მალამოლეკულურ ნაერთებს;
- ბუნებრივ და სინთეზურ კაუჩუკებს;
- სხვადასხვა პოლიმერული მასალის საფუძველზე მიღებულ პლასტმასებს, ბოჭკოებს და მათ გამოყენებას ადამიანის საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში.

პოლიმერიზაციის რეაქცია სამი სტადიისაგან შედგება:

1. მონომერის ინიცირება;
2. ჯაჭვის ზრდა;
3. ჯაჭვის განწყვეტა (დასრულება).

პროცესის წარმართვისთვის აუცილებელია, ყოველ საფეხურზე მიიღებოდეს ისეთი ნაწილაკი, რომელსაც აქვს შემდგომი მონომერის მოლეკულის მიერთების უნარი. ასეთი ნაწილაკი შეიძლება იყოს რადიკალი. რადიკალური პოლიმერიზაციის დროს მონომერის ინიცირება ხორციელდება ტემპერატურით, სინათლის მოქმედებით, γ -გამოსხივებით, ან ინიციატორების დახმარებით. ინიციატორები არამდგრადი ნაერთებია, რომლებიც ადვილად იშლება რადიკალების წარმოქმნით.

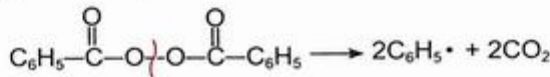
მაგალითი



მექანიზმი:

I საფეხური (ინიცირება)

მაგალითად, ინიციატორად იყენებენ ბენზოილის პეროქსიდს, რომელიც ადვილად იშლება ფენილის რადიკალების წარმოქმნით:

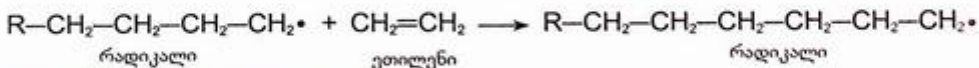
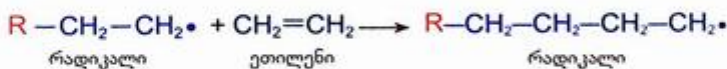


ინიციატორის დაშლისას წარმოქმნილი რადიკალი პირობითად აღვნიშნოთ $\text{R}\cdot$ -ით. რადიკალის გაუნწყვილებელი ელექტრონი ურთიერთქმედებს ეთილენის π -ბმასთან. მის ერთ-ერთ ელექტრონთან განწყვილებით ამყარებს კოვალენტურ ბმას. π -ბმის დარჩენილი მეორე ელექტრონი მთელ ნაწილაკს გადააქცევს რადიკალად:



II საფეხური (ჯაჭვის ზრდა)

ინიცირების შედეგად წარმოქმნილი რადიკალი აგრძელებს ურთიერთქმედებას მონომერის ახალ მოლეკულასთან ახალი რადიკალის წარმოქმნით და ასე თანდათანობით გრძელდება ჯაჭვის გაზრდა:

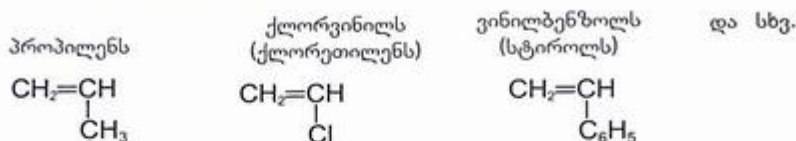


III საფეხური (ჯაჭვის დასრულება)

ჯაჭვის დასრულება შესაძლებელია მოხდეს სხვადასხვა გზით. მაგალითად, მზარდი რადიკალების ერთმანეთთან შეერთებით:



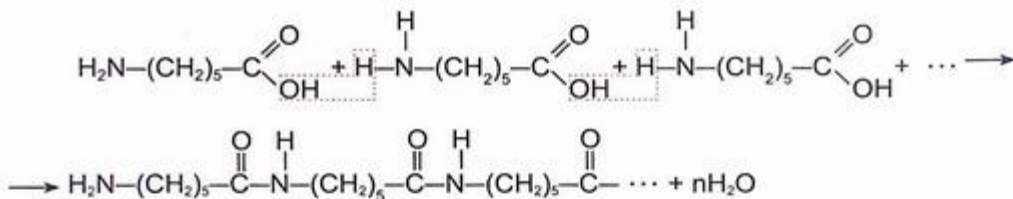
რადიკალური პოლიმერიზაციისთვის მონომერებად, ეთილენის გარდა, იყენებენ:



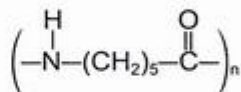
პოლიკონდენსაცია

დაბალმოლეკულური ნივთიერებებისგან მაღალმოლეკულური ნივთიერების წარმოქმნის პროცესს, რომელიც მიმდინარეობს თანაური დაბალმოლეკულური პროდუქტის (ხშირად წყლის) გამოყოფით, პოლიკონდენსაციის რეაქცია ეწოდება.

პოლიკონდენსაციის რეაქციაში მონაწილეობს მონომერები, რომელთა მოლეკულები შეიცავს ორ ან მეტ ფუნქციურ ჯგუფს. სწორედ ამ ფუნქციური ჯგუფების ხარჯზე ხორციელდება დაბალმოლეკულური ნივთიერებების გამოყოფა. მაგალითად, პოლიამიდური ბოჭკო კაპრონი მიიღება ϵ -ამინოკაპრონმჟავას პოლიკონდენსაციით – ერთი მოლეკულის მჟავა ბუნების კარბოქსილის ჯგუფი ურთიერთქმედებს მეორე მოლეკულის ფუნქციური ბუნების ამინო ჯგუფთან:

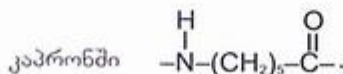


პოლიმერის მაკრომოლეკულები შედგება მრავალჯერ განმეორებადი ϵ -ამინოკაპრონმჟავას ნაშთებისაგან, რაც შეიძლება გამოისახოს ფორმულით:



როგორც ვხედავთ, პოლიმერის მაკრომოლეკულები, მიუხედავად მილების ხერხისა, ყოველთვის შედგება მრავალჯერ განმეორებადი, ერთნაირი აგებულების მქონე ატომთა ჯგუფებისაგან. ამ ჯგუფებს სტრუქტურულ რგოლებს უწოდებენ.

მაგალითად, პოლიეთილენში სტრუქტურულ რგოლს წარმოადგენს ატომთა დაჯგუფება $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$,



პოლიმერიზაციის გზით მიღებული მაკრომოლეკულის შემთხვევაში მონომერს და სტრუქტურულ რგოლს ერთნაირი შედგენილობა, მაგრამ განსხვავებული აღნაგობა აქვთ. პოლიკონდენსაციის გზით მიღებულ მაკრომოლეკულის შემთხვევაში კი სტრუქტურული რგოლის შედგენილობა განსხვავდება მონომერის შედგენილობისაგან.

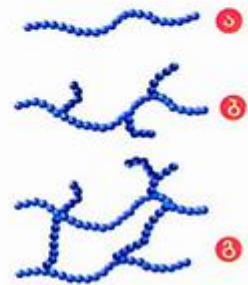
ი რიცხვს, რომელიც გვიჩვენებს მაკრომოლეკულაში სტრუქტურული რგოლების რაოდენობას, პოლიმერიზაციის ხარისხი ეწოდება.

პოლიმერიზაციის ხარისხის განსხვავებული მნიშვნელობების დროს ერთი და იმავე მონომერიდან შეიძლება მივიღოთ სხვადასხვა თვისების მქონე პოლიმერები. მაგალითად, პოლიეთილენი, რომლისთვისაც $n=20$, სითხეა, თუ პოლიმერიზაციის ხარისხი 1500-2000-ის ფარგლებშია, წარმოიქმნება მყარი, პლასტიკური პოლიეთილენი, რომლისგანაც ამზადებენ აფსკებს და სხვადასხვა ჭურჭელს. ხოლო პოლიეთილენი, რომლის პოლიმერიზაციის ხარისხი 5-6 ათასია, საკმაოდ მტკიცე ნივთიერებაა და მისგან მზადდება მილები, ქიმიური აპარატურის დეტალები და სხვა ნაკეთობანი.

პოლიმერიზაციის პროცესში თითოეული მაკრომოლეკულის წარმოქმნაში მონაწილეობს მონომერების სხვადასხვა რიცხვი. რადგან პოლიმერული ჯაჭვის განყვეტა შემთხვევით ხასიათს ატარებს, შედეგად მიიღება სხვადასხვა მოლეკულური მასის მქონე მაკრომოლეკულათა ნარევი. აქედან გამომდინარე, პოლიმერებისათვის იხმარება ე.წ. **საშუალო მოლეკულური მასის ცნება**, რითაც ისინი განსხვავდება დაბალმოლეკულური ნივთიერებებისაგან.

პოლიეთილენის მაკრომოლეკულას ხაზოვანი სტრუქტურა აქვს (სურ. 1ა). ანალოგიური აღნაგობა აქვს აგრეთვე, ამილოზას და ცელულოზას. **ხაზოვანი სტრუქტურის** პოლიმერების გარდა, არსებობს **განშტოებული** (მაგალითად, ამილოპექტინი) (სურ. 1ბ) და **ბადისებრი** ანუ **სივრცითი სტრუქტურის** (რეზინი) პოლიმერები (სურ. 1გ). ბადისებრი სტრუქტურის პოლიმერებში ხაზოვანი მაკრომოლეკულები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ქიმიური ბმებით.

დაბალმოლეკულური ნივთიერებები ხასიათდება ლღობის, დუღილის განსაზღვრული ტემპერატურით. თუ ჩვენ ხაზოვანი სტრუქტურის რომელიმე პოლიმერს ვახურებთ, იგი დარბილებას იწყებს. ამ დროს ზოგიერთ მაკრომოლეკულას შორის ურთიერთქმედების ძალები იმდენად შესუსტებულია, რომ სითბური მოძრაობის შედეგად ისინი ერთმანეთის მიმართ გადაადგილდება. შედარებით გრძელ მაკრომოლეკულებში ერთმანეთთან ურთიერთქმედება გაცილებით ძლიერია და ანალოგიური ძვრადობის შესაძენად საჭიროა მათი შემდგომი გახურება. ამითაა განპირობებული ის, რომ **მაღალმოლეკულურ ნაერთებს ლღობის განსაზღვრული ტემპერატურა არ გააჩნია და ლღევა გარკვეულ ტემპერატურულ ინტერვალში**. პოლიმერების მოლეკულები ძლიერ



სურ. 1. პოლიმერების მაკრომოლეკულათა სტრუქტურები: (ა) ხაზოვანი, (ბ) განშტოებული, (გ) ბადისებრი.

გახურებას ვერ უძლებს, ატომებს შორის ქიმიური ბმები წყდება და ნივთიერება იწყებს დაშლას უფრო ადრე, ვიდრე იგი გამოიხდება. ბადისებრი სტრუქტურის პოლიმერები კი გაცხელებისას იძლება გაღობის გარეშე.

მრავალი მაღალმოლეკულური ნაერთი ცუდი ხსნადობით გამოირჩევა. ბადისებრი სტრუქტურის პოლიმერები კი არა მარტო უღობიო, არამედ უხსნადიცაა, ისინი მხოლოდ იჯირჯევება გამხსნელებში.

პოლიმერები მაღალი მექანიკური სიმტკიცით ხასიათდება, რაც სხვა მნიშვნელოვან თვისებებთან ერთად მათ ფართო გამოყენებას განაპირობებს.

პლასტმასები

პლასტმასებს (პლასტიკურ მასებს) უწოდებენ ბუნებრივი ან სინთეზური პოლიმერების საფუძველზე მიღებულ ისეთ მასალებს, რომლებიც გაცხელებისას მინიჭებულ ფორმას ინარჩუნებენ გაცივების შემდეგაც.

განსაკუთრებით ფართო გამოყენება მოიპოვა სინთეზური პოლიმერების საფუძველზე მიღებულმა პლასტმასებმა.

პლასტმასებს ახასიათებს დაბალი სიმკვრივე, უმნიშვნელო ელექტრო- და თბოგამტარობა, მაღალი მექანიკური სიმტკიცე, მდგრადობა ტენიის, მჟავების, ტუტეებისა და მჟანგავების მიმართ; ფიზიოლოგიურად თითქმის უვნებლები არიან. ამ თვისებათა ერთობლიობა მათ ფართო გამოყენებას განაპირობებს.

პოლიმერებიდან პლასტმასების მიღებისას გასათვალისწინებელია, თუ როგორი ბუნებისაა პოლიმერი – **თერმოპლასტიკური** თუ **თერმორეაქტიული**. თერმოპლასტიკური პოლიმერი გაცხელებისას გარეგანი ძალის ზემოქმედებით იცვლის ფორმას და გაცივებისას ამ ფორმას ინარჩუნებს. ასეთი პოლიმერი შემდგომი გაცხელებისას ისევ რბილდება და შესაძლებელია მისი ხელმეორედ გადამუშავება, ნაკეთობისათვის ახალი ფორმის მიცემა. თერმოპლასტიკური პოლიმერებია პოლიეთილენი (სურ. 2), პოლივინილქლორიდი, კაპრონი და სხვ.

თერმორეაქტიული პოლიმერი გაცხელებისას კარგავს ხაზოვან სტრუქტურას, იძენს სივრცით სტრუქტურას, რის გამოც უხსნადი და უღობიო ხდება. თერმორეაქტიული პოლიმერებიდან დამზადებული ნაკეთობების ხელმეორედ გადამუშავება ახალ ნაკეთობად შეუძლებელია.

პოლიმერების გარდა პლასტმასები თითქმის ყოველთვის შეიცავს სხვა კომპონენტებსაც – შემავსებლებს (ხის ფქვილი, აზბესტი, მინის ბოჭკო და ა.შ.) და ნივთიერებებს, რომლებიც მასალას სპეციფიკურ თვისებებს ანიჭებს (სურ. 3). მაგალითად, პლასტიფიკატორი ზრდის პლასტმასის ელასტიკურობას და ამცირებს სიმყიფეს; სტაბილიზატორი ხელს უწყობს გადამუშავების პროცესში პლასტმასის თვისებების შენარჩუნებას; საღებარი ნივთიერება მასალას საჭირო ფერს ანიჭებს და ა.შ.



სურ. 2. პოლიეთილენის გრანულები

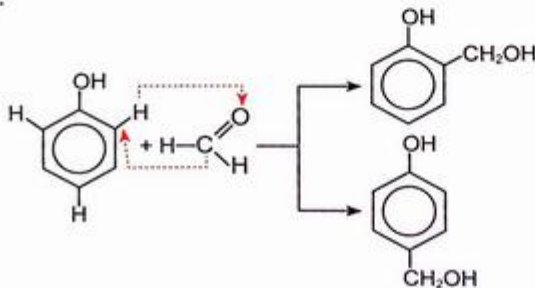


სურ. 3. პლასტმასში შემავალი კომპონენტები

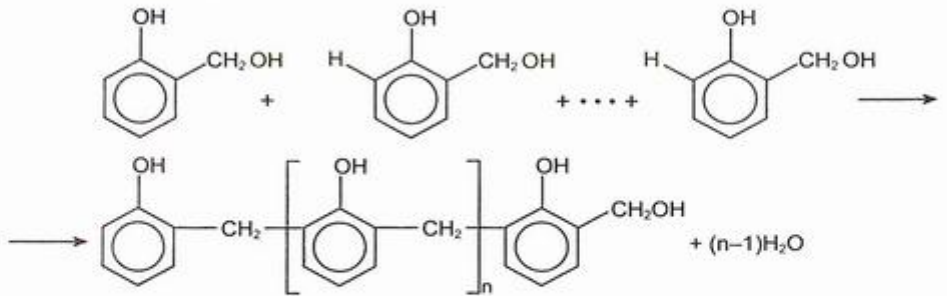
განვიხილოთ პლასტმასების ზოგიერთი მნიშვნელოვანი წარმომადგენელი:

მონომერი	პოლიმერი სახელწოდება	გამოყენება
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$ პოლიეთილენი	ელექტროსადენებისა და კაბელების იზოლაციისათვის; სხვადასხვა ნაკეთობათა და კვების პროდუქტების შესაფუთად; მიღების, ქიმიური აპარატურის დეტალების, რეაქტივების შესანახი და გადასაზიდი ჭურჭლის, საყოფაცხოვრებო დანიშნულების საგნების დასამზადებლად.
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	$(\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3)_n$ პოლიპროპილენი	დიდი სიმტკიცის მიღების, მანქანათა ნაწილების, ბაგირების, ბადეებსა და ტექნიკურ ქსოვილების დასამზადებლად.
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$	$(\text{CH}_2-\text{CH}-\text{Cl})_n$ პოლიქლორინილი	ქიმიური აპარატურის ნაწილების, აკუმულატორის, ქილების, ხელოვნური ტყავის, მუშაბის, ლინოლეუმის დასამზადებლად და სხვ.
$\text{CF}_2=\text{CF}_2$	$(\text{CF}_2-\text{CF}_2)_n$ ტეტრაფთორეთილენი (ტეფლონი)	ცეცხლგამძლე და ქიმიურად მდგრადი საოჯახო ჭურჭლის დამზადებისათვის, მათი ზედაპირის დასაფარად.
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$	$(\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5)_n$ პოლისტიროლი	ელექტრო- და რადიოაპარატების დეტალების, კაბელების საიზოლაციო მასალის, მოსაპირკეთებელი ფილების, საყოფაცხოვრებო ჭურჭლის დასამზადებლად. ქაფ-პოლისტიროლი თბოიზოლაციისათვის მშენებლობაში, სამაცივრო ტექნიკაში გადასაზიდი ხელსაწყოების შესაფუთად.

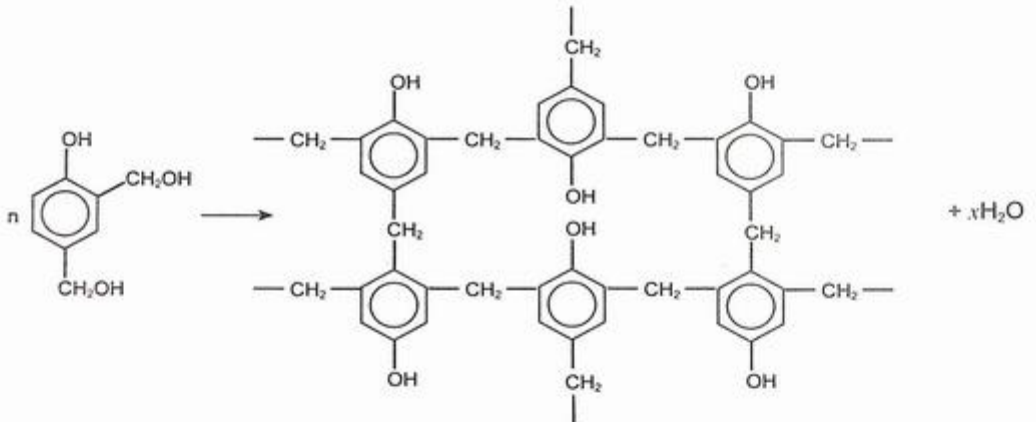
ფენოლ-ფორმალდეჰიდური ფისი. 1872 წელს გერმანელმა ქიმიკოსმა ადოლფ ბაიერმა ფენოლის ფორმალდეჰიდთან გაცხელებით მიიღო ფენოლ-ფორმალდეჰიდური ფისი, პირველი სინთეზური მალალმოლეკულური ნივთიერება, რომელიც ფენოლ-ფორმალდეჰიდური პლასტმასის საფუძველს წარმოადგენს. იგი თერმორეაქტიული პოლიმერია. მიიღება პოლიკონდენსაციის რეაქციით – ფენოლისა და ფორმალდეჰიდის გაცხელებით მუჟავას ან ტუტის, როგორც კატალიზატორის, თანაობისას. რადგან ფენოლში ჰიდროქსილის ჯგუფის გავლენით მოძრავია წყალბადატომები 2,4,6-მდგომარეობაში, ფორმალდეჰიდთან ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება ორთო- ან პარა-ნაწარმები, რომელთა მოლეკულებში ფენოლური ჰიდროქსილის ჯგუფიცაა და სპირტულიც:



თუ ფენოლი ქარბადაა აღებული, შეევას თანაობისას პოლიკონდესაციის რეაქცია წარმოართება ხაზოვანი აღნაგობის პოლიმერის წარმოქმნით:



თუ ქარბად ფორმალდეჰიდიდა აღებული, ტუტის თანაობისას წარმოიქმნება ბადისებური პოლიმერი - რეზიტი:



სურ. 4. გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მონაცემებით პლასტმასები შეადგენს ოკეანეში არსებულ ნაგვის დაახლოებით 80%-ს.

პროცესი, რომელშიც ვლინდება პოლიმერის თერმორეაქტიულობა, მიმდინარეობს მაშინ, როცა ხდება პოლიმერის გადამუშავება ნაკეთობად.

ფენოლფორმალდეჰიდური პლასტმასა - ფენოპლასტი ხასიათდება დიდი შექანიკური სიმტკიცით, მისგან ამზადებენ ფართო მოხმარების საგნებს, ელექტროსაიზოლაციო მასალას, რადიო და ელექტროტექნიკურ ნაკეთობებს, სამშენებლო დეტალებს და ა.შ.

დღევანდელი ჩვენი ყოფა-ცხოვრება წარმოუდგენელია პლასტმასების გამოყენების გარეშე. წარმოებული პლასტმასის დაახლოებით 36% გამოიყენება საკვებისა და სასმლის ერთჯერადად შესაფუთად და მისი დაახლოებით 85% იყრება ნაგავსაყრელებზე. ეს ეკოლოგიური კატასტროფის წინაშე აყენებს კაცობრიობას (სურ. 4).

პლასტმასების გადამუშავება

სასურველი თვისებების მქონე პოლიმერის მიღება შესაძლებელია როგორც მონომერის, ისე პოლიმერიზაციის პირობების შერჩევით.

მაგალითად, პოლიეთილენს ღებულობენ 50°C-ზე, 3 ან 4 ატმ. წნევის პირობებში კატალიზატორის თანაობისას. ამ დროს წარმოიქმნება პოლიმერის გრძელი ხაზოვანი ჯაჭვები, რომლებიც განლაგდებიან ერთმანეთთან ახლოს მკვერივი სტრუქტურის წარმოქმნით.

დაახლოებით 200°C-ზე 2000 ატმ. წნევის ქვეშ მცირე რაოდენობის ჟანგბადის თანაობისას წარმოიქმნება განშტოებული აღნაგობის ჯაჭვები, რომლებიც ვერ ლაგდებიან მჭიდროდ, მათ შორის წარმოიქმნება თავისუფალი სივრცეები და მიიღება დაბალი სიმკვრივის პოლიეთილენი.

გარემოს დაბინძურების თავიდან აცილების ერთ-ერთი გზაა პლასტმასების გადამუშავება ხელმეორედ გამოყენებისათვის. რომ გაადვილდეს დახარისხება, ხდება მათი მარკირება საერთაშორისო სტანდარტით. პლასტმასის მასალებზე მითითებულია მათი ტიპი სიმბოლოს სახით. აბრევიატურა სიმბოლოს ქვეშ მიუთითებს პოლიმერზე, რომლისგანაც დამზადებულია ნაკეთობა და იძლევა ინფორმაციას მის სანდოობაზე გამოყენების თვალსაზრისით.



მაღალი სიმკვრივის პოლიეთილენი



დაბალი სიმკვრივის პოლიეთილენი



- 1 (PETE) პოლიეთილენტერეფთალატი
- 2 (HDPE) მაღალი სიმკვრივის პოლიეთილენი
- 3 (V) პოლივინილქლორიდი (არ გადამუშავდება)
- 4 (LDPE) დაბალი სიმკვრივის პოლიეთილენი
- 5 (PP) პოლიპროპილენი
- 6 (PS) პოლისტიროლი
- 7 ყველა სხვა (არ გადამუშავდება)

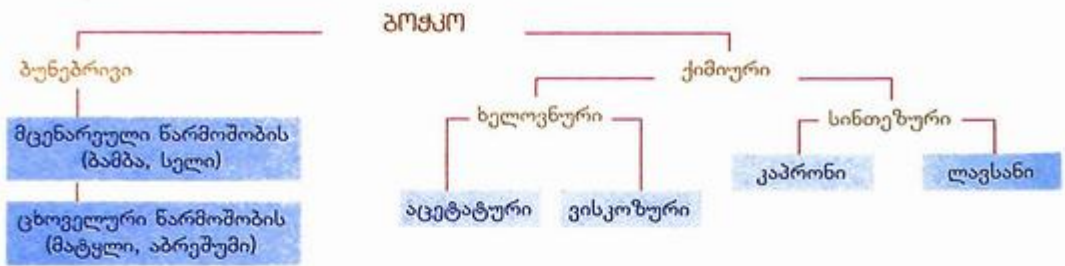


<https://www.unep.org/interactives/beat-plastic-pollution/>

გაეროს გარემოს დაცვის პროგრამის პლასტმასით დაბინძურების პორტალი

შეასრულეთ!

1. რა აქვთ ერთნაირი და რით განსხვავდება მონომერის მოლეკულა მის მიერ წარმოქმნილ პოლიმერის სტრუქტურული რგოლისაგან?
2. რა განსაკუთრებული თავისებურებით ხასიათდება პოლიმერის მოლეკულური მასა?
3. რაც უფრო განსხვავებულია პოლიმერის მაკრომოლეკულების მოლეკულური მასები, მით უფრო ფართო ინტერვალში ლევაბა პოლიმერი. ახსენით მიზეზი.
4. შეადგინეთ იზობუტილენის პოლიმერიზაციის რეაქციის ტოლობა. მიუთითეთ წარმოქმნილი პოლიმერის სტრუქტურული რგოლი.
5. პოლიქლორინილის ერთ-ერთი ნიმუშის საშუალო მოლეკულური მასა 15000-ია. გამოთვალეთ პოლიმერიზაციის ხარისხი.
6. მოიძიეთ ინფორმაცია მნიშვნელოვან თერმოპლასტიკურ პოლიმერებზე – პოლივინილქლორიდსა და პოლისტიროლზე.



სურ.1. სელის ქსოვილის ბოჭკოები მიკროსკოპის ქვეშ. საქართველოში ძუძუნას მლვიმეში აღმოჩენილი სელის ძაფის ნაშთები 34 000 წლისაა.



სურ. 2. წინეთში, ერთ-ერთ სამარხში აღმოჩენილი აბრეშუმის ქსოვილი, რომელიც თარიღდება ძვ.წ. II საუკუნით.



სურ. 3. თვალაკი

ადამიანი უძველესი დროიდან იყენებს როგორც მცენარეულ, ისე ცხოველური წარმოშობის ბუნებრივ ბოჭკოვან მასალებს (სურ.1, 2) ტანსაცმლისა და სხვადასხვა საოჯახო ნივთების დასამზადებლად. მათზე გაზრდილმა მოთხოვნილებამ დღის წესრიგში დააყენა ქიმიური გზით ბოჭკოს მიღების აუცილებლობა.

ბოჭკოს, რომელიც ბუნებრივი პოლიმერული მასალების გადამუშავებით მიიღება, ხელოვნური ეწოდება, ხოლო სინთეზის გზით წარმოქმნილი პოლიმერებისაგან მიღებულ ბოჭკოს – სინთეზური. რადგან როგორც ხელოვნური, ისე სინთეზური ბოჭკოს წარმოებისას იყენებენ ქიმიურ მეთოდებს, მათ ქიმიურ ბოჭკოს უწოდებენ.

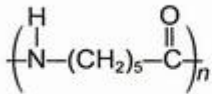
ნებისმიერი ბოჭკო ხაზოვანი მაკრომოლეკულების მონესრიგებული, ბოჭკოს ღერძის გასწვრივ ორიენტირებული განლაგებით ხასიათდება.

ხელოვნური ბოჭკოს მისაღებად ბუნებრივ პოლიმერად იყენებენ მერქნიდან გამოყოფილ ცელულოზას. მისი ხაზოვანი მოლეკულები ბოჭკოს ღერძის გასწვრივ რომ დალაგდეს, საჭიროა მათი დაცილება ერთმანეთისაგან. ამის მიღწევა არ შეიძლება პოლიმერის გაღობით, რადგან ცელულოზა გახურებისას გაუღობლად იშლება. ასევე შეუძლებელია მაკრომოლეკულების დაცილება გამხსნელის დახმარებით, რადგან ცელულოზა არ იხსნება წყალსა და ორგანულ გამხსნელებში. ამიტომ მიმართავენ ქიმიური გადამუშავების მეთოდს. ცელულოზადან ესტერიფიკაციის რეაქციით ლებულობენ ცელულოზას ტრიაცეტატს (იხ. გვ. 145), რომელიც იხსნება დიქლორმეთანისა და ეთილის სპირტის ნარევიში. მიიღება ბლანტი ხსნარი, რომელშიც მოლეკულებს შეუძლია გადაადგილება და საჭირო ორიენტაციის მიღება. ამ მიზნით ბლანტ ხსნარს ატარებენ ე. წ. თვალაკებში – მრავალნასვრეტიან მეტალის თაღფაქებში (სურ. 3). თვალაკებში გავლისას მაკრომოლეკულები ლაგდება ჭავლის დინების მიმართულებით. დინების საპირისპირო მიმართულებით უწყვეტად მიენოდება ცხელი

ჰაერი. გამხსნელი ორთქლდება და ცელულოზას ტრიაცეტატი მიიღება გრძელი, წერილი ბოჭკოს სახით, რომლებიც ძაფებად იგრიხება. ბოჭკო და მისგან მიღებული ძაფი კიდევ უფრო მეტ სიმტკიცეს იძენს შემდგომი გაჭიმვისას, რაც სხვადასხვა სიჩქარით მბრუნავი დოლების მეშვეობით ხდება (სურ. 4).

აცეტატური ბოჭკო ტენიან მდგომარეობაში სიმტკიცეს ნაკლებად კარგავს, დაბალი თბოგამტარობის გამო სითბოს უკეთ ინარჩუნებს, ნაკლებად იჭმუჭნება, რეცხვის დროს მცირედ იკუმშება და სასიამოვნო ბზინვა გააჩნია. ჰიგიენური თვისებებით წამორჩება ბამბის ბოჭკოს. რადგან ჰიდროქსილის ჯგუფების უმეტესობა ესტერიფიცირებულია, წყალბადური ბმების წარმოქმნის ნაკლები საშუალება აქვს, ამიტომ ნაკლებჰიგროსკოპულია და ძნელად სველდება წყლით.

სინთეზური ბოჭკოებიდან დიდი პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვა პოლიამიდურმა ბოჭკომ – კაპრონმა. იგი ე-ამინოკაპრონმუევას პოლიკონდენსაციის პროდუქტია (იხ. გვ. 159). მის მაკრომოლეკულებს ხაზოვანი სტრუქტურა აქვს და შედგება მრავალჯერ განმეორებადი ე-ამინოკაპრონმუევას ნაშთებისაგან:



კაპრონის ბოჭკოს განსაკუთრებულ მაღალ სიმტკიცეს განაპირობებს მრავალრიცხოვანი წყალბადური ბმები მის მაკრომოლეკულებს შორის.

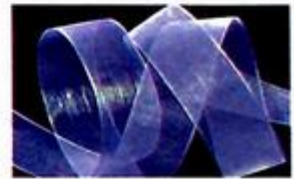
კაპრონი მიიღება ფისის სახით, სადაც მაკრომოლეკულები უწესრიგოდაა განლაგებული. ფისიდან ძაფის მისაღებად გაღობილ მასას წნევის ქვეშ გააბარებენ თვალაკებში. ისევე როგორც აცეტატური ბოჭკოს შემთხვევაში, თვალაკების ნასვრეტებში გავლისას მაკრომოლეკულები ორიენტირდება დინების მიმართულებით. გაღობილი მასა ცივდება ცივი ჰაერის მიწოდებით. ანალოგიურად, ბოჭკოსა და მისგან მიღებული ძაფის ორიენტაცია და სიმტკიცე ძლიერდება მბრუნავი დოლების დახმარებით.

კაპრონისაგან დამზადებული ქსოვილი ულპობი, მაგარი, ცვეთამდეგია, მაგრამ დაბალია მისი თერმული მდგრადობა (ლღევა 215°C-ზე, რის გამოც არ შეიძლება კაპრონის ქსოვილის ცხელი უთოთი დაუთობა).

კაპრონის ფისი პლასტმასის სახით გამოიყენება მანქანათა სხვადასხვა დეტალის დასამზადებლად, რომლებიც გამოირჩევა დიდი სიმტკიცითა და ცვეთამდეგობით. კაპრონის ბოჭკოს იყენებენ ავტო- და ავია-საბურავების, კარკასების, სათევზაო ბადეების, საფილტრავი მასალის დასამზადებლად. კაპრონის ქსოვილისგან ამზადებენ წინდებს, ხელოვნურ ბენჯს, ხალიჩებს და მრავალ სხვა საყოფაცხოვრებო ნივთს.



სურ. 4. აცეტატური ძაფები



სურ. 5. კაპრონის ქსოვილი



სურ. 6. XX საუკუნის 40-იან წლებამდე პარაპლუტი მზადდებოდა ბუნებრივი აბრეშუმისგან. დღეს პარაპლუტის ქსოვილების დასამზადებლად გამოიყენება პოლიამიდური ბოჭკო. თანამედროვე ხასიათდება ცვეთამდეგობით, სიმტკიცით, წყალბადულობით, პიდროფობობით.



ქვეპარამეტის მიზანი: ბუნებრივი და სინთეზური ბოჭკოების გარჩევა

სამ დანომრილ პაკეტში მოთავსებულია ბუნებრივი და სინთეზური ბოჭკოების ნიმუშები: მატყლი, ბამბა, კაპრონი. შეისწავლეთ მათი გარეგნული სახე და განსაზღვრეთ თითოეული პაკეტის შიგთავსი შემდეგი ინფორმაციის გამოყენებით.

1. მატყლი იწებება და იწვის ნელა. აქვს დამწვარი ბუმბულის სუნი. წვის შემდეგ რჩება შავი ბურთულა, რომელიც იხსნება ნატრიუმის ტუტის 10%-იან ხსნარში.
2. ბამბა იწვის სწრაფად. წვის შემდეგ რჩება რუხი ნაცარი, რომელიც არ იხსნება ნატრიუმის ტუტის 10%-იან ხსნარში, მაგრამ მასში ჯირჯვდება.
3. კაპრონი სუსტი გაცხელებით იწყებს ღლიობას და წარმოქმნის მუქ ბურთულას, რომელიც დაყოვნებისას მყარდება. არ იხსნება ნატრიუმის ტუტის 10%-იან ხსნარში.

შეასრულეთ

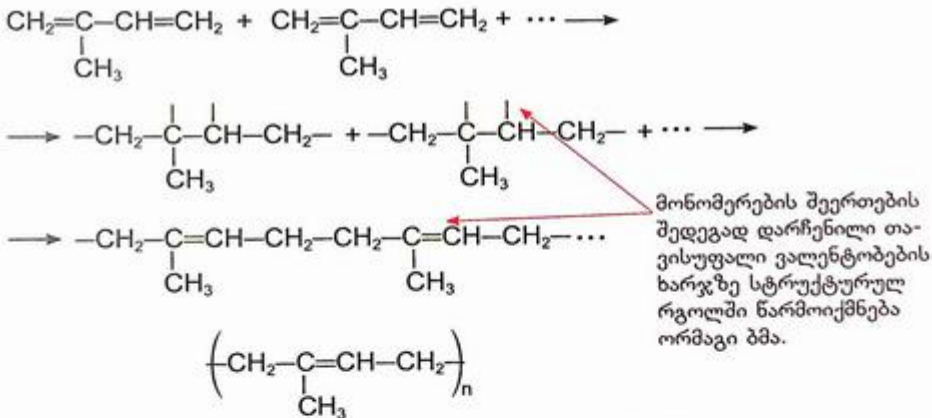
1. პოლიმერიზაციის დროს მაკრომოლეკულების მასათა ჯამი მათი წარმოქმნელი მონომერების მასათა ჯამის ტოლია. ვრცელდება თუ არა ეს დასკვნა პოლიკონდენსაციის რეაქციებზეც?
2. რატომ ამზადებენ ზოგიერთ ბოჭკოს ხსნარიდან, ზოგიერთს – პოლიმერის ნალღობიდან? რით ემსგავსება და განსხვავდება შესაბამისი ტექნოლოგიური პროცესები?
3. რატომ იყენებენ ბოჭკო-კაპრონის მისაღებად ϵ -ამინოკაპრონმჟავას და არა α , β ან γ -ამინოკაპრონმჟავას?
4. ბოჭკო-ენანტის მისაღებად იყენებენ η -ამინოენანტის მჟავას – $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$. შეადგინეთ ამ მჟავას პოლიკონდენსაციის რეაქციის ტოლობა. მიუთითეთ სტრუქტურული რგოლი.
5. როგორ განასხვავებთ ბუნებრივ ბოჭკოს სინთეზური ბოჭკოსაგან?

ბუნებრივ კაუჩუკს იღებენ ტროპიკული ხის – ჰევეას რძისებური წვენისაგან (სურ.1). ჰევეას სამშობლოა სამხრეთი ამერიკა: სახელწოდება წარმოიშვა სიტყვიდან „კაუჩუ“, რაც ადგილობრივ ინდიელთა ენაზე „ხის ცრემლებს“ ნიშნავს.

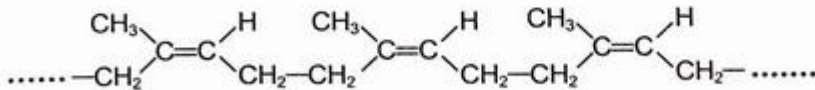
კაუჩუკის მნიშვნელოვანი თვისებაა ელასტიკურობა, ძალის მოქმედებით შეუძლია განიცადოს დრეკადი დეფორმაცია – გაიჭიმოს ან შეიკუმშოს, ხოლო ძალის მოხსნის შემდეგ აღიდგინოს პირვანდელი ფორმა. კაუჩუკის ელასტიკურობა აიხსნება იმით, რომ მისი ხაზოვანი მაკრომოლეკულები სწორი კი არ არის, არამედ დახვეულია გორგლებად. გაჭიმვისას ასეთი მოლეკულები სწორდება ძალის მოქმედების მიმართულებით და ნიმუში გრძელდება, ხოლო დატვირთვის მოხსნისას ის თავის პირვანდელ ფორმას იბრუნებს და ნიმუში მოკლდება. კაუჩუკისათვის დამახასიათებელია ასევე, წყალ- და აირშეუღწევადობა და ცვეთამდეუგობა.

თვისებითი და რაოდენობითი ანალიზით დადგინდა, რომ ბუნებრივი კაუჩუკი დიენური ნახშირწყალბადის – იზოპრენის (2-მეთილბუტა-1,3-დიენის) პოლიმერია.

იზოპრენიდან კაუჩუკის წარმოქმნა შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:



ბუნებრივი კაუჩუკის სივრცითი აღნაგობის შესწავლისას დადგინდა, რომ მას სტერეორეგულარული აღნაგობა აქვს – მაკრომოლეკულის სტრუქტურულ რგოლში მეთილენის ჯგუფები (–CH₂–) ყოველთვის განლაგებულია ორმაგი ბმის სიბრტყის ერთ მხარეს, ე. ი. ცის-მდგომარეობაში:



მაშასადამე, ბუნებრივი კაუჩუკი ცის-პოლიიზოპრენია.



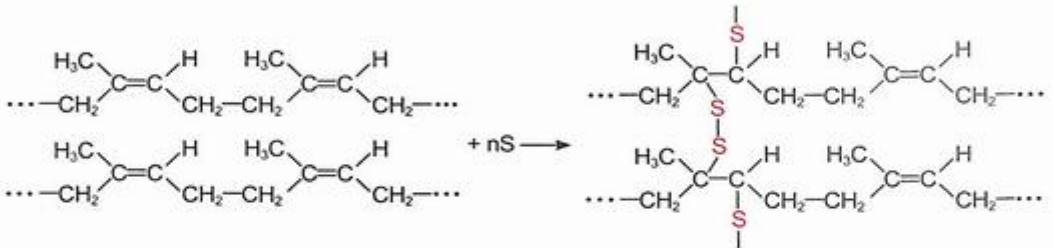
სურ.1. ბუნებრივი კაუჩუკი



სურ. 2. სტომატოლოგიაში გულტაპერჩას იყენებენ კბილის არხების მკურნალობისას.

ბუნებაში გვხვდება ტრანს-პოლიიზოპრენიც, რომელსაც გულტაპერჩა (შეიცავს მცენარე გულტა) ეწოდება. იგი ჩვეულებრივ პირობებში მყარი ნივთიერებაა, არ ახასიათებს ელასტიკურობა, თერმოპლასტიკურია (რაც გამომდინარეობს მის ტრანს-აღნაგობიდან). იყენებენ წყალქვეშა კაბელების საიზოლაციოდ, მთავამედვეგი და მწებავი მასალების დასამზადებლად, ასევე სტომატოლოგიაში (სურ. 2).

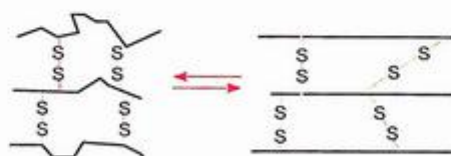
ნედლი ბუნებრივი კაუჩუკი არ გამოიყენება. მისგან დამზადებული ნაკეთობანი განსაკუთრებით არამდგრადია ტემპერატურის ცვლილებისადმი – სიცხეში წებვადია, სიცივეში კი კარგავს ელასტიკურობისა და მყიფე ხდება. ამ ნაკლის აცილება მოხერხდა კაუჩუკის ვულკანიზაციით – მისი დამუშავებისას გოგირდით, გაცხელების პირობებში. ამ დროს გოგირდის ატომები უერთდება კაუჩუკის ხაზოვან მოლეკულებს ორმაგი ბმის ადგილას და «კერავს» მათ. მიიღება სივრცითი სტრუქტურის პოლიმერი – რეზინი:



ვულკანიზებული კაუჩუკი ანუ რეზინი უფრო ელასტიკურია, მტკიცე და მდგრადია ტემპერატურის ცვლილებისადმი (სურ. 3).



სურ. 4. რეზინი დიდი რაოდენობით გამოიყენება საბურავების დასამზადებლად.



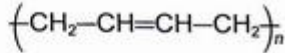
სურ. 3. რეზინის სიმტკიცე იზრდება პოლიმერული ჯაჭვების ჯვარედინი დაკავშირებით დისულფიდური ბმებით. რეზინის გაჭიმვისას ჯაჭვები სწორდება გაჭიმვის მიმართულებით.

კაუჩუკი რეზინის სახით გამოიყენება ავია- და ავტოსაბურავების წარმოებაში (სურ. 4), ასევე, სხვადასხვა სამრეწველო საქონლისა და სამედიცინო ხელსაწყოების დასამზადებლად.

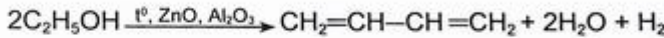
თუ კაუჩუკის ვულკანიზაციის პროცესში გოგირდს აიღებენ ჭარბი რაოდენობით, მაშინ მაკრომოლეკულების «გაქერვა» ბევრ ადგილას მოხდება, რეზინი დაკარგავს ელასტიკურობას და

მიიღება ებონიტი – კარგი იზოლატორი (გამოიყენება ელექტროტექნიკაში).

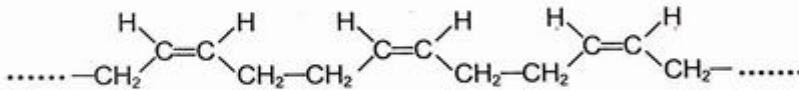
ბუნებრივი კაუჩუკი მასზე გაზრდილ მოთხოვნილებას ვერ აკმაყოფილებდა, ამიტომ აუცილებელი გახდა კაუჩუკის მიღების სინთეზური მეთოდების შემუშავება. პირველად სინთეზური კაუჩუკი მიიღო 1928 წელს რუსმა ქიმიკოსმა ს. ლებედევა ბუტა-1,3-დიენის პოლიმერიზაციით:



საწყის მონომერს — დიენილს იღებდა ეთილის სპირტის ერთდროული დეჰიდრირებითა და დეჰიდრატაციით:



ამ გზით მიღებული ბუტადიენის კაუჩუკი ბუნებრივ კაუჩუკს ჩამორჩებოდა ელასტიკურობითა და ცვეთამდეგობით, რისი მიზეზიც იყო პოლიმერის მაკრომოლეკულის არასტერეორეგულარული აღნაგობა. სტერეოსპეციფიკური კატალიზატორების აღმოჩენის შემდეგ შესაძლებელი გახდა დიენების პოლიმერიზაციით ცის-სტერეორეგულარული აღნაგობის პოლიმერების მიღება. სინთეზით მიიღეს ცის-პოლიიზოპრენი, ასევე ცის-პოლიბუტადიენი, რომელსაც დიენილის კაუჩუკი ეწოდება:



იგი ცვეთამდეგობით ბუნებრივ კაუჩუკსაც კი ჯობდა.

ამჟამად მრეწველობა აწარმოებს სინთეზურ კაუჩუკებს, რომელთაგან ზოგი გამოირჩევა მაღალი მექანიკური სიმტკიცით, ზოგი ქიმიური მდგრადობით, ზოგი კი სინათლის, სითბოსა და გამხსნელების მოქმედებისადმი მედეგობით და სხვ. თითოეულ მათგანს იყენებენ მათი თვისებების შესაბამისად.

კაუჩუკი თავისი მნიშვნელობით არ ჩამორჩება ფოლადს, ნავთობსა და ქვანახშირს.



სურ. 5. აკუმულატორის ბატარეის ებონიტის კორპუსი

შეასრულეთ

1. 2-ქლორბუტა-1,3-დიენის (ქლოროპრენის) პოლიმერიზაციით მიიღება ქლოროპრენული კაუჩუკი. დაწერეთ შესაბამისი პოლიმერიზაციის რეაქციის ტოლობა.

1. რა შინაარსის მატარებელია მაღალმოლეკულური ნაერთებისათვის ცნებები: ა) მოლეკულური მასა, ბ) ლლობის ტემპერატურა, გ) თერმოპლასტიკურობა?
2. ახსენით, რატომ ღლვება პოლიმერი ტემპერატურის ინტერვალში და არა გარკვეულ ტემპერატურაზე.
3. ახსენით: ა) რა განაპირობებს მაღალმოლეკულურ ნაერთთა არააქროლადობას; ბ) რატომ არის შეუძლებელი მისი გამოხდა; გ) რა განაპირობებს მაღალმოლეკულურ ნაერთთა მაღალ მექანიკურ სიმტკიცეს?
4. როგორი სტრუქტურა შეიძლება ჰქონდეს პოლიმერის მაკრომოლეკულებს?
5. რატომ არის ბადისებური სტრუქტურის პოლიმერი უხსნადი და უღლობი?
6. რა განსხვავებაა ელასტიკურობასა და პლასტიკურობას შორის?
7. ჩამოთვლილი ნივთიერებებიდან – ბენზოლი, ტოლუოლი, პოლიქლორფინილი, ეთანოლი, პოლიპროპილენი, დივინილი, რომელს არა აქვს მუდმივი ლლობის ტემპერატურა?
8. ადგილი აქვს თუ არა პოლიმერებში იზომერის? მოიყვანეთ მაგალითი.
9. პოლიპროპილენის საშუალო მოლეკულური მასაა 100 000. დაადგინეთ პოლიმერიზაციის ხარისხი.
10. რა პრინციპული განსხვავებაა ცნებებს შორის – ინიციატორი და კატალიზატორი?
11. ეთილენის მსგავსად ფორმალდეჰიდიც განიცდის პოლიმერიზაციას ორმაგი ბმის ხარჯზე. შეადგინეთ ფორმალდეჰიდის პოლიმერიზაციის რეაქციის სქემა. მიუთითეთ პოლიმერის სტრუქტურული რგოლი.
12. როგორ მივიღოთ არაორგანული ნივთიერებების გამოყენებით პოლიქლორფინილი?
13. ბუტა-1,3-დიენსა და სტიროლის ერთობლივი პოლიმერიზაციით (თანაპოლიმერიზაციით) ღებულობენ ბუტადიენ-სტიროლის კაუჩუქს, რომელიც ხასიათდება განსაკუთრებით მაღალი მექანიკური სიმტკიცით. შეადგინეთ თანაპოლიმერიზაციის რეაქციის ტოლობა. ჩათვალეთ, რომ მაკრომოლეკულების ნარმოქმნაში მონაწიერები მონაწილეობს მოლეკული თანაფარდობით 1:1.
14. დაასახელეთ პოლიმერები, რომლებშიც ბმები სტრუქტურულ რგოლებს შორის მყარდება სხვადასხვა ელემენტის ატომებით.
15. პოლიამიდურ ბოჭკო ნაილონს იღებენ დიამინისა და დიკარბონმჟავას პოლიკონდენსაციის რეაქციით. გაითვალისწინეთ, რომ თითოეულ სანყის ნივთიერებაში ნახშირბადის ექვსი ატომია და ფუნქციური ჯგუფები მდებარეობს ნ-ალკანის ჯაჭვის თავსა და ბოლოში. დაწერეთ სტრუქტურული რგოლის აღნაგობა.
16. რით განსხვავდება ნაილონის სტრუქტურული რგოლი კაპრონის სტრუქტურული რგოლისაგან?
17. რა აქვს საერთო და განსხვავებული აღნაგობის მხრივ კაუჩუქისა და ბოჭკოს მაკრომოლეკულებს? როგორ ვლინდება ეს მათ თვისებებში?
18. რომელი ბუნებრივი პოლიმერის მიღება შეიძლება გლუკოზიდან?
19. თქვენთვის ცნობილი პოლიმერებიდან რომელი შეადგენს ჩვენი საკვების მნიშვნელოვან ნაწილს?

ზოგადი ორგანული ნაერთთა თვისებებით აღმოჩენი ნაჯახები

ნივთიერება	აქტიური ცენტრი	რეაქციის ტიპი	აღმოჩენი რეაგენტი	რეაქციის ნიშნები
ალკენი		მიერთების	ბრომიანი წყალი Br ₂	გაუფერულება
		ჟანგვის	KMnO ₄ -ის ხსნარი	გაუფერულება
ალკინი		მიერთების	ბრომიანი წყალი Br ₂	გაუფერულება
		ჟანგვის	KMnO ₄ -ის ხსნარი	გაუფერულება
		R-C≡C-H	ჩანაცვლების	[Ag(NH ₃) ₂]OH
ბენზოლი		$\text{Br}_2(\text{H}_2\text{O}) \rightarrow$ არ აუფერულებს $\text{KMnO}_4(\text{H}_2\text{O}) \rightarrow$ არ აუფერულებს		
მრავალატომიანი სპირტი		ჩანაცვლების, კომპლექსური მარილის წარმოქმნა	Cu(OH) ₂	
ფენოლი		ჩანაცვლების	ბრომიანი წყალი Br ₂	გაუფერულება, თეთრი ნალექის წარმოქმნა
		ჩანაცვლების, კომპლექსური ნაერთის წარმოქმნა	FeCl ₃	იისფერის ხსნარი
ალდეჰიდი		ჟანგვა-აღდგენის	[Ag(NH ₃) ₂]OH	
კეტონი		არ ახასიათებს ვერცხლის სარკის რეაქცია		

ორგანული ნივთიერებების ალის შეფერილობა წმინდა

- ალკანები, ერთატომიანი სპირტები, ესტერები – მოცისფერო ალი
- ალკენები – ქვარტილიანი მოყვითალო ალი
- ალკინები – ძლიერ ქვარტილიანი ალი
- არენები, უმაღლესი კარბონწყვეტი, ცხიმები – ქვარტილიანი ალი

I თემის შემავამებელი ამოცანები

- | | | | |
|-----|-----------------|-----|---------------|
| 3. | C_6H_{14} | 38. | 0,7% |
| 4. | C_4H_{10} | 39. | 85,76% |
| 5. | C_5H_{12} | 40. | 5,58-ჯერ მეტი |
| 6. | C_2H_6 | 50. | არ არსებობს |
| 17. | დ | 51. | C_2H_6 |
| 18. | დ | 52. | 1:2 |
| 26. | ა | 53. | C_5H_{10} |
| 30. | ა | 54. | 42,85% |
| 34. | იზომერი არ აქვს | 55. | 94,8 გ |
| 35. | C_3H_4 | | |

§15 7. C_2H_6

8. ბუტან-2-ოლი

9. CH_3OH

§18 5. 95%

§20 6. 55%.

§23 3. 0,5 მოლი $Ca(HCO_3)_2$

§24 1. ბ) თითოეული 90 გ

IV თავის შემავამებელი ამოცანები

15. 2,184 მ³

41. $(C_2H_5COO)_2Ca$

67. 50,5% ფენოლი; 49,5% ეთანოლი

68. 40% ფენოლის ჰომოლოგი; 60% არომატული სპირტი

69. C_6H_5CHO

70. 37,4 მ³

71. კაპრონმჟავას 8 იზომერი, თითოეული 0,025 მოლი

72. C_2H_5COOH ; CH_3COOH , თითოეული 0,225 მოლი

73. 4420 გ (4,42 კგ)

74. 540 კგ

V თავის შემავამებელი ამოცანები

31. $C_3H_7NH_2$

32. 0,93 გ ანილინი; 1,88 გ ფენოლი; 7,19 გ ბენზოლი

33. (A) $C_2H_6N_2O_2$; (B) $C_2H_4NO_2Na$

34. 23% CH_3NH_2 ; 25,3% NH_2CH_2COOH ; 51,7% $CH_3COC_2H_5$

35. ალანილალანინი

დანართი 1

ქიმიურ ლაბორატორიაში მუშაობის წესები

ქიმიური ექსპერიმენტი – ცდები ტარდება ქიმიურ ლაბორატორიებში. პრაქტიკული სამუშაოების შესრულებამდე აუცილებელია, გაეცნოთ ლაბორატორიაში მუშაობის უსაფრთხოების წესებს.

პირადი უსაფრთხოების მიზნით აუცილებელია ლაბორატორიული სამუშაოების შესრულების დროს ატაროთ ხალათი, დამცავი სათვალე და ხელთათმანები.

კატეგორიულად აკრძალულია ლაბორატორიაში ექსპერიმენტზე მუშაობა ლაბორანტის ან მასწავლებლის მეთვალყურეობის გარეშე.

ქიმიურ ლაბორატორიაში არსებული ნივთიერებების – ქიმიური რეაქტივების უმეტესობა უსაფრთხო არ არის. ზოგი მომწამლავეა, ზოგი კი კანზე და ქსოვილზე მოხვედრისას იწვევს დამწვრობას. ბევრი მათგანი ადვილად აალებადი და ფეთქებადი და ა. შ. ამიტომ ნივთიერებებთან მუშაობისას საჭიროა დაცვათ შემდეგი წესები:

- არ შეიძლება რეაქტივებს შეეხოთ ხელით ან გაუსინჯოთ გემო.
- ნივთიერების სუნის გასარკვევად თავმოხდილი ჭურჭელი არ მიიტანოთ ცხვირთან ახლოს. საჭიროა ხელის მოძრაობით შეარხიოთ ჰაერის ნაკადი და მიმართოთ თქვენკენ.
- თუ შემთხვევით გადმოასხით ან გადმოყარეთ ჭურჭლიდან ზედმეტი ნივთიერება, ნუ ჩააბრუნებთ უკან ჭურჭელში.
- არ დატოვოთ რეაქტივების ჭურჭელი თავლია.
- არ შეიძლება უცნობი ნივთიერებების შერევა მასწავლებლის მითითების გარეშე.
- ცდის ჩატარებისას ყოველთვის ისარგებლეთ სუფთა ლაბორატორიული ჭურჭლით.
- ერთი და იმავე კოვზით ან შპატელით არ აიღოთ სხვადასხვა რეაქტივი.
- გამოყენებული რეაქტივები არ ჩაასხათ წყალსადენის მილში, მოაგროვეთ სპეციალურ ჭურჭელში.
- განსაკუთრებით დიდი სიფრთხილით იმუშავეთ ისეთ ნივთიერებებთან (ტოტები, მჟავები), რომელთა კანზე მოხვედრა იწვევს დამწვრობას. შემთხვევით ტანსაცმელზე ან კანზე მათი მოხვედრისას სასწრაფოდ ჩამოირეცხეთ გამდინარე წყლის ნაკადით.
- აქროლად, მომწამლავე ნივთიერებებთან იმუშავეთ მხოლოდ ამწოვ კარადაში.
- სამუშაოს დამთავრების შემდეგ მოანესრიგეთ თქვენი სამუშაო მაგიდა.



აალებადი



მომწამლავე



ფეთქებადი



წვეს კანსა და ქსოვილს



აღიზიანებს ლორწოვან გარსს

გამაფრთხილებელი ნიშნები

დანართი 2. ზომიერითი ინდიკატორის შუაინიღობა სხვადასხვა ანეში

ინდიკატორები	მჟავა არე	ტუტე არე	ნეიტრალური არე
1. ლაკმუსი	წითელი	ლურჯი	რისფერი
2. ფენოლფტალეინი	უფერო	ყოლისფერი	უფერო
3. მეთილწარინჯი	ვარდისფერი	ყვითელი	წარინჯისფერი

ქიმიური ელემენტების მნიშვნელოვანი სისტემა

IA

1

1	H წყვეტილი 1,008
---	-------------------------------



6

C

12,01

კვანძების განმარტება

კვანძების დაკვირვება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

კვანძების განმარტება

IIA

2

3	Li ლითონი 6.94
4	Be ბერილი 9.01

11	Na ნატრიუმი 22.99
12	Mg მაგნიუმი 24.31

19	K პოტაშის 39.10
20	Ca კალციუმი 40.08

37	Rb რუბიდიუმი 85.47
38	Sr სტრონციუმი 87.62

55	Cs ცეზიუმი 132.91
56	Ba ბარიუმი 137.33

87	Fr ფრანსიუმი (223)
88	Ra რადიუმი (226)

VIIIA

18

2	He ჰელიუმი 4.003
---	-------------------------------

10	Ne ნეონი 20.18
----	-----------------------------

18	Ar არგონი 39.95
----	------------------------------

9	F ფთვობი 19.00
---	-----------------------------

17	Cl კვანძი 35.45
----	------------------------------

35	Br ბრომი 79.90
----	-----------------------------

53	I იოდი 126.90
----	----------------------------

85	At ატანი (210)
----	-----------------------------

116	Lv ლუვენიუმი (293)
-----	---------------------------------

117	Ts ტენესონი (294)
-----	--------------------------------

8	O ოქსიგენი 16.00
---	-------------------------------

16	S სერენი 32.06
----	-----------------------------

34	Se სელენი 78.97
----	------------------------------

52	Te ტელური 127.60
----	-------------------------------

84	Po პოლონიუმი (209)
----	---------------------------------

116	Lv ლუვენიუმი (293)
-----	---------------------------------

117	Ts ტენესონი (294)
-----	--------------------------------

7	N აზოტი 14.01
---	----------------------------

15	P ფოსფორი 30.97
----	------------------------------

33	As არსენი 74.92
----	------------------------------

51	Sb ანტიმონი 121.76
----	---------------------------------

83	Bi ბიუმი 208.98
----	------------------------------

115	Mc მკლინიუმი (290)
-----	---------------------------------

116	Lv ლუვენიუმი (293)
-----	---------------------------------

117	Ts ტენესონი (294)
-----	--------------------------------

6	C წყვეტილი 12.01
---	-------------------------------

14	Si სილიციუმი 28.09
----	---------------------------------

32	Ge გერმანიუმი 72.63
----	----------------------------------

50	Sn სპიტი 118.71
----	------------------------------

82	Pb პლუმი 207.2
----	-----------------------------

114	Fl ფლანკელინიუმი (290)
-----	-------------------------------------

115	Mc მკლინიუმი (290)
-----	---------------------------------

116	Lv ლუვენიუმი (293)
-----	---------------------------------

117	Ts ტენესონი (294)
-----	--------------------------------

5	B ბორი 10.81
---	---------------------------

13	Al ალუმინი 26.98
----	-------------------------------

31	Ga გალიუმი 69.72
----	-------------------------------

49	In ინდიუმი 114.82
----	--------------------------------

81	Tl თლიუმი 204.38
----	-------------------------------

113	Nh ნიჰონიუმი (286)
-----	---------------------------------

114	Fl ფლანკელინიუმი (290)
-----	-------------------------------------

115	Mc მკლინიუმი (290)
-----	---------------------------------

116	Lv ლუვენიუმი (293)
-----	---------------------------------

117	Ts ტენესონი (294)
-----	--------------------------------

13	Al ალუმინი 26.98
----	-------------------------------

31	Ga გალიუმი 69.72
----	-------------------------------

49	In ინდიუმი 114.82
----	--------------------------------

81	Tl თლიუმი 204.38
----	-------------------------------

113	Nh ნიჰონიუმი (286)
-----	---------------------------------

114	Fl ფლანკელინიუმი (290)
-----	-------------------------------------

115	Mc მკლინიუმი (290)
-----	---------------------------------

116	Lv ლუვენიუმი (293)
-----	---------------------------------

117	Ts ტენესონი (294)
-----	--------------------------------

13	Al ალუმინი 26.98
----	-------------------------------

31	Ga გალიუმი 69.72
----	-------------------------------

49	In ინდიუმი 114.82
----	--------------------------------

81	Tl თლიუმი 204.38
----	-------------------------------

113	Nh ნიჰონიუმი (286)
-----	---------------------------------

114	Fl ფლანკელინიუმი (290)
-----	-------------------------------------

115	Mc მკლინიუმი (290)
-----	---------------------------------

116	Lv ლუვენიუმი (293)
-----	---------------------------------

117	Ts ტენესონი (294)
-----	--------------------------------

13	Al ალუმინი 26.98
----	-------------------------------

31	Ga გალიუმი 69.72
----	-------------------------------

49	In ინდიუმი 114.82
----	--------------------------------

81	Tl თლიუმი 204.38
----	-------------------------------

113	Nh ნიჰონიუმი (286)
-----	---------------------------------

114	Fl ფლანკელინიუმი (290)
-----	-------------------------------------

115	Mc მკლინიუმი (290)
-----	---------------------------------

116	Lv ლუვენიუმი (293)
-----	---------------------------------

117	Ts ტენესონი (294)
-----	--------------------------------

13	Al ალუმინი 26.98
----	-------------------------------

31	Ga გალიუმი 69.72
----	-------------------------------

49	In ინდიუმი 114.82
----	--------------------------------

81	Tl თლიუმი 204.38
----	-------------------------------

113	Nh ნიჰონიუმი (286)
-----	---------------------------------

114	Fl ფლანკელინიუმი (290)
-----	-------------------------------------

115	Mc მკლინიუმი (290)
-----	---------------------------------

116	Lv ლუვენიუმი (293)
-----	---------------------------------

117	Ts ტენესონი (294)
-----	--------------------------------

13	Al ალუმინი 26.98
----	-------------------------------

31	Ga გალიუმი 69.72
----	-------------------------------

49	In ინდიუმი 114.82
----	--------------------------------

81	Tl თლიუმი 204.38
----	-------------------------------

113	Nh ნიჰონიუმი (286)
-----	---------------------------------

114	Fl ფლანკელინიუმი (290)
-----	-------------------------------------

115	Mc მკლინიუმი (290)
-----	---------------------------------

116	Lv ლუვენიუმი (293)
-----	---------------------------------

117	Ts ტენესონი (294)
-----	--------------------------------

13	Al ალუმინი 26.98
----	-------------------------------

31	Ga გალიუმი 69.72
----	-------------------------------

49	In ინდიუმი 114.82
----	--------------------------------

81	Tl თლიუმი 204.38
----	-------------------------------

113	Nh ნიჰონიუმი (286)
-----	---------------------------------

114	Fl ფლანკელინიუმი (290)
-----	-------------------------------------

115	Mc მკლინიუმი (290)
-----	---------------------------------

116	Lv ლუვენიუმი (293)
-----	---------------------------------

117	Ts ტენესონი (294)
-----	--------------------------------

13	Al ალუმინი 26.98
----	-------------------------------

31	Ga გალიუმი 69.72
----	-------------------------------

49	In ინდიუმი 114.82
----	--------------------------------

81	Tl თლიუმი 204.38
----	-------------------------------

113	Nh ნიჰონიუმი (286)
-----	---------------------------------

114	Fl ფლანკელინიუმი (290)
-----	-------------------------------------

115	Mc მკლინიუმი (290)
-----	---------------------------------

116	Lv ლუვენიუმი (293)
-----	---------------------------------

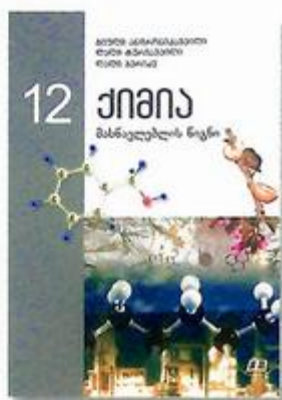
117	Ts ტენესონი (294)
-----	--------------------------------

13	Al ალუმინი 26.98
----	-------------------------------

31	Ga გალიუმი 69.72
----	-------------------------------

49	In ინდიუმი 114.82
----	--------------------------------

81	T
----	----------



www.klio.ge

ISBN 978-9941-496-65-3



9 789941 496653